CONFERENCE BOOK

KARADENİZ 19. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

RİZE
28 - 30 KASIM 2025

KARADENİZ
19. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

KARADENIZ
19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
NOVEMBER 28 - 30, 2025 –
RIZE

ISBN : 978-625-5694-56-0

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE

KARADENIZ 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
NOVEMBER 28 - 30, 2025 –
RIZE

Edited By
PROF. DR. HÜLYA ÇİÇEK

Issued: 15.12.2025
ISBN: 978-625-5694-56-0

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 95 papers have been presented by Turkish participants and 102 papers by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global–2025©

CONFERENCE ID

KARADENIZ 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
NOVEMBER 28 - 30, 2025 –
RIZE

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey – North Macedonia – Malaysia- Bangladesh – Azerbaijan- Afghanistan – Egypt- Pakistan- Mongolia- Albania- Nigeria- Iran- Oman - Saudi Arabia- Russia – Ethiopia- Tunisia- Senegal- Syria – Algeria- Spain – India – Tajikistan- France- Singapore- Palestine- Kyrgyzstan- Kyrgyzstan- Laos- Iraq- Italy- Qatar- China- Indonesia-

-

PRESENTATION
Oral presentation

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference : Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Suyatno - Ahmad Dahlan University

Prof. Dr. Al-Rashiff H. Mastul -Mindanao State University

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy - Mindanao State University

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Batman Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Erkan EFİLTİ - Kırgızistan-Türkiye Manas University

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi

Sayı : E-98102723-903.07-475454
Konu : Görevlendirme Talebi

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İlgi : 27.03.2024 tarihli ve E--903.07-474236 sayılı yazı

Fakültemiz Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı'nda görevli öğretim üyesi Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK'in Yükseköğretim Genel Kurulunun 15.06.2023 tarihli, 10 sayılı oturumunda alınan 2023.10.183 sayılı kararı gereğince Doçentlik Başvuru Şartlarında bulunan ve doçent olacak adaylardan istenen "Diğer uluslararası/ ulusal bilimsel toplantının düzenleme komitesinde resmi olarak görevlendirilmiş üniversite akademisyen temsilcisi bulunması zorunludur." maddesi gereğince, Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz ve yevmiyesiz olarak görevlendirilme talebi ile ilgili dilekçesi ekte gönderilmiştir

Adı geçen öğretim üyesinin Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz, yevmiyesiz olarak görevlendirilmesinde Dekanlığımızca bir sakınca bulunmamaktadır.

Onaylarınıza arz ederim

Prof.Dr. Şevki Hakan EREN
Dekan

OLUR

Prof.Dr. Arif ÖZAYDIN
Rektör

Ek:İlgi Dilekçe (1 Adet)

Dağıtım:
Gereği:
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Başkanlığı

Bilgi:
Sayın Prof.Dr. Hülya ÇİÇEK

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : *BSFN3RR3CF* Pin Kodu : 27962 Belge Takip Adresi : https://turkiye.gov.tr/gaziantep-universitesi-ebys

Adres : Gaziantep Üniversitesi Kampus Alanı, Tıp Fakültesi Dekanlığı, Şehitkamil - 27310 - GAZİANTEP
Telefon : 0 (342) 360 60 60 Faks:0 (342) 360 16 17
e-Posta : tipfaksek@gmail.com Web : www.gantep.edu.tr/~tipdekanlik/bilgipaketi
Kep Adresi : gauntipdek@hs01.kep.tr

Bilgi için : Hüseyin Temel
Unvanı : Bilgisayar İşletmeni V.

KARADENIZ 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
NOVEMBER 28 - 30, 2025
RIZE

NO : **AC- 19A - 2025. 438u– 3047**
Konu : Akademik Teşvik Uygunluk Belgesi 12/12/2025

İLGİLİ MAKAMA

Kaardeniz 19. Uluslararası Sosyal Bilimleri Kongresi 28-30 Kasım 2025 tarihlerinde Rize'de 34 farklı ülkeden akademisyenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında sunulan 197 bildirinin 95'i Türkiye'den, 102'si ise farklı 34 ülkeden katılan akademisyenler tarafından sunulmuştur. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun olarak düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz ederiz

Saygılarımızla

Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK

www.akademikongre.org

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENIZ ART 3RD INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
November 28 - 30, 2025
RIZE

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224

ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID instead of “Meeting ID
- or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Zennube ŞAHİN YILMAZ**	1	AN ANALYSIS OF THE PLOT IN FRANZ KAFKA'S "EIN LANDARZT"	Prof. Dr. Zennube ŞAHİN YILMAZ
		2	THE PORTRAIT OF WAR IN HEINRICH BÖLL'S SHORT STORY "DIE BLASSE ANNA"	Prof. Dr. Zennube ŞAHİN YILMAZ
		3	ZEYD MUTİ DEMMACIN DAĞIN GECESİ ADLI ÖYKÜSÜNÜN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi,BUSE TUNÇ
		4	A "MISS MARPLE" IN CELİL OKER'S STORIES: MUHTAR HANIM	Dr. Öğr. Üyesi, Ece SERRİCAN KABALCI
		5	TURKISH DETECTIVE FICTION AND CELIL OKER	Dr. Öğr. Üyesi, Ece SERRİCAN KABALCI
		6	MARQUEZ'IN BENİM HÜZÜNLÜ OROSPULARIM ESERİNDE ERİL CİNSEL ALGI, KADIN ve AŞK	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		7	A DYSTOPIA ON CULTURAL EXTINCTION: FAHRENHEIT 451	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		8	REFRAMING NEURODIVERSITY IN THE NOVEL THE CURIOUS INCIDENT OF THE DOG IN THE NIGHT-TIME	Öğr. Gör. Dr. DUYGU KORONCU ÖZBİLEN
		9	REFLECTIONS OF FASHION: CLOTHING, IMAGERY, AND SOCIAL IDENTITY IN OLD ENGLISH LITERATURE	Öğr. Gör. Dr. DUYGU KORONCU ÖZBİLEN
		10	USING POETRY TO RAISE INTERCULTURAL AWARENESS OF HIGH SCHOOL EFL STUDENTS	Yüksek Lisans Öğrencisi, RUKİYE ALTINSOY

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. Öğr. Üyesi Merve ONUR**	1	KÜRESEL GIDA ATIKLARI POLİTİKALARINDAN UYGULAMAYA: SIFIR ATIK PERAKENDE MODELLERİNİN İNCELENMESİ	Dr. Öğretim Üyesi Serap NAZIR
		2	KARADENİZ BÖLGESİNDE SEL FELAKETLERİNİN TURİZM ENDÜSTRİSİNE ETKİLERİ	Hatice NİŞANCI
		3	ANALYSIS OF FOOD CONSUMPTION BEHAVIORS OF GASTRONOMY AND CULINARY ARTS STUDENTS FROM A MARKETING PERSPECTIVE	Dr. Öğr. Üyesi Nazan KORUCUK Arş. Gör. Sümeyye Nur CİHANGİR
		4	A GASTRO-ETHNOGRAPHIC STUDY: THE WEDDING RITUAL PROSKLITINI (BIRD-INVITATION BREAD) UNIQUE TO THE GREEK ORTHODOX COMMUNITY OF IMBROS	Öğr. Gör. Dr. Özge BÜYÜK
		5	THE ROLE OF LOCAL RECIPES IN GLOBAL CONTESTATIONS: AN EXAMINATION OF GASTRO-NATIONALISM AND CULINARY TOURİSM VIA GÖKÇEADA'S WHITE ALMOND GREEK BAKLAVA	Öğr. Gör. Dr. Özge BÜYÜK
		6	EVALUATION OF E-COMPLAINTS AGAINST TURKISH CUISINE THEMED RESTAURANTS IN THE BLACK SEA REGION USING CONTENT ANALYSIS TECHNIQUE	Dr. Öğr. Üyesi Merve ONUR

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Doç. Dr. Ali CİNGÖZ**	1	USE OF MATCHA (Camellia sinensis) POWDER IN MODEL FOOD SYSTEMS: PASTA APPLICATION	Doç. Dr. Ali CİNGÖZ
		2	USING GREEN BANANA FLOUR IN GLUTEN-FREE COOKIE PRODUCTION	Doç. Dr. Ali CİNGÖZ
		3	ROOTİNG RESPONSE OF Cyperus alternifolius TO DİFFERENT FLOWER STEM LENGTHS İN WATER CULTURE	Dr. Öğr. Üyesi, Türker OĞUZTÜRK Prof. Dr., Turan YÜKSEK Batuhan SARI Ömer BAY
		4	EFFECT OF DİFFERENT PRETREATMENT APPLİCATİONS ON GERMİNATİON SUCCESS İN Mirabilis jalapa SEEDS	Dr. Öğr. Üyesi, Türker OĞUZTÜRK Prof. Dr., Turan YÜKSEK Melek KANDİŞ
		5	USE OF POLYAMINES IN PLANT TISSUE CULTURE	Lecturer Dr. Selcan ÖZYALIN Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES Assoc. Prof. Dr. Murat GÜNEY Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN
		6	EFFECT OF EXOGENOUS APPLICATIONS ON DROUGHT STRESS TOLERANCE IN FRUIT SPECIES	Lecturer Dr. Selcan ÖZYALIN Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY Assoc. Prof. Dr. Servet ARAS Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES
		7	NANOPARTICLE APPLICATIONS IN PLANT TISSUE CULTURE	Ziraat Mühendisi, EBRU BAŞKIR Prof. Dr. Muzaffer İPEK

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Mehmet Safa BİNGÖL**	1	FARKLI KESİTLİ İKİ BORUDAKİ TÜRBÜLANSLI İÇ AKIŞIN ISI TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜŞÜNÜN HAD İLE ANALİZİ	Mustafa CANER
		2	OPTIMIZING ANN PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR BODY FAT PREDICTION	Şahin YILDIRIM Mehmet Safa BİNGÖL
		3	OPTIMIZING SVM PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR HEART DISEASE PREDICTION	Şahin YILDIRIM Mehmet Safa BİNGÖL
		4	Microstructural Analysis of Gas Metal Arc Welds on S355J2C+N Structural Steel Performed by Different Industrial Robots	Eren TURHAN Dr. Öğr. Üyesi, Feridun KARAKOÇ
		5	JCB MAIN POD PİM PARÇASININ İŞLEME PROSESİNDE ENDÜSTRİYEL ROBOT KULLANILARAK MAKİNE BESLEME İŞLEMİNİN YAPILMASI	Robot ve Otomasyon Mühendisi, Umut COŞGUN Doç. Dr., Ahmet FEYZİOĞLU Dr. Trevor Uyi OMORUYİ
		6	FANCOIL ÜNİTELERİNDE ISI DEĞİŞTİRİCİ GEOMETRİSİNİN ISIL ve ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ	Makine Mühendisi, OZAN BOVATEKİN
		7	EFFECT OF GEOMETRIC DISCONTINUITIES ON STRENGTH IN POLYMER PARTS PRODUCED WITH A 3D PRINTER	Yavuz Selim BUĞAZ Dr. Öğr. Üyesi Cengiz Görkem DENGİZ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Doç. Dr. Nilgün ÖZTÜRK**	1	GÖRSEL DİKKATTE TEHLİKE SİNYALLERİ: KORKU VE ÖFKENİN GERİ DÖNÜŞÜN KETLENMESİNE ETKİSİ	Dr. Elif Yüvrük Doç. Dr. Osman İyilikci
		2	BAĞLAM DEĞİŞİMİNİN YÜZ TANIMA PERFORMANSINA ETKİSİ: AŞİNALIĞIN DÜZENLEYİCİ ROLÜNE DAİR BİR GÖZDEN GEÇİRME	Dr., Elif Yüvrük
		3	ANALYSIS OF THESES ON LIFE SKILLS IN TURKEY	HAKKI ALPEREN ÇİÇEKDEMİR MUSTAFA KÜRŞAT ATEŞ
		4	ANALYSIS OF THESES ON PROBLEMATIC INTERNET USE IN TURKEY (2020-2025)	MUSTAFA KÜRŞAT ATEŞ HAKKI ALPEREN ÇİÇEKDEMİR
		5	SATIR FAMILY THERAPY APPROACH: AN EXAMINATION OF KEY CONCEPTS, PRINCIPLES, AND THE THERAPEUTIC PROCESS	Uzm. Psk. Elif AYTEN KAYAR Dr. Öğr. Üyesi Ozan KAYAR
		6	AN EXAMİNATİON OF THESES ON SCHOOL BURNOUT THROUGH DOCUMENT ANALYSİS	Doç. Dr. Nilgün ÖZTÜRK Uzman Psikolojik Danışman Şeymanur TAPAN
		7	BAL QUEEN : ARTVİN'Lİ KADIN ARICILARIN KIRSALDA GÜÇLENME VE DÖNÜŞÜM HİKAYELERİ	Prof. Dr. Hatice KARAKUŞ ÖZTÜRK
		8	KOVANIN ARDINDAKİ HİKAYELER: ARTVİN'Lİ KADIN ARICILARIN YAŞAM DÜNYASI	Prof. Dr. HATİCE KARAKUŞ ÖZTÜRK

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assist. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI**	1	PHASE DIAGRAMS AND MICROSTRUCTURE OF THE ZN–0.11MN–0.07AL TERNARY ALLOY	Graduate Student Ahmed Ramdan Almaqtouf ALGWIL Doç.Dr. İsmail Hakkı KARA
		2	CORROSIVE WEAR BEHAVIOR OF HOT ROLLED ZN–0.3CU–0.1MG ALLOY	Yüksek Lisans Öğrencisi Mohamed SHABAN AMHAMED ALDWEB Doç.Dr. İsmail Hakkı KARA
		3	KAVAK ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI MODİFİKASYON İŞLEMLERİNİN ETKİSİ	Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ Doç. Dr. Gonca DÜZKALE SÖZBİR Yls. Öğr. Gizem LEBLEBİCİ
		4	AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN PLAZMA KESİM İLE KESİLMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONUNUN KERF BOŞLUĞUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ	Enes Yüksel Doç. Dr. Onur ÖZBEK
		5	YUMURTA KABUĞU İLAVELİ KUŞE SOLÜSYONLARININ FARKLI KÂĞITLARIN YÜZEY EMİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ	Orman Endüstrisi Mühendisi, Bekir Bora KESER Doç. Dr. Merve ENGİN
		6	AKILLI TEKSTİLLERİN GELİŞİMİ VE KULLANILAN MALZEMELERİN TEORİK DEĞERLENDİRMESİ	Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER Öğr. Gör. ERTAN EROL
		7	SÜRDÜRÜLEBİLİR DERİ ÜRETİM TEKNİKLERİNİN LİTERATÜRDEKİ ETKİLERİ VE TRENDLERİNE İLİŞKİN BİR META-ANALİZ	Öğr. Gör. ERTAN EROL Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
		8	COMPARISON OF SWELLING-SHRINKAGE AND CRACK FORMATION IN LOW AND HIGH PLASTICITY CLAY SOILS STRENGTHENED BY ADDING RESIDUAL LIGNITE POWDER	Assist. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assoc. Prof. Dr. Sayyara Guliyeva**	1	THE ROLE OF LANGUAGE POLICY IN SHAPING MULTILINGUAL EDUCATION IN AZERBAIJAN	Prof. Dr. Jala Garibova Dr. Milana Abbasova Dr. Elshan Mammadov
		2	LINGUISTIC LANDSCAPE AND URBAN IDENTITY: A STUDY OF BAKU SIGNAGE	Assoc. Prof. Dr. Sayyara Guliyeva
		3	THE IMPACT OF LOCAL DIALECTS ON INDONESIAN LANGUAGE TEACHING	Prof. Dr. Novi Anoegrajekti Dr. Liliana Muliastuti Ifan Iskandar
		4	DIGITAL PLATFORMS FOR ENHANCING INDONESIAN LITERACY AMONG CHILDREN	Prof. Dr. Yumna Rasyid Siti Nurhaliza
		5	LANGUAGE ACQUISITION AND PHONOLOGICAL DEVELOPMENT IN CHINESE CHILDREN	Prof. Dr. Shi Dingxu Qian Yubin Dr. Liu Wen Xun Zhao
		6	BILINGUALISM IN QATAR: SOCIOLINGUISTIC TRENDS IN ARABIC-ENGLISH COMMUNITIES	Prof. Dr. Irene Theodoropoulou Lina Abdelrahman Hamad Al-Kuwari

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Jane Wanjiru Dr. David Ochieng**	1	SERVICE QUALITY AND CUSTOMER SATISFACTION IN DIGITAL BANKING PLATFORMS: EVIDENCE FROM KENYAN UNIVERSITIES	Dr. Peter Mwangi Dr. Grace Akinyi
		2	INTERNAL SERVICE QUALITY AND EMPLOYEE ENGAGEMENT IN KENYAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	Prof. Dr. Jane Wanjiru Dr. David Ochieng
		3	CUSTOMER EXPERIENCE MANAGEMENT IN KOREAN ONLINE FOOD DELIVERY SERVICES: A SERVICE-DOMINANT LOGIC PERSPECTIVE	Prof. Dr. Min-Jae Kim Dr. Hana Park
		4	SERVICE INNOVATION AND OMNICHANNEL STRATEGIES IN KOREAN RETAIL BANKING	Assoc. Prof. Dr. Soo-Yeon Lee Jin-Woo Choi
		5	PERCEIVED SERVICE QUALITY AND LOYALTY IN PRIVATE HOSPITALS: EVIDENCE FROM BANGLADESHI PATIENTS	Prof. Dr. Rahman Hossain Dr. Sumaiya Akter Md. Faridul Islam
		6	SERVICE RECOVERY STRATEGIES IN BANGLADESHI TELECOMMUNICATIONS: IMPACT ON CUSTOMER TRUST	Dr. Nazmul Arefin Assoc. Prof. Dr. Parvin Sultana
		7	SERVICE EXPERIENCE AND VALUE CO-CREATION IN THAI BOUTIQUE HOTELS	Assoc. Prof. Dr. Nattapong Chaiyasit Dr. Siriporn Kittipong Pimnipa Thongchai
		8	E-SERVICE QUALITY AND ONLINE PURCHASE INTENTION IN THAI E-COMMERCE PLATFORMS	Dr. Chatchai Phanich Prof. Dr. Ratchanee Srisuk Assis. Prof. Dr. Waraporn Limsiri

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Assoc. Prof. Dr. Leila Cherif Dr. Mourad Hamadi**	1	JUDICIAL REVIEW AND THE PROTECTION OF FUNDAMENTAL RIGHTS IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN	Prof. Dr. Reza Mohammadi Dr. Laleh Karami
		2	LEGAL FRAMEWORKS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION IN IRAN: CHALLENGES OF IMPLEMENTATION AND ENFORCEMENT	Assoc. Prof. Dr. Zahra Hosseini Dr. Amir Farshad
		3	ADMINISTRATIVE JUSTICE AND CITIZENS' RIGHT TO GOOD ADMINISTRATION IN ALGERIA	Samir Benkhelifa Dr. Nadia Bensalem Rachid Amrani
		4	CRIMINAL POLICY AND THE FIGHT AGAINST CORRUPTION IN THE ALGERIAN PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Leila Cherif Dr. Mourad Hamadi
		5	JUDICIAL INDEPENDENCE AND COURT REFORM IN GEORGIA: PROGRESS AND PERSISTENT CHALLENGES	Prof. Dr. Giorgi Amiranashvili Dr. Nino Mikeladze Assis. Prof. Dr. Levan Beridze
		6	HUMAN RIGHTS EDUCATION AND THE TRANSFORMATION OF LEGAL CURRICULA IN GEORGIAN LAW SCHOOLS	Assoc. Prof. Dr. Tamar Kapanadze Dr. Irakli Giorgadze
		7	CONSTITUTIONAL REVIEW, SEPARATION OF POWERS, AND JUDICIAL INDEPENDENCE IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN	Prof. Dr. Elvin Mammadov Dr. Aysel Aliyeva
		8	PROTECTION OF FOREIGN INVESTMENT AND ENERGY CONTRACTS UNDER AZERBAIJANI LAW: BALANCING SOVEREIGNTY AND INVESTOR RIGHTS	Assoc. Prof. Dr. Nigar Safarova Dr. Kamran Guliyev

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Giorgi Amiranashvili**	1	RELIGIOUS PLURALISM AND NATIONAL IDENTITY IN CONTEMPORARY AZERBAIJAN	Prof. Dr. Elchin Mammadov Aysel Huseynova
		2	SECULARISM, ISLAM, AND YOUTH VALUES IN POST-SOVIET AZERBAIJAN	Assoc. Prof. Dr. Nigar Aliyeva Ramil Safarov
		3	REASON, REVELATION, AND ETHICAL UNIVERSALISM IN CONTEMPORARY IRANIAN PHILOSOPHY OF RELIGION	Prof. Dr. Farhad Rahimi Dr. Maryam Sadat Hosseini
		4	SUFISM, POLITICAL AUTHORITY, AND SOCIAL CRITIQUE IN MODERN IRANIAN THOUGHT	Dr. Hossein Karimi
		5	ISLAMIC PHILOSOPHY, MODERNITY, AND RELIGIOUS REFORM DISCOURSES IN ALGERIA	Prof. Dr. Samir Benkhelfallah Dr. Nadia Kerras
		6	RELIGION, MEMORY, AND POSTCOLONIAL IDENTITY IN ALGERIAN PHILOSOPHICAL DEBATES	Dr. Amel Bouzid Assis. Prof. Dr. Rachid Lounis
		7	ORTHOOX THEOLOGY, PHILOSOPHY, AND CIVIC ETHICS IN CONTEMPORARY GEORGIA	Prof. Dr. Giorgi Amiranashvili Dr. Tamar Kapanadze
		8	RELIGIOUS DIALOGUE AND PHILOSOPHICAL PLURALISM IN THE CAUCASUS: A GEORGIAN PERSPECTIVE	Dr. Nino Beridze Giorgi Lomsadze

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Rajiv Desai**	1	EQUITY IN EDUCATION POLICY IMPLEMENTATION ACROSS URBAN AND RURAL SCHOOLS IN IRAN	Prof. Dr. Reza Azizi Fatemeh Ghadiri
		2	DIGITAL TECHNOLOGY INTEGRATION AND TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT IN IRANIAN HIGHER EDUCATION	Dr. Laleh Etemad Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Daryaei Samira Parsa Ali Soufi
		3	MULTILINGUAL EDUCATION AND INTERCULTURAL COMPETENCE DEVELOPMENT IN INDIAN URBAN SCHOOLS	Prof. Dr. Suresh Mehra Dr. Priya Banerjee
		4	PROJECT-BASED LEARNING INITIATIVES AND STEM MOTIVATION IN INDIAN SECONDARY EDUCATION	Dr. Anand Bhatia Anisha Singh Prof. Dr. Kavita Subramanian Assoc. Prof. Dr. Deepak Nair
		5	UNIVERSITY-GOVERNMENT PARTNERSHIPS FOR EDUCATIONAL REFORM IN RURAL INDIA	Dr. Rajiv Desai
		6	THE IMPACT OF BILINGUAL EDUCATION PROGRAMS ON STUDENT LITERACY IN ALGERIAN PRIMARY SCHOOLS	Dr. Yasmine Benali Prof. Dr. Houcine Amrani Assis. Prof. Dr. Layla Cherif
		7	EVALUATING THE USE OF EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN ALGERIAN HIGHER EDUCATION	Prof. Dr. Amine Boukhalfa Dr. Nadia Zerguini
		8	INCLUSIVE PEDAGOGY STRATEGIES FOR DIVERSE CLASSROOMS IN ITALIAN ELEMENTARY SCHOOLS	Assis. Prof. Dr. Lucia Romano Prof. Dr. Giovanni Ferri
		9	RETHINKING HIGHER EDUCATION ADMISSIONS: HOLISTIC STRATEGIES IN ITALIAN UNIVERSITIES	Prof. Dr. Stefano Mancini Elena Vitale Assoc. Prof. Dr. Marco Santoro Dr. Silvia Esposito Assis. Prof. Dr. Paolo Bellini
		10	DIGITAL GAME-BASED LEARNING TO ENHANCE ENGAGEMENT IN ITALIAN SECONDARY EDUCATION	Dr. Paolo Grimaldi Giulia Fabbri Prof. Dr. Alessandra Russo

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Fatima Zohra Belkacem**	1	EXPLORING THE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF INTERNAL MIGRATION IN IRAN: CHALLENGES AND POLICY RESPONSES	Prof. Dr. Shirin Etemadi Dr. Hossein Mohammadi Assis. Prof. Dr. Parisa Rashidi
		2	THE ROLE OF TRANSNATIONAL NETWORKS IN SHAPING MIGRATION EXPERIENCES AMONG IRANIAN DIASPORA	Dr. Farzaneh Parsa Assoc. Prof. Dr. Siamak Jahanbakhsh
		3	MIGRATION AND SECURITY: UNDERSTANDING BORDER DYNAMICS IN PAKISTAN'S PERIPHERAL REGIONS	Prof. Dr. Habib Ullah Khan Dr. Sana Javed Muhammad Adeel
		4	GENDER AND MIGRATION: NAVIGATING OPPORTUNITIES AND VULNERABILITIES FOR PAKISTANI WOMEN	Assis. Prof. Dr. Saleema Khatoon Dr. Maria Qureshi Hina Nazir
		5	YOUTH MIGRATION AND EDUCATION ASPIRATIONS AMONG ALGERIAN RURAL COMMUNITIES	Prof. Dr. Mourad Bouzid Nassim Daoud
		6	SOCIAL INTEGRATION OF SUB-SAHARAN MIGRANTS IN ALGERIAN URBAN CENTERS	Assoc. Prof. Dr. Fatima Zohra Belkacem Dr. Ahmed Meftah Nadia Benhamou
		7	CIRCULAR MIGRATION AND RETURN DYNAMICS: THE CASE OF AZERBAIJANI LABOR MIGRANTS	Prof. Dr. Kamran Huseynov Vusal Aliyev Vafa Guliyeva Leyla Babayeva
		8		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR**	1	THE APPLIANCE INDUSTRY IN THE ÇERKEZKÖY, ÇORLU, KAPAKLI AND ERGENE DISTRICTS	Emre BOZDUMAN Prof. Dr. Okan YAŞAR
		2	KISA VADELİ CAZİBE, UZUN VADELİ KARAR: ZAMAN TERCİHLERİ VE ERTELEME DAVRANIŞININ PAZARLAMA VE YATIRIMDAKİ İZLERİ	Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR Dr. Kader EROL
		3	ZİHİNSEL MUHASEBE VE PAZARLAMA: TÜKETİCİ HARCAMA KARARLARINDA DAVRANIŞSAL FİNANS PERSPEKTİFİ	Dr. Kader EROL Doç. Dr. Sezen GÜNGÖR
		4	KATILIMCI DENEYİMLERİ PERSPEKTİFİNDEN GİRİŞİMCİLİK EĞİTİMİ: “21. YÜZYIL MÜHENDİSLERİNİN GİRİŞİMCİLİK VE İNOVASYON YOLCULUĞU” TÜBİTAK 4004 PROJESİ	Dr. SERAP ÖZ Prof. Dr. FERHAN SENGÜR Dr. Öğr. Üyesi HİLAL TUĞÇE LAPÇIN Veli Deniz
		5	THE POWER OF ETHICAL LEADERSHIP IN THE TOURISM SECTOR: A FIELD STUDY ON ORGANIZATIONAL TRUST AND WORK ENGAGEMENT	Dr. Dilek MUTLU BAYIN Dr. Pelin CANDAR
		6	SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM BİLİNCİNİN YEŞİL SATIN ALMA NİYETİNE ETKİSİ: TÜRKİYE VE İNGİLTERE ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ARAŞTIRMA	EMRE DOĞAN Doç. Dr. MUSTAFA BİLGEHAN KUTLU
		7	THE ROLE OF THE OTTOMAN PRESS IN TEACHING ECONOMIC CONCEPTS: THE EXAMPLE OF MECMUA-I FÜNUN	Doç. Dr. Kenan Demir

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. Eylem ŞEVİK**	1	CİNSEL TERBİYE VE KİMLİK: SEKSOLOJİ DERGİSİ KAPAK TASARIMLARI VE KONU SEÇİMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Dr. Eylem ŞEVİK
		2	WİLL KYMLİCKA'NIN "AZINLIK HAKLARININ LİBERAL TEORİSİ VE ÇOKKÜLTÜRLÜ YURTTAŞLIK ÇERÇEVESİNDE BATI TRAKYA MÜSLÜMAN TÜRK AZINLIĞININ İNCELENMESİ	İsa PEMİK
		3	THE ADAPTATION PROCESS AND ACADEMIC PROFILE OF FOREIGN STUDENTS FROM THE PERSPECTIVE OF ACADEMICS: THE CASE OF ISTANBUL GELISIM UNIVERSITY	Elif EKŞİ KOYUNCU
		4	ON QUANTİTATİVE RESEARCH METHODS	Dr. Zeynep DİLEKLİ KARATAY
		5		
		6		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Öğr. Üyesi, ZELİHA KILIÇPARLAR**	1	BRIDGING RURAL WATER GAPS IN THE GLOBAL SOUTH: COMMUNITY-DRIVEN SOLUTIONS AND THE HAR GHAR JAL MODEL	Prof Mamta Sharma Prof Sandeep K Sharma
		2	HUKUKUN ETKİSİZLİĞİ, ÖRFÜN GÜCÜ: DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ BİREYSEL SİLAHLANMA KÜLTÜRÜ ÜZERİNE SOSYOLOJİK BİR İNCELEME	Dr. Öğr. Üyesi Fatih GÜNEŞ
		3	THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF TRIAL BY COMBAT AND İTS COMPARISON WITH MODERN CRIMINAL PROCEEDINGS	Dr. Öğr. Üyesi, ZELİHA KILIÇPARLAR
		4	AN OVERVIEW OF CRIMES COMMITTED ON SOCIAL MEDIA	Dr. Öğr. Üyesi, ZELİHA KILIÇPARLAR
		5	TRANSFORMATION OF THE STATE IN THE CONTEXT OF NEOLIBERALISM	Prof. Dr. Sabit MENTEŞE Prof. Dr. Ahmet ÜSTÜN İrfan KAYA
		6	AKILLI KENT UYGULAMALARI: FIRSATLAR VE ZORLUKLAR	Bilim Uzmanı, BETÜL YEŞİL Prof.Dr., ALİ ŞAHİN Dr. Öğr. Üyesi, MEHMET POLAT
		7	YÖNETEN VE YÖNETİLEN GERÇEKLİĞİ BAĞLAMINDA HİZMETKAR LİDERLİK KAVRAMI: TÜRK KAMU YÖNETİMİNDE YAPILAN AMPİRİK ÇALIŞMALAR ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME	Prof.Dr., ALİ ŞAHİN Dr. Öğr. Üyesi, MEHMET POLAT

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Öğr. Üyesi Serpil AYGÖRMEZ**	1	THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE DESIGN OF ANIMAL SHELTERS	Prof. Dr. Havva Eylem POLAT Res. Assis. Ahmet Cengiz YILDIRIM
		2	FLOOPY KİD SYNDROME İN KİDS	İsmail AYTEKİN
		3	DRUNKEN LAMB SYNDROME İN LAMBS	İsmail AYTEKİN
		4	POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: CURRENT KNOWLEDGE AND THE ROLE OF ANTI-MULLERIAN HORMONE	Dr. Öğr. Üyesi Serpil AYGÖRMEZ Prof. Dr. Mushap KURU Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Doç. Dr. İnan KAYNAK**	1	INFLUENCE OF BOARD AND GENDER DIVERSITY ON SDG REPORTING	Maria Carmen Huian Mihaela Curea Marilena Mironiuc
		2	THE MEDIATING ROLE OF ORGANIZATIONAL SHAME IN THE EFFECT OF ORGANIZATIONAL OSTRACISM ON PSYCHOLOGICAL OWNERSHIP	Doç. Dr. Daimi KOÇAK Doç. Dr. Murat BAŞ
		3	THE RELATIONSHIP BETWEEN ORGANIZATIONAL CULTURE IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE INSTITUTIONS AND EXPOSURE TO VIOLENCE IN HEALTHCARE	Assoc. Prof. Yusuf ÖCEL Assist. Prof. Ayhan TERZİBAŞ
		4	TRENDS IN HEALTH TOURISM IN TURKEY: AN ANALYSIS OF TEN-YEAR VISITOR AND REVENUE DATA	Assist. Prof. Dr. Ayhan TERZİBAŞ
		5	TEKNO STRESİN ÖRGÜTSEL MUHALEFET DAVRANIŞINA ETKİSİ	Doç. Dr. İnan KAYNAK Doç. Dr. Berat ÇİÇEK
		6	PSİKOLOJİK SÖZLEŞME İHLALİ ALGISININ ÖRGÜTSEL SİNİZME ETKİSİ	Doç. Dr. Berat ÇİÇEK Doç. Dr. İnan KAYNAK
		7	ANALYSIS AND EVALUATION OF HEALTH EXPENDITURES IN TÜRKİYE	Öğr. Gör. Mehmet Veysi KAYA Öğr. Gör. Dr. Eda EMÜL
		8	SILO SYNDROME: A SYSTEMATIC REVIEW IN THE MANAGEMENT AND ORGANİZATION LITERATURE	Öğr. Gör. Dr. Eda EMÜL Öğr. Gör. Mehmet Veysi KAYA

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Prof. Dr. Serdal KARA**	1	REAL OR ILLUSTRATION? AN EXAMINATION OF ANIMAL REPRESENTATIONS IN PRESCHOOL CHILDREN WITHIN THE CONTEXT OF CONCEPT DEVELOPMENT	Dr. Öğr. Üyesi Aslı BALCI Yüksek Lisans Öğrencisi Mustafa ANŞİN Öğretmen Havva ARI
		2	OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN ÇOCUKLARA VERİLECEK FELSEFE EĞİTİMİNE (P4C) İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Nur AYDIN KILIÇ Doç. Dr. Cansu TUTKUN
		3	FUNCTIONAL DIVERSITY OF THE IMPERATIVE IN TURKISH: DIRECTIVE SPEECH ACTS AND THE FORM–FUNCTION DISTINCTION	Prof. Dr. Serdal KARA
		4	FROM LARGE LANGUAGE MODELS (LLMS) TO THE EPISTEMIC CRISIS: BULLSHIT, HALLUCINATION, AND LIES	PhD Candidate, SELİM ÇEPNİ Prof. Dr. MEHMET ALİ DOMBAYCI
		5	GENIUS AND THE PROBLEM OF CREATIVITY IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITHIN SCHOPENHAUER'S AESTHETICS	Prof. Dr. MEHMET ALİ DOMBAYCI PhD Candidate, SELİM ÇEPNİ
		6	LATERAL THINKING SKILLS OF PRESCHOOL PRESERVICE TEACHERS: A SCENARIO-BASED QUALITATIVE ANALYSIS	Prof. Dr., Şenel ELALDI Yüksek Lisans Öğrencisi, Ahmet Buğra ÖZMEN
		7	THE PROBLEM OF EVIL IN PLATO	Dr., Aydın ÇİÇEK
		8	STRUCTURAL TRANSFORMATION OF THOUGHT IN GILLES DELEUZE'S PHILOSOPHY: AN ATTEMPT TO TRANSITION FROM ARBORESCENT HIERARCHY TO RHIZOMATIC MULTIPLICITY	Dr., Aydın ÇİÇEK
		9	The Concept and Foundations of the Humanities in the Thought of Western and Eastern Thinkers.	Assist. Prof. Aref Barkhordar

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assis. Prof. Dr. Saule Sagintayeva**	1	WOMEN'S ECONOMIC EMPOWERMENT THROUGH ENTREPRENEURSHIP IN URBAN KAZAKHSTAN	Prof. Dr. Aigerim Nurtayeva Zhanar Askarova
		2	HEALTHCARE ACCESS FOR WOMEN IN RURAL AREAS OF KAZAKHSTAN: CHALLENGES AND STRATEGIES	Assis. Prof. Dr. Saule Sagintayeva
		3	GENDER NORMS AND WOMEN'S EDUCATIONAL ATTAINMENT IN CONTEMPORARY IRAQ	Prof. Dr. Farah Abbas Dr. Mahmoud Fadhil Sara Al Zubaidi
		4	IMPACT OF CONFLICT ON THE HEALTH AND WELLBEING OF WOMEN IN IRAQ	Dr. Rasha Yassin Assis. Prof. Dr. Omar Al-Khafaji
		5	BARRIERS TO WOMEN'S POLITICAL PARTICIPATION IN LAOS: SOCIAL, ECONOMIC, AND CULTURAL FACTORS	Assoc. Prof. Dr. Soudaly Nanthavong
		6	WOMEN'S ACCESS TO HIGHER EDUCATION AND STEM FIELDS IN LAOS	Prof. Dr. Bouavone Xayavong Dr. Sivilay Phommasane Keomany Souvannavong Assis. Prof. Dr. Anousone Chanthavong
		7	SOCIOECONOMIC IMPACT OF MICROFINANCE INITIATIVES FOR WOMEN ENTREPRENEURS IN BANGLADESH	Dr. Masuda Akhter Prof. Dr. Sultana Begum Ayesha Rahman
		8	WOMEN'S HEALTH AND REPRODUCTIVE RIGHTS IN BANGLADESHI SLUMS: CHALLENGES AND INTERVENTIONS	Assis. Prof. Dr. Shanta Parvin

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Ahmed Al-Hashmi**	1	EXPLORING THE NARRATIVE TRADITION IN MODERN KYRGYZ THEATRE	Assis. Prof. Dr. Ruslan Nogoibekov Ainura Abdrakhmanova
		2	THE REVIVAL OF NOMADIC MOTIFS IN CONTEMPORARY KYRGYZ VISUAL ART	Prof. Dr. Aizada Sadykova Dr. Aidar Sulaimanov
		3	ARTISTIC RESISTANCE AND THE VISUAL REPRESENTATION OF IDENTITY IN CONTEMPORARY PALESTINIAN ART	Prof. Dr. Samira Al-Masri Dr. Fadi Taleb Nour Said
		4	THE REVITALIZATION OF TRADITIONAL CERAMICS AND TILE ART IN PALESTINIAN DESIGN EDUCATION	Assis. Prof. Dr. Yasmine Khalil Dr. Ibrahim Amro
		5	EXPERIMENTAL MEDIA INSTALLATIONS AND THE EVOLUTION OF ARTISTIC PRACTICE IN SINGAPORE	Prof. Dr. Kenneth Lim Jolene Tan Wei Liang Chong
		6	THE ROLE OF PUBLIC ART IN SINGAPORE'S CITYSCAPE: CULTURAL POLICY, PLACE-MAKING, AND COMMUNITY ENGAGEMENT	Dr. Mei Wong
		7	REINTERPRETATION OF ARABESQUE GEOMETRY IN CONTEMPORARY OMANI ISLAMIC ART	Assoc. Prof. Dr. Maha Al-Lamki Fatma Rashid Al-Saadi
		8	ART EDUCATION IN OMAN: CHALLENGES AND INNOVATIONS IN VISUAL CURRICULUM DESIGN	Prof. Dr. Ahmed Al-Hashmi
		9	THE EVOLUTION OF IMPRESSIONISM IN FRENCH PAINTING AND ITS GLOBAL LEGACY	Prof. Dr. Bernard Dupont Marie-Claire Rivière Julien Leroy

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Mohammadreza Shafiei**	1	EDUCATIONAL OUTCOMES OF MULTILINGUAL POLICY IN TAJIK SECONDARY EDUCATION	Assoc. Prof. Dr. Rustam Juraev Dr. Barno Kuvatova Shodmonbek Nazarov
		2	INTEGRATING TRADITIONAL PEDAGOGY WITH DIGITAL INNOVATION IN TAJIK PRIMARY SCHOOLS	Prof. Dr. Gulnora Sharipova Dr. Nargis Iskandarova
		3	THE IMPACT OF VALUE-BASED EDUCATION PROGRAMS ON MORAL DEVELOPMENT IN EGYPTIAN STUDENTS	Prof. Dr. Ahmed Mahmoud Dr. Sara El-Tantawy Assis. Prof. Dr. Hossam Saad
		4	CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN INCLUSIVE EDUCATION IN RURAL EGYPT	Assoc. Prof. Dr. Mona Zaki Marwan Youssef
		5	INNOVATIVE PRACTICES IN STEM TEACHER TRAINING: A CASE STUDY FROM IRAN	Dr. Parisa Sadeghi
		6	IMPACT OF PRIVATE SCHOOL GROWTH ON EDUCATIONAL INEQUALITY IN URBAN IRAN	Prof. Dr. Mohammadreza Shafiei Dr. Leyla Karimi
		7	PROJECT-BASED LEARNING AS A DRIVER OF STUDENT MOTIVATION IN INDIAN MIDDLE SCHOOLS	Assoc. Prof. Dr. Ananya Rao Ankit Mehra Dr. Rakesh Khanna
		8	ENHANCING ENGLISH LANGUAGE COMPETENCIES IN INDIAN ENGINEERING UNDERGRADUATES THROUGH ESP PROGRAMS	Prof. Dr. Kavita Singh Meera Raghavan
		9	DISTANCE LEARNING ADAPTATION AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING AMONG SPANISH UNIVERSITY STUDENTS DURING THE PANDEMIC	Dr. Marta González Dr. Esteban Ramírez Elena López
		10	CULTURAL COMPETENCE AND CITIZENSHIP EDUCATION IN SPANISH SECONDARY SCHOOLS	Prof. Dr. Javier Morales Assis. Prof. Dr. Lucía Cordero

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Aisha El-Ghazali**	1	IMPACTS OF QURANIC EXEGESIS ON CONTEMPORARY ISLAMIC EDUCATION IN TUNISIA	Prof. Dr. Hichem Ben Salah Assis. Prof. Dr. Amina Kouki
		2	RELIGIOUS TOLERANCE AND INTERFAITH DIALOGUE IN CONTEMPORARY TUNISIAN SOCIETY	Dr. Fethi Ayari Prof. Dr. Laila Bouzid Yasmine Sghaier
		3	CHRISTIAN AND MUSLIM THEOLOGICAL ENCOUNTERS: HISTORICAL EXCHANGES IN ETHIOPIA	Dr. Alemayehu Tadesse Prof. Dr. Selam Mengistu Assis. Prof. Dr. Ruth Bekele Getachew Abate
		4	ORAL TRADITIONS AND SPIRITUAL AUTHORITY IN ETHIOPIAN ISLAMIC COMMUNITIES	Shemsu Ahmed Dr. Halima Yusuf
		5	RUSSIAN ORTHODOX THEOLOGY AND MODERN SOCIAL ISSUES IN CONTEMPORARY RUSSIA	Prof. Dr. Valentin Petrov Dr. Ivan Sokolov
		6	ISLAMIC THEOLOGY IN POST-SOVIET RUSSIA: CHALLENGES AND REVITALIZATION	Dr. Ramilya Safarova Assis. Prof. Dr. Timur Shaymuratov Fatima Vakhitova
		7	CLASSICAL ARABIC PHILOSOPHY AND CONTEMPORARY ETHICAL DILEMMAS IN THE ARAB WORLD	Prof. Dr. Ahmed Al-Mutairi Fatima Khalil Assis. Prof. Dr. Samir al-Jabari
		8	INTERPRETING SACRED TEXTS: HERMENEUTICAL APPROACHES IN ARAB ISLAMIC UNIVERSITIES	Dr. Aisha El-Ghazali
		9	THEOLOGY AND SCIENCE INTERACTION: DEBATES ON EVOLUTION AND CREATION IN ARAB UNIVERSITIES	Prof. Dr. Khalid Mansour Assis. Prof. Dr. Yasir Hussein Asmaa Al-Hassan Layla Salim

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Prof. Dr. Mira Qiriazi**	1	THE CONCEPT OF ETHICAL RESPONSIBILITY IN CONTEMPORARY IRANIAN PHILOSOPHY	Prof. Dr. Mahin Farhadi Dr. Hossein Sharifi Fatemeh Rezaei
		2	ENGAGEMENT WITH SOCRATIC INQUIRY IN MODERN IRANIAN EDUCATION	Dr. Ladan Karimi
		3	AFRICAN COMMUNITARIANISM AND THE PHILOSOPHY OF SELFHOOD IN NIGERIAN THOUGHT	Assis. Prof. Dr. Kabiru Lawal Ngozi Eze Emeka Obi
		4	THE EPISTEMOLOGY OF ORAL TRADITIONS IN YORUBA PHILOSOPHY	Dr. Tunde Afolayan Dr. Esther Babatunde
		5	REASON AND MORALITY IN POST-COMMUNIST ALBANIAN PHILOSOPHICAL DISCOURSE	Prof. Dr. Mira Qiriazi
		6	PHENOMENOLOGY AND IDENTITY FORMATION IN CONTEMPORARY ALBANIAN THOUGHT	Dr. Elion Leka Assis. Prof. Dr. Anila Hoxha Ardian Pasha
		7	THE MORAL STATUS OF NATURE IN MONGOLIAN BUDDHIST PHILOSOPHY	Prof. Dr. Bat-Erdene Sarantuya Dr. Altanzul Enkhbayar
		8		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
28 Kasım / Nov 28, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Negin Esfandiari**	1	THE SOCIAL AND POLITICAL INFLUENCE OF THE SAFAVID DYNASTY ON PERSIAN SOCIETY	Prof. Dr. Zahra Forouzan Dr. Babak Kheradmand Assis. Prof. Dr. Mehran Gholami
		2	WOMEN'S ROLES IN IRANIAN REVOLUTIONARY MOVEMENTS: BETWEEN INVISIBILITY AND ACTIVISM	Dr. Negin Esfandiari
		3	COLONIAL ENCOUNTERS AND TRANSFORMATION OF INDIGENOUS INSTITUTIONS IN PRE-COLONIAL NIGERIA	Prof. Dr. Olatunji Babajide Dr. Aminat Lawal
		4	THE IMPACT OF THE TRANS-ATLANTIC SLAVE TRADE ON THE DEMOGRAPHIC LANDSCAPE OF WEST AFRICA	Dr. Chidinma Okafor Assoc. Prof. Dr. Nosa Aigbokhae
		5	NATIONAL IDENTITY CONSTRUCTION IN ALBANIAN SCHOOL TEXTBOOKS SINCE INDEPENDENCE	Prof. Dr. Enea Leka Assis. Prof. Dr. Roland Krasniqi Elira Dervishi Blerta Sina Arber Rroji
		6	MEMORY, TRAUMA, AND RECONCILIATION: POST-COMMUNIST HISTORIOGRAPHY IN ALBANIA	Dr. Luan Gashi Dr. Blerina Dervishi
		7	THE HISTORICAL LEGACY OF THE MONGOL EMPIRE IN MODERN MONGOLIAN IDENTITY	Prof. Dr. Baatar Bold Chuluun Ganbold Bayarmaa Enkhbat
		8		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. METİN AKSOY**	1	BİR KADRO HATIRINA: AKADEMİ VE HÜLLE	Dr. Öğr. Üyesi, SERHAT SOYŞEKERCİ
		2	THE IMPACT OF MIGRATION ON IDENTITY TRANSFORMATION: DISPLACEMENT, HYBRID IDENTITY CONSTRUCTION, AND INTEGRATION MODELS	Prof. Dr. METİN AKSOY
		3	THE HISTORICAL EVOLUTION OF MIGRATION AND CULTURAL TRANSFORMATION: GLOBAL DYNAMICS FROM ANCIENT TIMES TO THE PRESENT	Prof. Dr. METİN AKSOY
		4	A STUDY ON THE CONCEPTUAL PROBLEMS IN DEFINING MIGRANT ENTREPRENEURSHIP	Research Assistant, PhD. Ali Rıza KILIÇ
		5	SOCIAL MEDIA DISCOURSES, SEXIST HATE AND MARRIAGE/FERTILITY TRENDS: AN ANALYSIS IN THE CONTEXT OF THE “FAMILY YEAR” IN TÜRKİYE	Dr. NEHİR DEVRİM ESEROL
		6	Gerontolojik Sosyal Hizmet ve Yaşlı Bakımı	Öğr. Gör. Ummühani USLU
		7	PSYCHOLOGICAL AND SOCIAL CHANGES EXPERIENCED BY WOMEN DURING THE POSTPARTUM PERIOD	Betül BAYRAM Gülümser İÇİN Şeyma KAYA Sıla KIZILKAYA Doç.Dr. Rumeysa AKGÜN
		8	A COMPARATIVE ANALYSIS OF EMPLOYED AND UNEMPLOYED WOMEN’S PARENTING ATTITUDES WITHIN THE FRAMEWORK OF GENDER ROLES	AYŞE NUR MORAL Doç.Dr. Rumeysa AKGÜN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Öğr.Gör. Volkan KAPÇAK**	1	THE EFFECT OF COURT SURFACE ON ANXIETY LEVELS IN TENNIS PLAYERS	Prof. Dr., TÜLİN AKMAN Doç. Dr., ŞABAN ÜNVER Arş. Gör., HAKKI MOR
		2	A COMPARATIVE STUDY OF INTOLERANCE OF UNCERTAINTY LEVELS IN SPORT SCIENCES STUDENTS AND STUDENTS FROM OTHER FACULTIES	Prof. Dr., TÜLİN AKMAN Doç. Dr., ŞABAN ÜNVER Arş. Gör., HAKKI MOR
		3	LEADERSHİP BEHAVİORS OF SPORTS MANAGERS: A CONTENT ANALYSİS	Süleyman KARAKAYA Prof.Dr. İlker ÖZMUTLU
		4	WEARABLE SPORTS TECHNOLOGIES IN A CHANGING WORLD	Süleyman KARAKAYA Prof. Dr. İlker ÖZMUTLU
		5	SPORCU–ANTRENÖR İLETİŞİMİ: ANTRENÖRE GÜVEN VE SPORCU MEMNUNİYETİ ARASINDAKİ İLİŞKİ	Öğr.Gör. Volkan KAPÇAK Prof.Dr. İlker ÖZMUTLU
		6	MOTIVATION AND JOB SATISFACTION IN SPORTS ORGANIZATIONS: A LITERATURE REVIEW IN THE CONTEXT OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT	Öğr.Gör. Volkan KAPÇAK Prof.Dr. İlker ÖZMUTLU

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Melihat TÜZÜN**	1	AN ANALYSIS OF THE CONTENT OF TEXTBOOKS USED IN MUSIC HISTORY COURSES AT CONSERVATORIUM IN TURKEY	Cansu YÜCEL
		2	AN EXAMINATION OF THE TRANSFORMATION OF ART THROUGH TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT	Yüksek Lisans Öğrencisi, Aysu SARIKAYA Doç. Okan BOYDAŞ
		3	THE EFFECT OF COLORS ON HUMAN LIFE	Yüksek Lisans Öğrencisi, Neveser Özyalçın Doç. Okan BOYDAŞ
		4	THE TRANSFORMATION OF SHADOW IN CONTEMPORARY ART: LIGHT, PERCEPTION, AND MEMORY IN THE WORKS OF THREE ARTISTS	YKL Mezun Öğrenci Ayça AY Prof. Melihat TÜZÜN
		5	COLOR AND PSYCHOLOGICAL MEANING IN YAVUZ TANYELİ'S PAINTINGS	YKL Mezun Öğrenci Mine YILMAZ Prof. Melihat TÜZÜN
		6	RESİMLE KURULAN YURT: ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİ MODERNLEŞME SÜRECİNDE KÜLTÜR POLİTİKALARI VE ANADOLU TEMSİLLERİ (1930-1945)	Dr. Orhan MERT
		7	AHMET ŞAHİN AK'IN TRT REPERTUVARINDAKİ BESTELERİNİN MAKAM, USUL, FORM ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	Dr. Öğr. Üyesi ÖMER ZEKİ URHAN
		8	TWO VOICES FROM THE SAME TRADITION: A COMPARATIVE MAQAM ANALYSIS OF ZEKÂİZÂDE AHMET IRSOY AND ŞEVKÎ BEY'S SONGS IN THE MUHAYYER MAQAM	Doç. Dr. Ünsal Deniz Doktora Öğrencisi, Aslı YEŞİLGÜL ALAY

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

YAPAY ZEKA YÖNTEMLER İLE TAHMİN UYGULAMALARI ÖZEL OTURUMU

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU	1	BAL EKSTRASYON KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE Pİ-SİGMA YAPAY SİNİR AĞI ve GENETİK ALGORİTMAYA DAYALI BİR YÖNTEM	Prof. Dr. Hüseyin ŞAHİN Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU Prof. Dr. Eren Baş
		2	BIST 100 TAHMİNİNDE BULANIK FONKSİYON YAKLAŞIMLARI	Öğr. Gör. Şeyda DEMIREL TATLI Prof. Dr. Eren BAŞ Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
		3	DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI İLE ÇOK FLORALI ÇİÇEK BALI SINIFLANDIRMASI	Prof. Dr. Hüseyin ŞAHİN Prof. Dr. Eren Baş Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU Esra BİRİNCİ Elif YORULMAZ ONDER
		4	GAUSS SÜRECİ REGRESYONA DAYALI RESİM BULANIK REGRESYON FONKSİYONLARI YAKLAŞIMI	Prof. Dr. Eren BAŞ Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
		5	KUADRATİK ENTEGRE VE ATEŞ NÖRON MODELLİ YAPAY SİNİR AĞLARININ DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASI İLE EĞİTİMİ	Prof. Dr. Eren BAŞ Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
		6	GEÇİTLİ GERİ BESLEMELİ DERİN YAPAY SİNİR AĞLARINA DAYALI SEZGİSEL BULANIK ZAMAN SERİSİ TAHMİN YÖNTEMİ	Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU Prof. Dr. Eren Baş
		7	PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU İLE ENTEGRE VE ATEŞ NÖRON MODELLİ YAPAY SİNİR AĞLARININ EĞİTİMİ	Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU Prof. Dr. Eren BAŞ
		8	ÖNGÖRÜ PROBLEMİ İÇİN GUMBEL AKTİVASYON FONKSİYONU İLE DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI	Ögr. Gör. Mete ÖZDEMİR Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU Prof. Dr. Eren Baş
		9	TÜRKİYE'YE GELEN AYLIK GÜNÜBİRLİKÇİ ZİYARETÇİ SAYILARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ	Dr. Elanur MUTLU
		10	YABANCI ZİYARETÇİ SAYISININ ÖNGÖRÜSÜ İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN PERFORMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	Doç. Dr. Şerif Ahmet DEMİRDAĞ İbrahim EĞRİOĞLU Prof. Dr. Eren BAŞ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ**	1	DOĞAL YAYILIŞ GÖSTEREN YABANİ FİĞ (Vicia cracca) BİTKİLERİNDEN ENDOFİTİK BAKTERİLERİN İZOLASYONU VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ
		2	Cydonia oblonga (AYVA) ve Juglans regia L.(CEVİZ) BİTKİLERİNİN KÖK RİZOSFERİ VE DÖKÜNTÜLERİNDE BULUNAN BAKTERİ FLORASININ BELİRLENMESİ	Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ
		3	HABITAT SELECTION AND ECOLOGICAL PREFERENCES OF CRAB SPIDERS (ARANEAE: THOMISIDAE)	Assoc.Prof.Dr. Adile AKPINAR
		4	RESEARCHES ON THE SPIDER FAUNA (ORDER: ARANEAE) OF THE PROVINCE OF SİNOP	Msc Student. Nurşen TİRYAKİ YILMAZER Assoc.Prof.Dr. Adile AKPINAR
		5	Morphological Effects of Salt Stress During the Germination Stage in Bean (Phaseolus vulgaris L.) Genotypes	Leyla KURGAN Sedanur GÜMÜŞ Fatih DEMİREL Barış EREN Adnan AYDIN
		6	Morphological Effect of Drought Stress Simulated with PEG 6000 During the Germination Period in Some Local Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Genotypes	Leyla KURGAN Sedanur GÜMÜŞ Özlem YILMAZ Yağmur GÖKÇE Zühal TURAN KILIÇ Ayşe Berfin BAYDAR Şahin AYDIN Fatih DEMİREL Adnan AYDIN Barış EREN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZTAŞ**	1	PROSTHETİC REHABİLİTATİON OF A COMPLETELY EDENTULOUS PATİENT WİTH UNİLATERAL CLEFT LİP AND PALATE	Res. Asst. EMRE ESEN Asst. Prof. Dr. GÜLŞAH AKYILDIZ
		2	ÇOCUKLARDA ULTRA İŞLENMİŞ GIDA TÜKETİMİ VE OBEZİTE EPİDEMİYOLOJİSİ	Diyetisyen, Utku Pullu
		3	OKUL KANTİNLERİ VE MARKET ÜRÜNLERİNİN GIDA ETİKETİ OKURYAZARLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	Diyetisyen, Utku Pullu
		4	CRİMEAN-CONGO HEMORRHAGİC FEVER	Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZTAŞ
		5	MONKEYPOX VIRUS	Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZTAŞ
		6	FRAILTY IN OLDER ADULTS AND CHRONIC DISEASES: ENHANCING QUALITY OF LIFE THROUGH NURSING APPROACHES	Uzman Hemşire,DİLEK MUSLU Doç.Dr. DİĞDEM LAFÇI BAKAR
		7	THE RISING VALUE OF NURSING: AN ANALYSIS OF ICN THEMES FROM 2022 TO 2024	Uzman Hemşire,DİLEK MUSLU Doç.Dr. DİĞDEM LAFÇI BAKAR

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assoc. Prof. Dr. Zainab Johari**	1	ADAPTIVE REUSE OF HISTORICAL BUILDINGS IN BAKU: CONTEMPORARY CHALLENGES AND INNOVATIVE SOLUTIONS	Prof. Dr. Kamran Guliyev Leyla Mammadova
		2	INTEGRATING TRADITIONAL AZERBAIJANI DESIGN PRINCIPLES INTO CONTEMPORARY URBAN HOUSING	Assoc. Prof. Dr. Elvin Hasanov Nigar Suleymanli Farid Gasimov
		3	SUSTAINABLE FLOOD-RESISTANT ARCHITECTURE FOR BANGLADESH'S GROWING DELTA REGIONS	Dr. Mustafa Rahman Assis. Prof. Dr. Nabila Hasan Tariq Chowdhury Samia Akhtar
		4	URBAN DENSIFICATION AND GREEN SPACE PRESERVATION IN DHAKA: DESIGN STRATEGIES AND POLICY APPROACHES	Prof. Dr. Sharmin Akter Dr. Nusrat Jahan
		5	INTEGRATING MODULAR CONSTRUCTION WITH MALAYSIAN VERNACULAR ARCHITECTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	Prof. Dr. Ahmad Rashid Farah Nazirah Ramli Assis. Prof. Dr. Lim Sze Wee
		6	TROPICAL ENVIRONMENTAL RESPONSIVENESS IN MALAYSIAN UNIVERSITY CAMPUS DESIGN	Assoc. Prof. Dr. Zainab Johari Harris bin Abdullah Dr. Amelia Lee
		7	REHABILITATION OF OTTOMAN-ERA BUILDINGS IN SKOPJE: HISTORICAL ANALYSIS AND CONTEMPORARY CONSERVATION	Dr. Elena Dimitrova Prof. Dr. Nikola Jovanovic Selma Ismaili Bojan Petrovski Liridona Selmani
		8	URBAN TRANSFORMATION AND SOCIAL INCLUSION IN POST-SOCIALIST SKOPJE: PUBLIC SPACE REDESIGN	Assoc. Prof. Dr. Danilo Milanovic Assis. Prof. Dr. Marija Pavlovska Ana Petreski
		9	ADAPTIVE REUSE OF HISTORICAL BUILDINGS IN BAKU: CONTEMPORARY CHALLENGES AND INNOVATIVE SOLUTIONS	Prof. Dr. Kamran Guliyev Leyla Mammadova

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. Fatema Habibi**	1	RENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN SMART GRIDS: CHALLENGES AND SOLUTIONS IN PAKISTAN	Prof. Dr. Imran Malik Dr. Tayyaba Zahid Dr. Bilal Hussain
		2	DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR FAULT DETECTION IN HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES	Dr. Maryam Qureshi Assis. Prof. Dr. Sheraz Ahmed
		3	PHOTOVOLTAIC SYSTEM PERFORMANCE OPTIMIZATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EGYPTIAN DESERTS	Prof. Dr. Ahlam Abdelrahman Dr. Mostafa Khalil Assis. Prof. Dr. Mariam Fouad Nada El-Din
		4	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE IN CAIRO	Assis. Prof. Dr. Youssef Amin Dr. Hoda Samir
		5	ANALYSIS OF MICROGRID STABILITY UNDER VARIABLE LOAD AND GENERATION CONDITIONS IN KABUL	Dr. Parwiz Hashimi
		6	EFFICIENT POWER CONVERTER DESIGN FOR RURAL ELECTRIFICATION IN AFGHANISTAN	Prof. Dr. Laila Saidi Assis. Prof. Dr. Mohammad Rahmani Dr. Zainab Nazari Ali Asadi
		7	WIRELESS COMMUNICATION FRAMEWORKS FOR REMOTE HEALTH MONITORING IN RURAL AFGHANISTAN	Dr. Ahmad Fahim Niloofar Qaderi
		8	DESIGN AND TESTING OF FAULT-TOLERANT MOTOR DRIVES FOR INDUSTRIAL AUTOMATION	Dr. Fatema Habibi
		9	AI-POWERED IMAGE RECOGNITION TECHNOLOGIES FOR CIVIL INFRASTRUCTURE MONITORING IN KABUL	Assis. Prof. Dr. Amir Rezai Dr. Haroon Hussaini Maryam Ali Omid Najafi

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Assis. Prof. Dr. Jona Dervishi Dr. Renis Tashi**	1	EVALUATING THE IMPACT OF HEALTH EDUCATION PROGRAMS ON DIABETES PREVENTION IN IRANIAN COMMUNITIES	Prof. Dr. Shirin Jafari Dr. Nima Ebrahimi Assis. Prof. Dr. Laleh Moradi
		2	GENETIC SCREENING AND COUNSELING FOR HEREDITARY CANCERS: PRACTICES AND CHALLENGES IN IRAN	Assis. Prof. Dr. Roya Behzad Dr. Navid Parsa
		3	STRENGTHENING MATERNAL HEALTHCARE ACCESS IN LOW-RESOURCE NIGERIAN SETTINGS	Prof. Dr. Olufunmilayo Adeyemi Dr. Jamila Musa Assis. Prof. Dr. Chinedu Okeke Ngozi Chukwu
		4	BURDEN OF MALARIA AND COMMUNITY RESPONSES TO VECTOR CONTROL IN RURAL NIGERIA	Dr. Adedayo Ogunleye Assis. Prof. Dr. Funke Adebayo
		5	REFORMING MEDICAL EDUCATION IN ALBANIA: COMPETENCY-BASED CURRICULA AND TEACHING STRATEGIES	Prof. Dr. Arben Leka Dr. Elda Nuri Blendi Sorra Assis. Prof. Dr. Lira Hysa
		6	CHALLENGES IN IMPLEMENTING ELECTRONIC HEALTH RECORDS (EHR) SYSTEMS IN ALBANIAN HOSPITALS	Assis. Prof. Dr. Jona Dervishi Dr. Renis Tashi
		7	PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AMONG UNIVERSITIES' STUDENTS IN MONGOLIA	Prof. Dr. Bat-Erdene Batbayar Dr. Oyun-Erdene Tungalag Erdenebat Naranbaatar

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Yasmine Belkadhi**	1	SUSTAINABLE OLIVE CULTIVATION PRACTICES AND THEIR IMPACT ON SOIL HEALTH IN TUNISIA	Prof. Dr. Nabil Ben Youssef Dr. Hela Amari
		2	WATER MANAGEMENT STRATEGIES FOR IRRIGATED AGRICULTURE IN SEMI-ARID TUNISIAN REGIONS	Dr. Yasmine Belkadhi
		3	IMPROVING SORGHUM YIELD THROUGH GENETIC DIVERSITY AND AGROECOLOGICAL PRACTICES IN ETHIOPIA	Prof. Dr. Amare Getahun Dr. Hana Tsegaye Assis. Prof. Dr. Bekele Alemu
		4	INTEGRATED PEST MANAGEMENT AND BIOPESTICIDES IN ETHIOPIAN HORTICULTURE	Dr. Sosina Abebe Mulu Worku
		5	PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS IN WINTER WHEAT PRODUCTION IN RUSSIA	Dr. Nikolai Petrov Assoc. Prof. Dr. Svetlana Ivanova
		6	RUSSIAN GRASSLAND MANAGEMENT: CONSERVATION, CARBON SEQUESTRATION, AND LIVESTOCK PRODUCTIVITY	Prof. Dr. Olga Smirnova Dr. Aleksandr Vasiliev Ivan Kovalev
		7	MODERN DESERT FARMING TECHNIQUES IN THE ARABIAN PENINSULA: CHALLENGES AND PROSPECTS	Prof. Dr. Maha Al-Zahrani Dr. Omar Al-Barakati Assis. Prof. Dr. Waleed Al-Yousef Nasser Al-Farsi
		8	RECLAIMING MARGINAL LANDS FOR AGRICULTURE IN ARID REGIONS OF THE ARAB WORLD	Dr. Hanan Al-Salem Prof. Dr. Saeed Al-Harbi
		9		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assis. Prof. Dr. Hani Nasr**	1	DEVELOPMENT AND PHARMACOKINETIC EVALUATION OF HERBAL ANTIOXIDANT FORMULATIONS FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT	Prof. Dr. Lamia Bensalem Dr. Karim Djeghlal
		2	CURRENT CHALLENGES IN ANTIMICROBIAL STEWARDSHIP PROGRAMS IN ALGERIAN HOSPITAL PHARMACY PRACTICE	Assis. Prof. Dr. Nesrine Toumi Dr. Ilyes Bendaoud
		3	NICOTINE ADDICTION AND PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS AMONG SYRIAN YOUTH: A CROSS-SECTIONAL STUDY	Prof. Dr. Nour Al-Shami Dr. Bassel Haddad Dr. Lina Mansour
		4	EVALUATION OF TRADITIONAL HERBAL DRUG USE IN PHARMACEUTICAL PRACTICE IN SYRIA	Assis. Prof. Dr. Hani Nasr Amina Qabbani
		5	CLINICAL OUTCOMES OF MULTI-DRUG THERAPY FOR TUBERCULOSIS PATIENTS IN SENEGAL: A PHARMACY-BASED COHORT STUDY	Dr. Aissatou Faye Moussa Ndiaye Prof. Dr. Alioune Diop
		6	PHARMACOVIGILANCE AND ADVERSE DRUG REACTION REPORTING SYSTEMS IN SENEGALESE HOSPITALS	Prof. Dr. Marième Diouf Assis. Prof. Dr. Serigne Gueye Fatoumata Sarr Dr. Abdoulaye Diallo
		7	EVALUATION OF PHARMACOGENOMIC TESTING PRACTICES IN AZERBAIJANI COMMUNITY PHARMACIES	Prof. Dr. Leyla Abbasova Dr. Kamran Akhundov Dr. Arzu Guliyeva
		8	DEVELOPMENT OF CONTROLLED-RELEASE FORMULATIONS FOR CARDIOVASCULAR DRUGS IN AZERBAIJAN	Assis. Prof. Dr. Elmar Suleymanov Prof. Dr. Nigar Huseynli
		9		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

29 Kasım / Nov 29, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assis. Prof. Dr. Pablo Alonso**	1	PARASITIC INFESTATIONS IN SMALL RUMINANTS: CHALLENGES FOR RURAL LIVESTOCK FARMERS IN TAJIKISTAN	Shodmon Mirzoev Dr. Farzona Rajabova Jamila Saidova
		2	EPIDEMIOLOGICAL SURVEY OF BOVINE TUBERCULOSIS IN RURAL TAJIKISTAN: DIAGNOSIS AND CONTROL STRATEGIES	Dr. Suhrob Safarov Dr. Gulnara Sharipova
		3	CONTROL OF BRUCELLOSIS IN DAIRY CATTLE: VACCINATION EFFORTS IN EGYPTIAN GOVERNORATES	Prof. Dr. Hossam Eldin Mahmoud Ahmed Zaki Assis. Prof. Dr. Mona El-Sayed
		4	AVIAN INFLUENZA MONITORING AND BIOSECURITY PRACTICES IN POULTRY FARMS OF EGYPT	Dr. Faten Abdelrahim Mohamed Saber
		5	TICK-BORNE DISEASES IN IRANIAN SHEEP FLOCKS: MOLECULAR DIAGNOSIS AND CONTROL MEASURES	Prof. Dr. Hassan Shirazi Assis. Prof. Dr. Sara Foroughi Dr. Mohsen Farzi
		6	VETERINARY EDUCATION REFORM AND PRACTICAL TRAINING IN IRANIAN UNIVERSITIES	Dr. Sahar Kaviani Prof. Dr. Ali Akbar Dehghan Banadaki
		7	SURVEILLANCE OF ZOONOTIC DISEASES AT THE WILDLIFE-LIVESTOCK INTERFACE IN WESTERN INDIA	Dr. Ramesh Gopalakrishnan Assis. Prof. Dr. Meera Nair
		8	EVALUATION OF TRYPANOSOMIASIS CONTROL PROGRAMS IN INDIAN DAIRY CATTLE	Prof. Dr. Priya Sreenivasan Dr. Bhaskar Rao Dr. Aparna Nair
		9	MOLECULAR CHARACTERIZATION OF CANINE PARVOVIRUS STRAINS IN DOG POPULATIONS IN SPAIN	Dr. Marta Ferrer Assis. Prof. Dr. Pablo Alonso

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Doç. Dr. Demokaan DEMİREL**	1	KAMU YÖNETİMİNDE ETİK: ABD ve AB YÖNETİM İLKELERİ ARASINDA BİR KIYASLAMA	Doç. Dr. Demokaan DEMİREL
		2	TÜRKİYE'DE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI	Doç. Dr. Demokaan DEMİREL
		3	BETWEEN CAESARISM AND BUREAUCRATIC OLIGARCHY: THE TENSION IN MAX WEBER'S POLITICAL THOUGHT	Doç.Dr. Mustafa Cem OĞUZ
		4	RPP AND POPULISM: A COMPARISON BETWEEN İSMET İNÖNÜ AND BÜLENT ECEVİT	Arş. Gör. Tahir Anıl GÜNGÖRDÜ
		5	THE RELATIONSHIP BETWEEN BUDGET REVENUES AND PUBLIC SERVICE EFFICIENCY	YL Öğrenci Emine Gamze BÜBER Doç. Dr. İnci SANDALCI

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Lecturer Dr. MERVE ALADAĞ**	1	INVESTIGATION OF SEASONAL RECREATIONAL USE CHARACTERISTICS OF YOMRA COASTAL AREAS	Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN Makbulenur ONUR
		2	EVALUATION OF SOCIAL FOCUSES IN COASTAL AREAS THROUGH OPEN SPACE USES OF CAFES AND RESTAURANTS IN YOMRA COASTLINE	Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN Makbulenur ONUR
		3	KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ÇİM ALANLAR VE EKOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TARTIŞMASI	Öğr. Gör. Hande ASLAN Dr. Reva ŞERMET ACAR Doç. Dr. Fatma AŞILIOĞLU
		4	15 DAKİKALIK SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT MODELİ	Dr. Reva ŞERMET ACAR Öğr. Gör. Hande ASLAN Doç. Dr. Fatma AŞILIOĞLU
		5	SOURCES AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF HAZARDOUS WASTE ORIGINATING FROM HEALTHCARE FACILITIES	Lecturer Dr. MERVE ALADAĞ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. MURAT KORUNUR**	1	COMPARISON OF ACTIVE AND PASSIVE COOLING METHODS TO INCREASE THERMAL PERFORMANCE IN PHOTOVOLTAIC PANELS: A LITERATURE REVIEW	Öğr. Gör., Osman Özdemir Dr. Öğr. Üyesi, Halit Lutfi Yücel Doç. Dr., Gökhan Kahraman
		2	DÖNEN SİLİNDİRİK EVREN MODELİ İÇİN MUTLAK PARALELİZM VE GÖKKUŞAĞI KÜTLEÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE HAMİLTONYEN YOĞUNLUĞU	Prof. Dr. MURAT KORUNUR Doç. Dr. SİBEL KORUNUR
		3	KRORI-BARUA MODELİ ÇERÇEVESİNDE ENERJİ-MOMENTUM DAĞILIMLARI	Prof. Dr. Murat KORUNUR Doç. Dr. İnan ÜNAL İdris ÖZ
		4	CONTROL STRATEGIES FOR HIGH PERFORMANCE SERVO MOTORS	MURAT AYDIN Dr. İDRİS SANCAKTAR
		5	ASSESSING STUDENT ENGAGEMENT WITH BIOSENSOR-BASED EMOTIONAL DATA	Merve Okumuş Sarı Halil İbrahim Sarı Asst. Prof. Kübra Keser
		6	INVESTİGATİON OF THE USE OF FLYWHEEL ENERGY STORAGE İN PV PLANTS	Mahmut Burak GÖZLÜ Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
		7	THE FOCUS OF AN STABILITY INTO A LITHIUM-FLYWHEEL HYBRID STORAGE IN PV SYSTEM	Mahmut Burak GÖZLÜ Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
		8	OFF-GRID SOLAR ENERGY SYSTEM DESIGN FOR A DETACHED HOUSE IN DİYARBAKIR	Esat ESER Prof.Dr.Sabir RÜSTEMLİ
		9	THE IMPORTANCE OF WIND ENERGY IN THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF MUŞ PROVINCE	Esat ESER Prof.Dr.Sabir RÜSTEMLİ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Öğr. Gör. Dr. ZÜMRÜT KURTULGU**	1	ON APPROXIMATE SOLUTIONS OF NONLINEAR FRACTIONAL DELAY DIFFERENTIAL EQUATIONS	Kerem Mert KARADAĞ Gül Gözde Biçer ŞARLAK Mustafa GÜLSU
		2	L-WEAKLY COMPACT OPERATORS ON BANACH LATTICES	Melis PATAR Prof. Dr. Ömer Gök
		3	THE USE OF LİDAR SYSTEMS İN DİSASTER CADASTRE	Öğr. Gör. Dr. ZÜMRÜT KURTULGU
		4	THE USE OF KRIGING INTERPOLATION METHODS IN LIDAR SYSTEMS	Öğr. Gör. Dr ZÜMRÜT KURTULGU
		5	VARİKOSEL HASTALIĞINI SINIFLANDIRMADA KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Öğr. Gör. Abdulvahap PINAR Dr. Öğr. Üyesi Fatma Hilal YAĞIN
		6	SAĞLIK ALANINDA KULLANILAN REGRESYON YAKLAŞIMLARI	Öğr. Gör. Abdulvahap PINAR Dr. Öğr. Üyesi Fatma Hilal YAĞIN
		7	ILLUMINATING THE NEUTRINO WORLD: DETECTION METHODS, EXPERIMENTS, AND FUTURE DIRECTIONS	Dr. MUSTAFA KANDEMIR
		8	PRODUCTION PLANNING FOR THE BEVERAGE SECTOR UNDER UNCERTAINTY: A FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH	ŞEYDA KARAHAN ORAK Prof. Dr. SELÇUK ALP
		9	RESONANT TUNNELING IN MULTI-PARABOLIC QUANTUM BARRIER STRUCTURES: A TRANSFER MATRIX APPROACH TO HIGH-SPEED DEVİCE DESİGN	Prof. Dr. Mehmet BATI Abdurrahman UKAN Aslı HATİPOĞLU

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Arş. Gör. Dr. COŞKAN SEVGİLİ**	1	EFFECTS OF MATERIAL CHANGE IN DISHWASHER SUMP REGION FILTERS ON WASHING PERFORMANCE	E&P Test Uzmanı, Onur TURHAN
		2	FARKLI AKIM YOĞUNLUKLARINDA ELEKTROKİMYASAL OLARAK ÇİNKO VE NİKEL KAPLANMIŞ OLAN ÇELİĞİN KLORÜR İÇEREN ÇÖZELTİLERDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ	Behçet Kağan BÖLÜK Prof. Dr. Sibel Zor
		3	CHARGE ESTIMATION OF LITHIUM-ION AND SUPERCAPACITOR HYBRID BATTERY MODELS BASED ON K-NEAREST NEIGHBOUR ALGORITHM	MUHAMMED İKBAL KAKECİ Prof. Dr. MEHMET ALİ ÖZÇELİK
		4	INVESTIGATION OF ENSEMBLE LEARNING ALGORITHMS FOR HEALTH PREDICTION İN A HYBRID SYSTEM İNTEGRATING LITHIUM-İON AND SUPERCAPACITORS	MUHAMMED IKBAL KAKECI Prof. Dr. MEHMET ALI ÖZÇELİK
		5	GEMİLERDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARININ ANALİZİ	Arş. Gör. Dr. COŞKAN SEVGİLİ
		6	DJI MAVİC 3M MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİ İLE EKİLİ ALANLARDA AÇIKLIK (STAND GAP) TESPİTİ VE ANALİZİ	Doç. Dr. YELİZ DURGUN Doç. Dr. MAHMUT DURGUN ARİF ENGİN ÇİNAR

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Öğretim Üyesi, NİLGÜN COŞKUN**	1	EMOTIONAL WELL-BEING IN THE FAMILY FROM THE PERSPECTIVE OF YOUNG ADULTS: A METASYNTHESIS STUDY	Büşra YURT Doç. Dr. Bilge Türkoğlu
		2	BİLİŞSEL ESNEKLİK VE PROBLEM ÇÖZME BECERİSİNİN AKADEMİK BAŞARIYA ETKİSİ	Psikolog, FAVVARA ANVARLİ Dr. Öğretim Üyesi, NİLGÜN COŞKUN
		3	THE RELATIONSHIP BETWEEN PERCEIVED PARENTAL ACCEPTANCE REJECTION AND SOCIAL ANXIETY SYMPTOMS: THE MEDIATING ROLE OF SELF-DIFFERENTIATION AND EMOTION REGULATION DIFFICULTIES	Yüksek Lisans Öğrencisi, Rümeysa Tosun Eroğlu Doç. Dr. Halime Şenay Güzel
		4	OBJECTIVE AND SUBJECTIVE PERSPECTIVES IN EARTHQUAKE PREPAREDNESS: A COMPARATIVE STUDY	HACER ALYA AKBOĞA HAZAN TİMUROĞLU Dr. Öğr. Üyesi MEHMET KARASU
		5	YETİŞKİN BİREYLERDE ÇEVRİMİÇİ ALIŞVERİŞ BAĞIMLILIĞI VE MENTAL İYİ OLUŞ	Doç. Dr., MUSTAFA PAMUK Yüksek Lisans Öğrencisi, ABDULSELAM GÜLŞEN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Razia Mohammadi**	1	EMOTIONAL INTELLIGENCE AS A PREDICTOR OF LEADERSHIP BEHAVIOR IN AZERBAIJANI YOUTH ORGANIZATIONS	Dr. Kamala Aliyeva Dr. Javid Guliyev Zaur Abbasov
		2	THE EFFECTS OF SOCIAL SUPPORT ON ACADEMIC STRESS AMONG AZERBAIJANI UNIVERSITY STUDENTS	Prof. Dr. Rashad Mammadov Assis. Prof. Dr. Nigar Babayeva
		3	PARENTING STYLES AND ADOLESCENT SELF-ESTEEM: A STUDY AMONG PAKISTANI FAMILIES	Prof. Dr. Naveed Ullah Khan Dr. Sadaf Khalid Assis. Prof. Dr. Irfan Ahmad
		4	CULTURAL FACTORS INFLUENCING MENTAL HEALTH HELP-SEEKING AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN PAKISTAN	Dr. Mariam Bukhari Farhan Ali
		5	BODY IMAGE PERCEPTION AND SOCIAL MEDIA USAGE AMONG EGYPTIAN TEENAGERS	Prof. Dr. Mona El-Shazly Dr. Nourhan Ahmed
		6	ANXIETY AND ACADEMIC PERFORMANCE IN MEDICAL STUDENTS: A CASE STUDY FROM EGYPT	Dr. Khaled Mostafa Assis. Prof. Dr. Salma Gamil Dr. Youssef Samir Maha Fawzi
		7	PTSD SYMPTOMS AMONG CHILDREN LIVING IN CONFLICT-AFFECTED REGIONS OF AFGHANISTAN	Dr. Faridullah Hakimi Assis. Prof. Dr. Laila Wahidi
		8	WOMEN'S MENTAL HEALTH AND ACCESS TO PSYCHOLOGICAL SERVICES IN AFGHAN UNIVERSITIES	Dr. Razia Mohammadi
		9	SOCIAL ANXIETY AND PEER RELATIONSHIPS IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS: A KABUL CASE STUDY	Dr. Mustafa Jan Fatima Sultani
		10	THE IMPACT OF DISPLACEMENT ON ADOLESCENT MENTAL WELL-BEING IN AFGHANISTAN	Prof. Dr. Abdul Qadir Shirzai Dr. Ahmad Latif Niloofar Saif Assis. Prof. Dr. Najibullah Faqiri Dr. Waheed Sultani

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Grace Wanjiru Dr. Samuel Mwangi**	1	POST-CONFLICT ADJUSTMENT AND DEPRESSION AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN KABUL	Assis. Prof. Dr. Nasir Ahmad Dr. Maryam Baryalai Sayed Jamal
		2	COMMUNITY-BASED MENTAL HEALTH INTERVENTIONS IN URBAN SLUMS: EXPERIENCES FROM NAIROBI	Prof. Dr. Grace Wanjiru Dr. Samuel Mwangi
		3	IMPACT OF ECONOMIC EMPOWERMENT PROGRAMS ON WOMEN'S WELL-BEING IN RURAL KENYA	Dr. Jane Anyango Assis. Prof. Dr. Michael Otieno Esther Mutua
		4	ELDER CARE POLICY DEVELOPMENT AND CHALLENGES IN RAPIDLY AGEING KOREAN SOCIETY	Prof. Dr. Min-ju Lee Dr. Ji-young Park
		5	THE ROLE OF SCHOOL SOCIAL WORKERS IN PROMOTING INCLUSION FOR MIGRANT CHILDREN IN SOUTH KOREA	Assis. Prof. Dr. Hyejin Kim Prof. Dr. Sang-wook Chang Seong-min Lee Soo-yeon Choi
		6	SOCIAL ENTERPRISE AND POVERTY REDUCTION STRATEGIES IN BANGLADESH: A CASE STUDY ANALYSIS	Dr. Mohammad Hasan Tahmina Sultana Assis. Prof. Dr. Rezaul Karim
		7	CHILD PROTECTION SYSTEMS AND MULTIDISCIPLINARY SOCIAL SERVICE COLLABORATION IN BANGLADESH	Assis. Prof. Dr. Mizanur Rahman Prof. Dr. Nusrat Jahan Shahida Akter
		8	THE IMPACT OF VOLUNTEER PROGRAMS ON YOUTH EMPOWERMENT IN URBAN THAILAND	Assoc. Prof. Dr. Nattapong Siriphan Dr. Suchada Chaiyapa Samorn Phonchai
		9	ENHANCING ELDERLY WELL-BEING THROUGH INTERGENERATIONAL SOCIAL PROGRAMS IN THAILAND	Assis. Prof. Dr. Wilawan Damrongkit Dr. Thira Suwan Pimchanok Yimyai Dr. Kanya Apiwattanapong

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Mamadou Diop**	1	THE IMPACT OF LANGUAGE POLICY ON BILINGUAL EDUCATION IN ALGERIAN PRIMARY SCHOOLS	Prof. Dr. Samira Bensalah Dr. Khaled Lounis
		2	INTEGRATING DIGITAL TECHNOLOGY IN TEACHER EDUCATION PROGRAMS IN ALGERIA	Dr. Laila Bouziane Assoc. Prof. Dr. Mounir Benkhaled Assis. Prof. Dr. Rabah Hadjiri
		3	ADDRESSING EDUCATIONAL INEQUALITY IN WAR-AFFECTED REGIONS OF SYRIA	Dr. Ahmad Al-Sabbagh Rania Ibrahim
		4	CURRICULUM REFORM FOR CRITICAL THINKING IN SYRIAN SECONDARY SCHOOLS	Assoc. Prof. Dr. Hala Doumani Yousef Jarrah Assis. Prof. Dr. Basma Atassi Dr. Nada Suleiman
		5	CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN IMPLEMENTING INCLUSIVE EDUCATION IN SENEGALESE PRIMARY SCHOOLS	Prof. Dr. Mamadou Diop Assis. Prof. Dr. Fatou Bâ Dr. Amadou Sarr
		6	MULTILINGUALISM AND LANGUAGE USE IN URBAN SENEGALESE CLASSROOMS	Dr. Mariama Ndiaye Assoc. Prof. Dr. Ismaila Sarr
		7	THE ROLE OF PROJECT-BASED LEARNING IN PROMOTING SCIENTIFIC LITERACY IN AZERBAIJANI HIGH SCHOOLS	Assoc. Prof. Dr. Nargiz Ismayilova Ilgar Mammadov Dr. Aysel Allahverdiyeva
		8	IMPACT OF INTERNATIONAL EXCHANGE PROGRAMS ON STUDENT INTERCULTURAL COMPETENCE IN AZERBAIJAN	Dr. Lala Huseynova Samir Askerov
		9	THE IMPACT OF LANGUAGE POLICY ON BILINGUAL EDUCATION IN ALGERIAN PRIMARY SCHOOLS	Prof. Dr. Samira Bensalah Dr. Khaled Lounis

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Rena Aliyeva**	1	INNOVATION MANAGEMENT PRACTICES IN AZERBAIJANI FAMILY-OWNED ENTERPRISES	Prof. Dr. Vugar Huseynov Dr. Aygun Guliyeva
		2	THE IMPACT OF E-GOVERNMENT INITIATIVES ON ENTREPRENEURIAL DEVELOPMENT IN AZERBAIJAN	Assoc. Prof. Dr. Rena Aliyeva
		3	CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND SUSTAINABILITY REPORTING IN LEADING BANGLADESHI TEXTILE FIRMS	Prof. Dr. Mohammad Rahman Dr. Yasmin Haque Assis. Prof. Dr. Kamal Roy
		4	ENTREPRENEURIAL EDUCATION INITIATIVES IN BANGLADESHI UNIVERSITIES: OUTCOMES AND FUTURE DIRECTIONS	Dr. Tania Akter Assis. Prof. Dr. Ziaur Rahman
		5	DIGITAL MARKETING ADOPTION AMONG SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN MALAYSIA: DRIVERS AND CHALLENGES	Prof. Dr. Azman Hashim Dr. Siti Aisyah Yusoff Assis. Prof. Dr. Lim Wei Ming
		6	SUPPLY CHAIN RESILIENCE AND RISK MANAGEMENT IN THE MALAYSIAN AUTOMOTIVE SECTOR	Dr. Nurul Huda Prof. Dr. Fahmi Ismail
		7	HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PRACTICES AND EMPLOYEE ENGAGEMENT IN SKOPJE'S ICT INDUSTRY	Assoc. Prof. Dr. Nikola Popovski Ivana Stojanovska
		8	INFLUENCE OF INTERNATIONAL BUSINESS EDUCATION PROGRAMS ON ENTREPRENEURSHIP INTENTIONS IN SKOPJE	Prof. Dr. Aleksandar Petreski Marija Dimitrovska Goran Jovanovic
		9	CORPORATE GOVERNANCE AND THE PERFORMANCE OF FAMILY BUSINESSES IN SKOPJE	Dr. Daniela Ilievska

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assis. Prof. Dr. Mahmoud El-Gohary**	1	IMPACT OF MICROFINANCE INITIATIVES ON WOMEN ENTREPRENEURS IN RURAL PAKISTAN	Dr. Ayesha Qureshi Prof. Dr. Imran Siddiqui
		2	EXAMINING THE ROLE OF REMITTANCES IN ECONOMIC GROWTH AND HOUSEHOLD WELFARE IN PAKISTAN	Assis. Prof. Dr. Zeeshan Khalid Saira Noor Dr. Tariq Hanif
		3	TRADE LIBERALIZATION AND ITS IMPACT ON THE MANUFACTURING SECTOR IN MOROCCO	Prof. Dr. Samira El Ghazali Ahmed Ben Amar
		4	THE DYNAMICS OF AGRICULTURAL VALUE CHAINS AND RURAL LIVELIHOODS IN MOROCCO	Assis. Prof. Dr. Youssef Chafik Nora Belkadi
		5	THE IMPACT OF OIL PRICE FLUCTUATIONS ON NIGERIA'S MACROECONOMIC STABILITY	Prof. Dr. Nneka Ezeh Dr. Musa Adedayo Dr. Aisha Bello Kelechi Nwosu
		6	ENTREPRENEURSHIP AND SMALL ENTERPRISE DEVELOPMENT IN NIGERIA: POLICY CHALLENGES AND SUCCESS STORIES	Dr. Chinedu Okafor Dr. Joy Onwumere
		7	EXPLORING THE ROLE OF FINANCIAL INCLUSION IN ALLEVIATING POVERTY IN EGYPT	Prof. Dr. Mona Hassan Dr. Ahmed Fathy Rania Mokhtar
		8	THE EFFECT OF EDUCATION EXPENDITURE ON LONG-TERM ECONOMIC GROWTH IN EGYPT	Assis. Prof. Dr. Mahmoud El-Gohary Dr. Sara Abdallah
		9		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
29 Kasım / Nov 29, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Jeremiah Okon**	1	GOVERNANCE REFORMS AND PUBLIC SECTOR ACCOUNTABILITY IN PAKISTAN	Imran Ali Dr. Natasha Awan
		2	CITIZEN PARTICIPATION IN LOCAL GOVERNANCE: POLICY IMPACTS AND CHALLENGES IN URBAN PAKISTAN	Dr. Saima Shafiq Assis. Prof. Dr. Usman Rashid Adeel Malik
		3	EVALUATING E-GOVERNMENT INITIATIVES IN MOROCCO: SUCCESSES AND CHALLENGES	Dr. Amina El-Mansouri Prof. Dr. Youssef Belkacem
		4	SOCIAL POLICY INNOVATIONS FOR YOUTH EMPOWERMENT IN MOROCCAN CITIES	Dr. Hicham Bouzidi
		5	THE IMPACT OF PUBLIC HEALTH POLICY ON RURAL HEALTHCARE DELIVERY IN NIGERIA	Prof. Dr. Bola Akinyemi Assis. Prof. Dr. Chinedu Nwankwo Dr. Florence Uche
		6	ENHANCING TRANSPARENCY AND REDUCING CORRUPTION IN NIGERIA'S PUBLIC PROCUREMENT SYSTEM	Dr. Jeremiah Okon
		7	EDUCATIONAL POLICY EVOLUTION AND TEACHER PROFESSIONALISM IN EGYPTIAN PUBLIC SCHOOLS	Prof. Dr. Mahmoud El-Sayed Dr. Aya Mostafa Assis. Prof. Dr. Rania Zaki Dr. Hossam Eldin Taha
		8	REIMAGINING CITIZEN-CENTERED ADMINISTRATIVE PROCESSES IN EGYPTIAN LOCAL GOVERNANCE	Dr. Nourhan Abdalla Prof. Dr. Musa Abouzeid
		9		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Öğr. Gör. Sezai ÖZEL**	1	TÜRKİYE'DE OKUL ZORBALIĞININ BELİRLEYİCİLERİ: SINIFLANDIRMA VE REGRESYON AĞACI (CRT) ANALİZİ İLE KAPSAMLI BİR İNCELEME	Doç. Dr. Fulya BARIŞ PEKMEZCİ
		2	TÜRKİYE'DE ÖĞRENCİLERİN AİLE DESTEĞİ ALGISININ BELİRLEYİCİLERİ: SINIFLANDIRMA VE REGRESYON AĞACI (CRT) ANALİZİ	Doç. Dr. Fulya BARIŞ PEKMEZCİ
		3	BIBLIOGRAPHY ANALYSIS OF THESIS WRITTEN IN ARABIC TEACHING IN TURKEY BETWEEN 2020 AND 2024	Arapça öğretmeni , Özcan KILIÇ
		4	"ADINI BEN VERDİM, YAŞINI ALLAH VERSİN!": ÖĞRETMEN ADAYLARININ İSİM HİKÂYELERİ	Lisans Öğrencisi SEHER YALÇIN Lisans Öğrencisi PINAR DURMUŞ Doç. Dr. ÖMER KEMİKSİZ
		5	THE LEVEL OF 5TH GRADE STUDENTS' ASSOCIATION OF KNOWLEDGE LEARNED IN THE 'MATTER AND CHANGE' UNIT WITH DAILY LIFE	Student, Tuğba DEDE ER Prof. Dr. UĞUR SARI
		6	SCIENCE QUESTIONS FROM THE PERSPECTIVE OF COGNITIVE PROCESSES AND KNOWLEDGE DIMENSIONS: 2025 LGS REVIEW	Yüksek Lisans Öğrencisi, BEGÜM ŞAHİN Prof. Dr., SEVİLAY KARAMUSTAFAOĞLU
		7	SCIENCE LEARNING OUTCOMES FOR THE UNIT "OUR NEIGHBORS IN THE SKY AND US" IN THE SCIENCE COURSE ANALYSIS OF AND PROCESS COMPONENTS ACCORDING TO THE SOLO TAXONOMY	Yüksek Lisans Öğrencisi, BEGÜM ŞAHİN Prof. Dr., SEVİLAY KARAMUSTAFAOĞLU
		8	GLOBAL TRENDS IN TEACHER AGENCY RESEARCH: A BIBLIOMETRIC STUDY OF PEER-REVIEWED ARTICLES (1992–2024)	Öğr. Gör. Sezai ÖZEL Doç. Dr. Muhammed ZİNCİRLİ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Doç.Dr. YASEMİN BOZKURT**	1	FROM THE ARISTOCRATIC FAMILIES OF ANCIENT GREECE TO THE OEDIPAL CONFLICT: AN ANALYSIS OF THE SERIES SUCCESSION (2018)	Arş. Gör. Sezin DOĞAN
		2	SANAL ETKİLEYİCİLERİN REKLAMCILIK LİTERATÜRÜNDEKİ DURUM TESPİTİ: SCOPUS TABANLI BİBLİYOMETRİK ANALİZİ	Doç.Dr. YASEMİN BOZKURT
		3	ANALYSIS OF ETHICAL AND MORAL STANCE IN ADVERTISEMENTS: VALUE CONSUMPTION IN THE EXAMPLE OF AKAGI NYUGYO ADVERTISING FILM	Dr., SİBEL DEMİR
		4	AGE DISCRIMINATION IN NEW MEDIA: THE EXAMPLE OF EKŞİ SÖZLÜK	Dr., SİBEL DEMİR
		5	MASALLARIN ÖĞRETİMİNDE BLOOM TAKSONOMİSİNİN KULLANIMI: YABANCILARA TÜRKÇE ÖĞRETİMİ VE SOMUT OLMAYAN KÜLTÜREL MİRAS TEMELLİ BİR MODEL	Dr. Samet Doykun

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY**	1	DIVRIĞI ULU MOSQUE AND DARÜŞŞIFA ACCORDING TO VISITOR EXPERIENCES: A QUALITATIVE CONTENT ANALYSIS BASED ON TRIPADVISOR REVIEWS	Dr. Öğretim Üyesi Rabia BÖLÜKBAŞ Doç. Dr. Gizem Sultan KAMAN Prof. Dr. İrfan YAZICIOĞLU
		2	THE EFFECT OF FOOD NEOPHOBIA IN GASTRONOMIC TOURISM	Prof. Dr. İrfan YAZICIOĞLU Dr. Öğretim Üyesi Rabia BÖLÜKBAŞ Dr. Öğretim Üyesi Gizem Sultan KAMAN
		3	RELIGION AND SOVIET AUTHORITY IN KAZAKHSTAN: A STRUGGLE IN THE 1920S–1980S	Aizada Yestay Prof. Dr. İhsan Arslan
		4	ECONOMIC REFLECTIONS OF TRAVELS: SUSTAINABILITY PERSPECTIVES OF IBN BATTUTA AND MARCO POLO	Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
		5	WOMEN'S ECONOMICS IN EVLIYA ÇELEBI'S TRAVELOGUE: SOCIAL ROLES AND ECONOMIC CONTRIBUTIONS	Dr. Öğretim Üyesi Zeynep GÜNAY
		6	THE SIGNIFICANCE OF MIRZA BALA MAMMADZADEH'S SOCIO-POLITICAL AND PUBLICISTIC ACTIVITY IN THE STUDY OF TWENTIETH-CENTURY AZERBAIJANI HISTORY AND THE STRUGGLE FOR INDEPENDENCE	Saida Mehraliyeva
		7	DIPLOMATIC ACTIVITIES AND GEOPOLITICAL AIMS OF RUSSIAN CONSULATES İN THE VAN PROVINCE OF THE OTTOMAN EMPIRE (FROM THE MID-19TH CENTURY TO THE EARLY 20TH CENTURY)	Dr. Özlem KARAPINAR GÖK
		8	THE ORIENTATION OF KAZAN TURKS TOWARDS ANATOLIA UNDER THE PRESSURE OF THE HOMELAND AND TWO MAJOR WAVES OF MIGRATION	Dr. Özlem KARAPINAR GÖK

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Doç. Dr. Ulvi SANDALCI**	1	THE NEW FRONT OF GEOPOLITICAL COMPETITION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BELT AND ROAD INITIATIVE (BRI) AND THE INDIA-MIDDLE EAST-EUROPE CORRIDOR (IMEC)	Tarık ÇÖKMEZ
		2	TÜRKİYE'DE ENFLASYON VE BEKLENTİLER ARASINDAKİ İLİŞKİ ÜZERİNE AMPİRİK BİR ANALİZ (2015–2025)	Prof. Dr. TANER AKÇACI Ar. Gör. OKAN GÜLEÇ
		3	THE EFFECT OF UNEMPLOYMENT AND INFLATION ON LIFE EXPECTANCY: AN ECONOMETRIC ANALYSIS	Dr. Öğr. Üyesi, Dilek ATILGAN
		4	AZERBAYCAN VE TÜRKİYE ARASINDAKİ ENERJİ İŞ BİRLİĞİ: TARİHSEL GELİŞİM VE EKONOMİK ETKİLER	Yüksek Lisans Öğrencisi, TARLAN MALİKOV Prof. Dr. ABDULLAH MESUD KÜÇÜKKALAY
		5	EXPORT PERFORMANCE AND GLOBAL COMPETİTİVENESS OF TÜRKİYE'S AUTOMOTİVE SECTOR	Dr. Ferdi Akpiliç
		6	KALKINMA AJANSLARININ BÖLGESEL KALKINMA AÇISINDAN ÖNEMİ; DOKAP ÖRNEĞİ	Prof. Dr. ZEYNEP KARAÇOR FETHİYE SÜMBÜL Prof. Dr. BURCU GÜVENEK
		7	REFLECTIONS OF GENDER INEQUALITY ON CONSUMPTION: PINK TAX	Doç. Dr. İnci SANDALCI Doç. Dr. Ulvi SANDALCI
		8	A STUDY ON THE SUSTAINABILITY OF BORROWING AS A TYPE OF PUBLIC REVENUE	Doç. Dr. Ulvi SANDALCI
		9	FİNANSAL RİSK GÖSTERGELERİNİN BORSA İSTANBUL ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	Dr. Öğr. Üyesi, Çiğdem YERLİ
		10	BİST BANKACILIK ENDEKSİNİN SAKLI MARKOV ZİNCİRİ İLE TAHMİNİ	Dr. Öğr. Üyesi, Çiğdem YERLİ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Abidin Şahinoğlu**	1	DİŞLİ ÇARK TASARIM PARAMETRELERİNİ DİŞ DİBİ GERİLMELERİNE OLAN ETKİLERİNİN İSTATİSKİ OLARAK İNCELENMESİ	Makine Mühendisi, Abdurrahman AYDOĞAN Doç. Dr. Oğuz DOĞAN
		2	ATOMISTIC INSIGHTS INTO HIGH ENTROPY ALLOYS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF MOLECULAR DYNAMICS SIMULATIONS	Assistant Professor Güldane ATEŞOĞLU Assistant Professor Tuğçe YILDIZ Prof. Dr. İsmail ESEN
		3	MOLECULAR DYNAMICS INVESTIGATION OF TENSILE BEHAVIOR AND PHASE TRANSITION MECHANISMS IN $Fe_{40}NiCrCoCu$ HIGH-ENTROPY ALLOY	Assistant Professor Tuğçe YILDIZ Assistant Professor Güldane ATEŞOĞLU Prof. Dr. İsmail ESEN
		4	ADVANCES IN FRICTION STIR SPOT WELDING (FSSW) OF POLYAMIDE-6 (PA6): PROCESS PARAMETERS, JOINT QUALITY AND FAILURE BEHAVIOR	Dr. Öğr. Üyesi Emre KAYGUSUZ
		5	RECENT ADVANCES İN FRİCTİON STİR SPOT WELDİNG OF POLYPROPYLENE (PP) SHEETS	Dr. Öğr. Üyesi Emre KAYGUSUZ
		6	BEST PRACTICES FOR GENERATING FINITE ELEMENT MESHES FROM IMPLICIT BODIES IN NTOP	Res. Asst., AHMET DAYANÇ Prof. Dr., İSMET ÇELİK
		7	REUSABLE AUTOMATION TEMPLATES FOR SPECIMEN IDENTIFICATION IN ADDITIVE MANUFACTURING DESIGN OF EXPERIMENTS	Res. Asst., AHMET DAYANÇ Prof. Dr., İSMET ÇELİK
		8	INVESTIGATION OF CUTTING PARAMETERS, TEMPERATURE, SURFACE ROUGHNESS, AND ENERGY CONSUMPTION IN AISI 304 STEEL FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MANUFACTURING	Assoc. Prof. Dr. Abidin Şahinoğlu

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Doç. Dr. Salim Sercan SARI**	1	İKTİSADİ ve İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNDE AKADEMİK BENLİKTEN DİJİTAL FİNANSAL DAVRANIŞA BİR ALAN ARAŞTIRMASI	Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Sabri ŞİRİN Doç. Dr. Salim Sercan SARI
		2	AN ANALYSIS OF THE SOCIAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS OF COMPANIES IN THE ELECTRICITY INDUSTRY	Doç. Dr. Oğuz Yusuf ATASEL Doç. Dr. Nevzat GÜNGÖR Doç. Dr. Yasin ŞEKER
		3	AN ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS OF COMPANIES IN THE IRON-STEEL INDUSTRY	Doç. Dr. Yasin ŞEKER Doç. Dr. Oğuz Yusuf ATASEL Doç. Dr. Nevzat GÜNGÖR
		4	AN EVALUATION of THE DISCOURAGED LABOUR FORCE PHENOMENON FROM A GENDER-BASED PERSPECTIVE	Öğr. Gör. Yağmur AKARSU
		5	ANALYSIS OF EMPLOYMENT BY REGION IN TURKEY IN TERMS OF GENDER AND WORKING TYPES	Öğr. Gör. Yağmur AKARSU
		6	EFFECT OF VIRTUAL REALITY–SUPPORTED ORIENTEERING TRAINING ON THE COGNITIVE AND SOCIAL SKILLS OF EMPLOYEES IN THE CERAMICS INDUSTRY	L. Öğrenci, Zeynep Şüheda TARIKUT L. Öğrenci, Ayla AYDIN L. Öğrenci, Muhammed Emin CANTÜRK Dr. Öğrenci, Figen ÇOŞKUN Yl. Öğrenci, Yahya DOĞAN Doç. Dr. Oya ERENOĞLU

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Tamar Zurabishvili Assis. Prof. Dr. Giorgi Beridze**	1	FINANCIAL INCLUSION AND MICROFINANCE IMPACT ON RURAL ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT IN GEORGIA	Prof. Dr. Tamar Zurabishvili Assis. Prof. Dr. Giorgi Beridze
		2	REGIONAL TRADE INTEGRATION STRATEGIES AND ECONOMIC GROWTH IN THE SOUTH CAUCASUS	Dr. Nino Gvaramadze Levan Sepashvili Mariam Kipiani
		3	THE ROLE OF UNIVERSITIES IN PROMOTING ENTREPRENEURIAL SKILLS AMONG MOROCCAN YOUTH	Prof. Dr. Laila Benyahia Dr. Youssef El Khatib
		4	ASSESSING THE DETERMINANTS OF INFORMAL SECTOR EMPLOYMENT IN MOROCCO'S URBAN CENTERS	Dr. Samira Amine
		5	IMPACT OF OIL PRICE VOLATILITY ON FISCAL STABILITY AND DEVELOPMENT IN NIGERIA	Assoc. Prof. Dr. Ibrahim Musa Dr. Chinedu Okafor Blessing Adebayo
		6	AGRICULTURAL PRODUCTIVITY, RURAL POVERTY, AND TECHNOLOGICAL ADOPTION IN NIGERIA	Dr. Ngozi Umeh Assis. Prof. Dr. Emeka Njoku Adesua Oladele Prof. Dr. Funmi Ajayi
		7	REVITALIZING THE MANUFACTURING SECTOR THROUGH INNOVATION POLICIES IN TAIWAN	Prof. Dr. Mei-Chun Lin Dr. Yu-Ting Huang Assis. Prof. Dr. Chun-Wei Chen
		8	FINTECH DEVELOPMENT AND FINANCIAL LITERACY AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN TAIWAN	Dr. Yen-Wen Lee Assis. Prof. Dr. Po-Ching Lin Min-Hua Tseng
		9		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assis. Prof. Dr. Hicham Boutaleb**	1	CONSTITUTIONAL DEVELOPMENTS AND THE RULE OF LAW IN CONTEMPORARY GEORGIA	Prof. Dr. Levan Metreveli Dr. Tamar Mamuladze
		2	PROTECTION OF MINORITY RIGHTS IN THE GEORGIAN LEGAL SYSTEM	Dr. Nino Chikhladze Ekaterine Kartvelishvili Giorgi Lomidze
		3	JUDICIAL INDEPENDENCE AND GOVERNANCE IN THE MOROCCAN LEGAL SYSTEM	Prof. Dr. Samira Benmansour Dr. Rachid Amrani
		4	LEGAL RESPONSES TO ENVIRONMENTAL CHALLENGES IN MOROCCO: POLICY, LITIGATION, AND ENFORCEMENT	Assis. Prof. Dr. Hicham Boutaleb Mohammed Ait El Caid
		5	ANTI-CORRUPTION LEGISLATION AND THE CHALLENGES OF ENFORCEMENT IN NIGERIA	Prof. Dr. Chinedu Oguejiofor Uche Okeke Dr. Emeka Ike
		6	LEGAL EDUCATION REFORM AND PROFESSIONAL ETHICS IN NIGERIAN LAW SCHOOLS	Dr. Nnenna Umeh Assis. Prof. Dr. Ibrahim Musa
		7	INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS AND INNOVATION IN TAIWAN: POLICY, PRACTICE, AND COMPLIANCE	Prof. Dr. Mei-Hua Lin Dr. Chien-Li Chang Yun-Ju Hsu
		8	JUDICIAL REVIEW AND ITS INFLUENCE ON CONSTITUTIONAL DEMOCRACY IN TAIWAN	Assoc. Prof. Dr. Chih-Ping Lin Dr. Wen-Ling Lin Tzu-Yun Chen
		9	THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL JUSTICE LAW IN TAIWAN: CHALLENGES AND FUTURE DIRECTIONS	Dr. Shu-Han Chen Wen-Chen Hsiu Assis. Prof. Dr. Lily Kuo

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Tabitha Mwangi**	1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ENABLED ADAPTIVE LEARNING ENVIRONMENTS IN SINGAPORE UNIVERSITIES	Prof. Dr. Clarissa Tan Dr. Haoran Lim
		2	USING AI FOR INCLUSIVE PEDAGOGY: OPPORTUNITIES AND BARRIERS IN SINGAPORE	Assoc. Prof. Dr. Mei Chan
		3	AI-POWERED LEARNING ANALYTICS FOR STUDENT RETENTION IN AFRICAN UNIVERSITIES	Dr. Michael Abiola Prof. Dr. Abena Mensah Samuel Badu
		4	ADDRESSING DIGITAL DIVIDES: AI-ENABLED EDUCATION INTEGRATION IN RURAL AFRICAN SCHOOLS	Prof. Dr. Tabitha Mwangi
		5	AI-ASSISTED ASSESSMENT AND FEEDBACK SYSTEMS IN DUBAI HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	Dr. Sarah Al Maeeni Assis. Prof. Dr. Hassan Farooq Maryam Al Marri
		6	EMPOWERING TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT THROUGH AI INTEGRATION IN DUBAI SCHOOLS	Prof. Dr. Nahla Hussein
		7	AI-INFUSED CURRICULUM DEVELOPMENT IN HIGHER EDUCATION: THE CASE OF TOGO	Dr. Kossi Ayité Prof. Dr. Mawuli Gbadoe
			AI-BASED LANGUAGE LEARNING APPLICATIONS FOR FRANCOPHONE STUDENTS IN TOGO	Assis. Prof. Dr. Afi Kouassi Dr. Jean Kodjo Yawovi Mensah Kwami Yawovi
		8	AI FOR EDUCATIONAL ADMINISTRATION AND DATA-DRIVEN DECISION MAKING IN TOGOLESE SCHOOLS	Assis. Prof. Dr. Komi Lawson

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Wang Jian**	1	FUNCTIONALIZATION OF CARBON NANOTUBES FOR TARGETED DRUG DELIVERY SYSTEMS	Dr. Bakytbek Mamatov Meerim Zhumabaeva Almazbek Ashymov
		2	ADVANCED HEXAGONAL BORON NITRIDE NANOMATERIALS FOR THERMAL MANAGEMENT IN ELECTRONICS	Prof. Dr. Nursultan Sadykov Dr. Aida Abdykadyrova
		3	GRAPHENE-BASED NANOCOMPOSITES FOR ENERGY STORAGE APPLICATIONS IN PHOTOVOLTAIC DEVICES	Prof. Dr. Yasmin Khalil Dr. Samiya Salameh Nael Banat
		4	IRON OXIDE NANOPARTICLE SYNTHESIS FOR MRI CONTRAST ENHANCEMENT AND DIAGNOSTICS	Dr. Lina Qaddumi Assis. Prof. Dr. Mohammad Mustafa
		5	SILICON NANOWIRES SYNTHESIS FOR NEXT-GENERATION BIOSENSOR PLATFORMS	Assoc. Prof. Dr. Wang Jian Dr. Clara Lim Wei Chen Xin Li
		6	TUNABLE PLASMONIC PROPERTIES OF GOLD NANOPARTICLES FOR CANCER PHOTOTHERMAL THERAPY	Prof. Dr. Siti Mariam Rahmat Dr. Muhammad Arif
		7	METAL-OXIDE NANOSTRUCTURES FOR HIGH-PERFORMANCE GAS SENSORS IN ENVIRONMENTAL MONITORING	Dr. Amna Al-Nasseri Assoc. Prof. Dr. Mohammed Al-Khalili Zainab Al-Lawati
		8	POLYSACCHARIDE-BASED NANOCARRIERS FOR CONTROLLED MEDICATION DELIVERY IN OMANI HEALTHCARE	Prof. Dr. Fatma Al-Khusaibi Noor Al-Maawali Yusuf Al-Shibli Dr. Amal Al-Amri
		9	SELF-ASSEMBLED SUPRAMOLECULAR NANOFIBERS FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS	Dr. Luc Moreau Assis. Prof. Dr. Emilie Dubois Louis Laurent
		10	DESIGN AND APPLICATION OF MESOPOROUS SILICA NANOPARTICLES FOR CANCER DIAGNOSIS AND THERAPY	Prof. Dr. Claire Dubois Dr. Sophie Lefevre Emilie Rousseau

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assis. Prof. Dr. Maha Al-Rashdi**	1	MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND SOCIOECONOMIC BARRIERS AMONG WOMEN IN RURAL KYRGYZSTAN	Prof. Dr. Meerim Aitmatova Dr. Bakytgul Uulu
		2	PERCEPTIONS AND PRACTICES OF ANTENATAL NUTRITION AMONG PREGNANT WOMEN IN BISHKEK	Dr. Nurgul Isaeva Zamira Sadykova Gulzat Sultanalieva
		3	PSYCHOSOCIAL STRESSORS AND COPING STRATEGIES AMONG PREGNANT WOMEN IN THE WEST BANK	Assoc. Prof. Dr. Lina Barghouti Dr. Hala Najjar
		4	BARRIERS TO ADEQUATE PRENATAL CARE IN GAZA: PERSPECTIVES OF WOMEN AND HEALTH PROVIDERS	Dr. Abeer Khalil Mohammed Saleh Ayah Abu Seir
		5	IMPACT OF WOMEN'S EDUCATION ON MATERNAL AND INFANT HEALTH OUTCOMES IN SINGAPORE	Dr. Cheryl Tan Liew Wei Ling Prof. Dr. Siti Rahimah Dr. Jasmine Goh
		6	CULTURAL INFLUENCES ON CONTRACEPTIVE USE DECISIONS AMONG SINGAPOREAN WOMEN	Assoc. Prof. Dr. Sharon Lee Samantha Tan
		7	PREGNANCY-RELATED HEALTH LITERACY AND OUTCOMES IN OMANI WOMEN	Assis. Prof. Dr. Maha Al-Rashdi
		8	SOCIAL SUPPORT NETWORKS AND MATERNAL WELL-BEING DURING PREGNANCY IN OMAN	Assis. Prof. Dr. Abdullah Al-Balushi Dr. Salima Al-Yahyaei Huda Al-Shukaili

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. CANAN NAKİBOĞLU**	1	ETKİLEŞİMLİ KONUŞMA ÖLÇEĞİNİN GEÇERLİK VE GÜVENİRLİK ÇALIŞMASI	Doç. Dr. Aysun EROĞLU
		2	TÜRKÇE ÖĞRETMENİ ADAYLARININ YARATICILIK KAVRAMINA İLİŞKİN METAFORİK ALGILARI	Doç. Dr. Aysun EROĞLU
		3	INTEGRATING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS INTO LANGUAGE TEACHING: PRACTICAL STRATEGIES AND RECOMMENDATIONS	Zelal ÇOBAN Ass. Prof. Dr, Batuhan SELVİ
		4	THE PRESENCE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN THE NEW ENGLISH CURRICULUM IN TÜRKİYE: A CONTENT ANALYSIS	Zelal ÇOBAN Ass. Prof. Dr, Batuhan SELVİ
		5	6. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN ADİDAKTİK BİR ORTAMDA HACİM KAVRAMINI KEŞFETME SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ	Selinay BAYRAKTAR, Beyza Yaren DERİN Dr. Öğr. Üyesi Selcen Çalık UZUN
		6	ERKEN ÇOCUKLUKTA RİSK ALMA DAVRANIŞI	CELİL YILDIRIM Dr. Öğr. Üyesi GAMZE BİLİR SEYHAN
		7	USE OF PUZZLES IN SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY CLASSES: DIGITAL PLATFORMS AND PUZZLE EXAMPLES	Prof. Dr. CANAN NAKİBOĞLU
		8	PRE-SERVICE CHEMISTRY TEACHERS' PRIOR KNOWLEDGE REGARDING VISUAL AND LIGHT POLLUTION	Prof. Dr. CANAN NAKİBOĞLU Prof. Dr. NURİ NAKİBOĞLU

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Doç. Dr. Filiz ÖZKAN**	1	TOBACCO ADDICTION AND NURSING APPROACHES	Doç. Dr., Mahmut EVLİ
		2	ALCOHOL USE DISORDER AND NURSING APPROACHES	Doç. Dr., Mahmut EVLİ
		3	EMOTIONAL LABOR IN MIDWIFERY	Assist. Prof. Dr. Gizem ÇITAK Lecturer Serpil TOKER
		4	PERINATAL PALLIATIVE CARE	Assist. Prof. Dr. Gizem ÇITAK Lecturer Serpil TOKER
		5	EFFECTS OF ERGONOMIC RISK FACTORS ON PRE-HOSPITAL EMERGENCY HEALTH WORKERS	Postgraduate Student, AYHAN KISA Assistant Professor, AYŞİN AŞKIN
		6	TÜRKİYE'DE GELİŞİMSEL TARAMALAR VE ENGELLİ ÇOCUĞUN TESPİTİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ	Doç. Dr. Filiz ÖZKAN
		7	DEĞİŞEN DÜNYA VE TEKNOLOJİ PERSPEKTİFİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ	Doç. Dr. Filiz ÖZKAN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK**	1	PHYTOCHEMICAL CONSTITUENTS AND THERAPEUTIC VALUES IN SCORZONERA SPECIES	Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK
		2	BAZI DTP TÜREVLERİNDE Π-KÖPRÜ SEÇİMİNİN TADF MEKANİZMASINA ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÖZTÜRK Öğr. Gör. Dr. Yasemin KEŞKEK KARABULUT Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN
		3	FARKLI Π-KÖPRÜ SEÇİMİYLE TASARLANMIŞ BAZI DTP TÜREVLERİNİN MOLEKÜLER KENETLEME YÖNTEMİ İLE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI	Dr. Yasemin KEŞKEK KARABULUT Öğr. Gör. Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÖZTÜRK Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN
		4	KOMPOSTLAMA SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL RİSKLER: KÜRESEL HARİTALAMA ANALİZİ	Dr. Kemal SÜLÜK Dr. Fevzi ŞEVİK
		5	KOMPOSTLAŞTIRMA İŞLEMİNDE SERBEST HAVA BOŞLUĞUNUN ÖNEMİ	Dr. FEVZİ ŞEVİK Dr. KEMAL SÜLÜK
		6	SUMAK (RHUS CORİARİA) POLİFENOLLERİN ENTEROCOCCUS FAECALİS İLE ETKİLEŞİMLERİNİN İN-SİLİKO DEĞERLENDİRİLMESİ	Neslihan TOPTAŞ Doç.Dr.İbrahim ARMAN Prof.Dr.Zehra SAFİ ÖZ Arş. Gör. Dr. Aycan ÇELİK
		7	IN SILICO COMPARATIVE ANALYSIS OF AGARICUS BISPORUS AND PRIESTIA MEGATERIUM TYROSINAS ENZYMES	Yonca YAMANER Doç. Dr. İbrahim ARMAN
		8	DEVELOPMENT OF ANTİMİCROBİAL MEDİCAL TEXTİLES CONTAİNİNG CARVACROL	M.Sinem Kıral Dr.Arzu Erol Afatoğlu

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Hicran ÇEBİÇ**	1	SOME CONCEPTS RELATED TO HIKMAH (WISDOM) IN USUL AL-FIQH	Hicran ÇEBİÇ
		2	COSMIC CREATION IN CLASSICAL AND CONTEMPORARY TAFSĪR: A COMPARATIVE STUDY OF QUR'ANIC VERSES AL-ANBIYĀʾ 30 AND FUṢṢILAT 11	Yüksek Lisans Öğrencisi Saliha Yanıkoğlu Doç. Dr. Harun ŞAHİN
		3	IBN TAYMIYYAH'S COMMENTS ON HYPOCRITES IN THE CONTEXT OF SURAH AL-BAQARAH VERSES 8-16	Doç. Dr. Hacı ÇİÇEK
		4	COMMENTARIES OF THE COMMENTATORS ON THE VERSES REFERRING TO PERSONIFICATION IN THE QUR'AN	Doç. Dr. Hacı Çiçek
		5	YENİLMESİ SÜNNETLE HELAL KILINAN BİR AV HAYVANI: YABANİ EŞEK	Yaşar Eksilme
		6	UPANİŞADLARDA TANRISAL SOLUK	İhl Meslek Dersleri Öğretmeni, Betül GEZİCİ

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Evrim ÇAĞLAYAN**	1	2005-2010 YILLARI ARASI DÜNYA GÜNDEMİNİN DEMOKRASİ VE EĞİTİM ÇERÇEVESİNDE İNCELENMESİ	FATMA AĞ
		2	RECENT DEVELOPMENTS IN CULTURAL INVENTORY RESEARCH IN TURKEY IN THE CONTEXT OF ACADEMIC DATA	Assoc. Prof. Dr. Evrim ÇAĞLAYAN
		3	1990-1995 YILLARI ARASINDA DEMOKRASİ, İNSAN HAKLARI VE EĞİTİMİN BAĞIMSIZLIK SAVAŞLARIYLA İLİŞKİSİ	Songül AVCI
		4	1985-1990 YILLARI ARASINDA KÜRESEL DÖNÜŞÜMLER: REFORMLARDAN DUVARLARIN YIKILIŞINA, KRİZLERDEN DEMOKRATİKLEŞMEYE EĞİTİMİN ROLÜ	FEYZULLAH ELAGÖZ
		5	2015-2020 YILLARI ARASINDA DÜNYADA MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLERİM DEMOKRASİ EĞİTİMİ BAŞLIĞI ALTINDA İNCELENMESİ	PELİN ERKALE TANCAN
		6	DEMOKRASİ VE EĞİTİM ARASINDAKİ İLİŞKİ VE OKULLARDA DEMOKRASİ EĞİTİMİ	Hamit ASLAN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Asst. Prof. SERKAN CANTÜRK**	1	SİGORTA ŞİRKETLERİNİN FİNANSAL PERFORMANSI: BIST SİGORTA SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Öğr. Gör. Dr. Ümit Hasan GÖZKONAN Arş. Gör. Dr. Erdi BAYRAM
		2	THE ECOLOGICAL COST OF THE DIGITAL: FROM THE EFFICIENCY PARADOX TO THE BALANCE MODEL	Asst. Prof. SERKAN CANTÜRK
		3	EVALUATION OF THE CAR INSURANCE POLICY SELECTION PROBLEM USING A HYBRID MAXC–COCOSO DECISION-MAKING APPROACH	Lecturer Dr. Osman Yavuz AKBULUT
		4	COMPARATIVE EVALUATION OF BANK SELECTION FROM THE INVESTOR'S PERSPECTIVE USING AN INTEGRATED DECISION-MAKING APPROACH	Lecturer Dr. Osman Yavuz AKBULUT
		5	PERIODIC ANALYSIS OF CORPORATE FINANCIAL PERFORMANCE WITH DECISION-MAKING APPROACHES: APPLICATION OF CRITIC AND EDAS	Assoc. Prof. Dr. Özcan IŞIK
		6	COMPARATIVE EVALUATION OF FOREIGN BANKS' PROFITABILITY PERFORMANCE USING MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS	Assoc. Prof. Dr. Özcan IŞIK
		7	SUSTAINABILITY AND ESG AUDIT	Yakup ASLAN
		8	WATER ACCOUNTING	Yakup ASLAN

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Nassima Benamar**	1	PROGRESS IN QUANTUM DOTS SYNTHESIS FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS	Prof. Dr. Reza Soltani Dr. Laleh Khadem Saeed Zangeneh
		2	EXPLORING MAGNETIC PROPERTIES OF LOW-DIMENSIONAL IRON OXIDE NANOSTRUCTURES	Dr. Farhad Hosseini
		3	NEUTRINO MASS ESTIMATION VIA ACCELERATOR-BASED DETECTION IN PAKISTAN	Prof. Dr. Ahsan Mahmood Dr. Sana Fatima Dr. Zafar Malik
		4	OPTIMIZED PHOTOVOLTAIC MATERIALS FOR SOLAR ENERGY CONVERSION IN TROPICAL CLIMATES	Dr. Bilal Ahmad Ali Raza Samreen Aslam Assis. Prof. Dr. Farooq Siddiqui
		5	ATOMIC STRUCTURE ANALYSIS OF LANTHANIDE-DOPED GARNET CRYSTALS VIA SYNCHROTRON X-RAY DIFFRACTION	Dr. Nassima Benamar
		6	EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATION OF MAGNETOCALORIC EFFECTS IN ALGERIAN PEROVSKITE OXIDES	Assis. Prof. Dr. Amine Bouzidi Dr. Warda Amrani Prof. Dr. Hakim Yacine Imene Belkacem
		7	NUMERICAL MODELING OF COSMIC RAY PROPAGATION IN THE MILKY WAY GALAXY	Dr. Vugar Javadov
		8		

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
November 28 - 30, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. Alessio Romano**	1	PHOTOCATALYTIC WATER SPLITTING USING NANOSTRUCTURED TITANIUM DIOXIDE	Assis. Prof. Dr. Afsaneh Ramezani Ali Jamshidi
		2	SYNTHESIS AND CATALYTIC PERFORMANCE OF NOVEL METAL-ORGANIC FRAMEWORKS FOR CO2 CONVERSION	Prof. Dr. Mahin Moradi Dr. Farshad Bakhtiari Nasrin Khatib
		3	A GREEN SYNTHESIS APPROACH TO BIODEGRADABLE POLYMERS FROM RENEWABLE FEEDSTOCKS	Dr. Priyanka Singh Manoj Raval
		4	ORGANIC-INORGANIC HYBRID PEROVSKITES FOR NEXT-GENERATION SOLAR CELLS: DESIGN AND STABILITY ANALYSIS	Dr. Sonal Mehra Ajay Bhargava
		5	SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE FOR ORGANIC DYE REMOVAL FROM WATER	Dr. Kavita Agarwal
		6	BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF PHARMACEUTICAL INTERMEDIATES USING ENZYME IMMOBILIZATION STRATEGIES	Prof. Dr. Nour-eddine Bouziane Assis. Prof. Dr. Lamia Cherif Dr. Rachid Benyounes
		7	CORROSION RESISTANCE OF ALUMINUM ALLOYS IN AGGRESSIVE INDUSTRIAL ENVIRONMENTS	Prof. Dr. Hakim Khellaf Dr. Noor Ahmed
		8	TAILORING ZEOLITE MATERIALS FOR SELECTIVE CATALYTIC CRACKING IN PETROLEUM REFINING	Prof. Dr. Giovanni Russo Dr. Martina Romano Assis. Prof. Dr. Luca Barbieri
		9	STRUCTURAL INVESTIGATION OF COORDINATION POLYMERS WITH MAGNETIC PROPERTIES	Dr. Francesca Moretti Assis. Prof. Dr. Silvia Gatti
		10	ADVANCED NMR SPECTROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF ORGANIC SYNTHETIC INTERMEDIATES	Dr. Alessio Romano

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Wei Fengsi**	1	STELLAR POPULATION MAPPING AND GALACTIC STRUCTURE ANALYSIS IN THE CAUCASUS REGION	Prof. Dr. Tural Aliyev Dr. Leyla Mammadova
		2	ANALYSIS OF COSMIC RAY VARIATIONS AND SPACE WEATHER IMPACTS IN AZERBAIJAN	Assoc. Prof. Dr. Shahmardan Amirov Dr. Gunel Bahaddinova Vusala Eminova
		3	INDONESIAN SATELLITE DEPLOYMENT: ENGINEERING CHALLENGES AND SOCIETAL BENEFITS	Dr. Setra Yoman Prof. Dr. Rahayu Sari Fajar Pradipta
		4	STRATOSPHERIC BALLOON EXPERIMENTS FOR ATMOSPHERIC RESEARCH IN INDONESIA	Prof. Dr. Dwi Susanto Dr. Irfan Hakim Kurniawan Adi
		5	PROGRESS IN PLANETARY SCIENCE AND DEEP SPACE MISSIONS FROM CHINA	Prof. Dr. Wei Fengsi Dr. Ming Xu
		6	SOLAR WIND INTERACTION WITH EARTH'S MAGNETOSPHERE: NEW SIMULATION APPROACHES FROM CHINA	Dr. Qian Chen Prof. Dr. Hui Zhang Fang Li Ling Wang
		7	MOON REGOLITH MINING: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND SUSTAINABILITY STRATEGIES IN QATAR	Prof. Dr. Khalid Al-Kuwari Dr. Salma Al-Jaber Sara Mahmoud
		8	REMOTE SENSING FOR CLIMATE ASSESSMENT AND HABITAT MAPPING: NEW METHODS FROM QATAR UNIVERSITY	Dr. Ahmed Al-Ansari Laila Hassan

KARADENIZ 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES November 28 - 30, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
30 Kasım / Nov 30, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Samir Abbass**	1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR PREDICTIVE ANALYTICS IN KAZAKHSTAN'S HEALTHCARE SYSTEM	Prof. Dr. Aigerim Tuleuova Assis. Prof. Dr. Yerzhan Bakyt Dr. Valentina Sarsembayeva
		2	MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF SMART CITY TRANSPORTATION NETWORKS IN ALMATY	Dr. Nursultan Baimurzin Bibigul Amanzhol
		3	DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SOFTWARE FOR MATHEMATICS TEACHING IN SECONDARY IRAQI SCHOOLS	Prof. Dr. Samir Abbass Assis. Prof. Dr. Noor Fayez
		4	ADVANCED APPLIED ALGEBRAIC METHODS FOR CRYPTOGRAPHIC SECURITY IN IRAQI E-GOVERNMENT SYSTEMS	Dr. Lamia Jawad Yousef Abdul-Rahman
		5	SOFTWARE ENGINEERING CHALLENGES AND AGILE PRACTICES IN SOFTWARE FIRMS OF LAOS	Prof. Dr. Viengxay Khamphoumy Dr. Sombath Malathep Manivone Sengchanh
		6	ALGORITHMIC THINKING AND MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN LAOS PRIMARY EDUCATION	Dr. Sivilay Kettavong
		7	BIG DATA ANALYTICS AND MACHINE LEARNING FOR BANGLADESHI FINANCIAL INSTITUTIONS	Prof. Dr. Md. Shah Alam Taslima Khan Mizanur Rahman Asmaul Husna
		8	MATHEMATICAL FOUNDATIONS AND APPLICATIONS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN BANGLADESH	Dr. Farhana Haque Prof. Dr. Abdullah Sarkar Hasan Al Mamun

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Contents

MATCHA (*Camellia sinensis)* TOZUNUN MODEL GIDA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI: MAKARNA UYGULAMASI 1

GLUTENSİZ KURABİYE ÜRETİMİNDE YEŞİL MUZ UNU KULLANIMI 6

Cyperus alternifolius L. BİTKİSİNDE ÇİÇEK SAPI UZUNLUĞUNUN SU ORTAMINDA KÖKLENME ÜZERİNE ETKİSİ 14

Mirabilis jalapa Linn. TOHUMLARINDA FARKLI ÖN İŞLEM UYGULAMALARININ ÇİMLENME BAŞARISINA ETKİSİ 26

BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE POLİAMİNLERİN KULLANIMI 36

MEYVE TÜRLERİNDE KURAKLIK STRESİ TOLERANSINA DIŞSAL UYGULAMALARIN ETKİSİ 42

NANOPARTICLE APPLICATIONS IN PLANT TISSUE CULTURE 51

FARKLI KESİTLİ İKİ BORUDAKİ TÜRBÜLANSLI İÇ AKIŞIN ISI TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜŞÜNÜN HAD İLE ANALİZİ 66

OPTIMIZING ANN PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR BODY FAT PREDICTION 73

OPTIMIZING SVM PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR HEART DISEASE PREDICTION 80

S355J2C+N Yapı Çeliğinde Farklı Robotlarla Yapılan Gaz Altı Kaynaklarının Mikroyapısal Analizi 88

JCB MAIN POD PİM PARÇASININ İŞLEME PROSESİNDE ENDÜSTRİYEL ROBOT KULLANILARAK MAKİNE BESLEME İŞLEMİNİN YAPILMASI 95

FANCOIL ÜNİTELERİNDE ISI DEĞİŞTİRİCİ GEOMETRİSİNİN ISIL VE ENERJİ PERFORMANINA ETKİSİ 97

3B YAZICI İLE ÜRETİLEN POLİMER PARÇALARDA GEOMETRİK SÜREKSİZLİKLERİN MUKAVEMETE ETKİSİ 105

PHASE DIAGRAMS AND MICROSTRUCTURE OF THE ZN–0.11MN–0.07AL TERNARY ALLOY 115

CORROSIVE WEAR BEHAVIOR OF HOT ROLLED ZN–0.3CU–0.1MG ALLOY 125

KAVAK ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI MODİFİKASYON İŞLEMLERİNİN ETKİSİ 132

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN PLAZMA KESİM İLE KESİLMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONUNUN KERF BOŞLUĞUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 140

YUMURTA KABUĞU İLAVELİ KUŞE SOLÜSYONLARININ FARKLI KÂĞITLARIN YÜZEY EMİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ 149

SÜRDÜRÜLEBİLİR DERİ ÜRETİM TEKNİKLERİNİN LİTERATÜRDEKİ ETKİLERİ VE TRENDLERİNE İLİŞKİN BİR META-ANALİZ 160

AKILLI TEKSTİLLERİN GELİŞİMİ VE KULLANILAN MALZEMELERİN TEORİK DEĞERLENDİRMESİ 168

COMPARISON OF SWELLING-SHRINKAGE AND CRACK FORMATION IN LOW AND HIGH PLASTICITY CLAY SOILS STRENGTHENED BY ADDING RESIDUAL LIGNITE POWDER 174

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVAN BARINAKLARININ TASARIMINA ETKİSİ 181

KUZULARDA DRUNKEN LAMB SENDROMU 187

OĞLAKLARDA FLOOPY KİD SENDROMU 190

POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: CURRENT KNOWLEDGE AND THE ROLE OF ANTI-MULLERIAN HORMONE 193

BIST-100 FORECASTING WITH FUZZY FUNCTIONS APPROACHES 201

GEÇİTLİ GERİ BESLEMELİ DERİN YAPAY SİNİR AĞLARINA DAYALI SEZGİSEL BULANIK ZAMAN SERİSİ TAHMİN YÖNTEMİ 210

ÖNGÖRÜ PROBLEMİ İÇİN GUMBEL AKTİVASYON FONKSİYONU İLE DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI 222

YABANCI ZİYARETÇİ SAYISININ ÖNGÖRÜSÜ İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN PERFORMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ 228

GAUSS PROCESS REGRESSION-BASED PICTURE FUZZY REGRESSION FUNCTIONS APPROACH 244

TRAINING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH QUADRATIC INTEGRATE AND FIRE NEURON MODELS USING THE DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM 253

BAL EKSTRASYON KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE Pİ-SİGMA YAPAY SİNİR AĞI ve GENETİK ALGORİTMAYA DAYALI BİR YÖNTEM 262

DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI İLE ÇOK FLORALI ÇİÇEK BALI SINIFLANDIRMASI 263

TÜRKİYE'YE GELEN AYLIK GÜNÜBİRLİKÇİ ZİYARETÇİ SAYILARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ 264

DOĞAL YAYILIŞ GÖSTEREN YABANİ FİĞ (*Vicia cracca*) BİTKİLERİNDEN ENDOFİTİK BAKTERİLERİN İZOLASYONU VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 265

Cydonia oblonga (AYVA) ve *Juglans regia* L.(CEVİZ) BİTKİLERİNİN KÖK RİZOSFERİ VE DÖKÜNTÜLERİNDE BULUNAN BAKTERİ FLORASININ BELİRLENMESİ 274

YENGEÇ ÖRÜMCEKLERİN HABİTAT SEÇİMİ VE EKOLOJİK TERCİHLERİ 280

SİNOP İLİ ÖRÜMCEK (ORDO: ARANEAE) FAUNASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR 285

Bazı Yerel Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Genotiplerinde Çimlenme Döneminde PEG 6000 ile Simüle Edilen Kuraklık Stresinin Morfolojik Etkisi 291

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Çimlenme Döneminde Tuz Stresinin Morfolojik Etkileri 300

UNILATERAL DUDAK-DAMAK YARIKLI TAM DİŞSİZ BİR HASTANIN PROTETİK REHABİLİTASYONU 310

ÇOCUKLARDA ULTRA İŞLENMİŞ GIDA TÜKETİMİ VE OBEZİTE EPİDEMİYOLOJİSİ 312

KIRIM KONGO KANAMALI ATEŞİ 314

MAYMUN ÇİÇEĞİ VİRÜSÜ 324

YAŞLILIKTA KIRILGANLIK VE KRONİK HASTALIKLAR: HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARIYLA YAŞAM KALİTESİ ARTIŞI 335

HEMŞİRELİĞİN YÜKSELEN DEĞERİ: ICN 2022-2024 TEMALARININ ANALİZİ 345

Evaluation of Social Focuses in Coastal Areas through Open Space Uses of Cafes and Restaurants in Yomra Coastline 359

15 DAKİKALIK SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT MODELİ 373

KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ÇİM ALANLAR VE EKOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TARTIŞMASI 387

COMPARISON OF ACTIVE AND PASSIVE COOLING METHODS TO INCREASE THERMAL PERFORMANCE IN PHOTOVOLTAIC PANELS: A LITERATURE REVIEW 399

DÖNEN SİLİNDİRİK EVREN MODELİ İÇİN MUTLAK PARALELİZM VE GÖKKUŞAĞI KÜTLEÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE HAMİLTONYEN YOĞUNLUĞU 416

CONTROL STRATEGIES FOR HIGH PERFORMANCE SERVO MOTORS 418

BİYOSENSÖR TABANLI DUYGUSAL VERİLERLE ÖĞRENCİ KATILIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ 428

LİTYUM – FLYWHEEL HİBRİT DEPOLAMA SİSTEMİNİN PV SİSTEM KARARLILIĞI AÇISINDAN İNCELENMESİ 430

PV SANTRALLERDE FLYWHEEL(VOLAN) ENERJİ DEPOLAMA KULLANIMININ İNCELENMESİ ... 438

DİYARBAKIR'DA MÜSTAKİL BİR EV İÇİN ELEKTRİK ŞEBEKESİNDEN BAĞIMSIZ GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİ TASARIMI 446

MUŞ İLİ EKONOMİK GELİŞMESİNDE RÜZGAR ENERJİSİNİN ÖNEMİ 457

KESİRLİ GECİKMELİ LİNEER OLMAYAN DİFERANSİYEL DENKLEMLERİN YAKLAŞIK ÇÖZÜMLERİ ÜZERİNE 467

L-WEAKLY COMPACT OPERATORS ON BANACH LATTICES 469

THE USE OF KRIGING INTERPOLATION METHODS IN LIDAR SYSTEMS 470

THE USE OF LİDAR SYSTEMS İN DİSASTER CADASTRE 479

VARİKOSEL HASTALIĞINI SINIFLANDIRMADA KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 485

SAĞLIK ALANINDA KULLANILAN REGRESYON YAKLAŞIMLARI 492

NÖTRİNO DÜNYASINI AYDINLATMAK: ALGILAMA YÖNTEMLERİ, DENEYLER VE GELECEĞE BAKIŞ 502

İÇECEK SEKTÖRÜNDE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÜRETİM PLANLAMA 503

Bulaşık Makinesi Sump Bölgesi Filtrelerinde Malzeme Değişiminin Yıkama Performansı Üzerine Etkileri 507

FARKLI AKIM YOĞUNLUKLARINDA ELEKTROKİMYASAL OLARAK ÇİNKO VE NİKEL KAPLANMIŞ OLAN ÇELİĞİN KLORÜR İÇEREN ÇÖZELTİLERDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ .. 513

CHARGE ESTIMATION OF LITHIUM-ION AND SUPERCAPACITOR HYBRID BATTERY MODELS BASED ON K-NEAREST NEIGHBOUR ALGORITHM 520

INVESTİGATİON OF ENSEMBLE LEARNİNG ALGORİTHMS FOR HEALTH PREDİCTİON İN A HYBRİD SYSTEM İNTEGRATİNG LİTHİUM-İON AND SUPERCAPACİTORS 528

GEMİLERDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARININ ANALİZİ 534

DJI MAVİC 3M MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİ İLE EKİLİ ALANLARDA AÇIKLIK (STAND GAP) TESPİTİ VE ANALİZİ 535

DİŞLİ ÇARK TASARIM PARAMETRELERİNİ DİŞ DİBİ GERİLMELERİNE OLAN ETKİLERİNİN İSTATİSKİ OLARAK İNCELENMESİ 545

ATOMISTIC INSIGHTS INTO HIGH ENTROPY ALLOYS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF MOLECULAR DYNAMICS SIMULATIONS 546

MOLECULAR DYNAMICS INVESTIGATION OF TENSILE BEHAVIOR AND PHASE TRANSITION MECHANISMS IN $Fe_{40}NiCrCoCu$ HIGH-ENTROPY ALLOY 559

POLİAMİD-6 (PA6) MALZEMELERDE SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI (FSSW) ÜZERİNE GELİŞMELER: PROSES PARAMETRELERİ, BİRLEŞME KALİTESİ VE HASAR DAVRANIŞI 572

POLİPROPİLEN (PP) LEVHALARIN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİNDEKİ (SKNK) SON GELİŞMELER 577

REUSABLE AUTOMATION TEMPLATES FOR SPECIMEN IDENTIFICATION IN ADDITIVE MANUFACTURING DESIGN OF EXPERIMENTS 584

BEST PRACTICES FOR GENERATING FINITE ELEMENT MESHES FROM IMPLICIT BODIES IN NTOP 590

INVESTIGATION OF CUTTING PARAMETERS, TEMPERATURE, SURFACE ROUGHNESS, AND ENERGY CONSUMPTION IN AISI 304 STEEL FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MANUFACTURING 597

TÜTÜN BAĞIMLILIĞI VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI 606

ALKOL KULLANIM BOZUKLUĞU VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI 616

EBELİK MESLEĞİNDE DUYGUSAL EMEK 624

PERİNATAL PALYATİF BAKIM 633

ERGONOMİK RİSK FAKTÖRLERİNİN HASTANE ÖNCESİ ACİL SAĞLIK ÇALIŞANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 644

TÜRKİYE'DE GELİŞİMSEL TARAMALAR ve ENGELLİ ÇOCUĞUN TESPİTİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ 646

DEĞİŞEN DÜNYA ve TEKNOLOJİ PERSPEKTİFİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ 650

PHYTOCHEMICAL CONSTITUENTS AND THERAPEUTIC VALUES IN SCORZONERA SPECIES 654

BAZI DTP TÜREVLERİNDE Π-KÖPRÜ SEÇİMİNİN TADF MEKANİZMASINA ETKİSİ 663

FARKLI Π-KÖPRÜ SEÇİMİYLE TASARLANMIŞ BAZI DTP TÜREVLERİNİN MOLEKÜLER KENETLEME YÖNTEMİ İLE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI 669

KOMPOSTLAŞTIRMA İŞLEMİNDE SERBEST HAVA BOŞLUĞUNUN ÖNEMİ 680

KOMPOSTLAMA SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL RİSKLER: KÜRESEL HARİTALAMA ANALİZİ 686

SUMAK (*RHUS CORİARİA*) POLİFENOLLERİN *ENTEROCOCCUS FAECALİS* İLE ETKİLEŞİMLERİNİN İN-SİLİKO DEĞERLENDİRİLMESİ 697

AGARİCUS BİSPORUS VE *PRİESTİA MEGATERİUM* TİROZİNAZ ENZİMLERİNİN İN SİLİKO KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ 699

KARVAKROL İÇERİKLİ ANTİMİKROBİYAL MEDİKAL TEKSTİL GELİŞTİRİLMESİ 701

STELLAR POPULATION MAPPING AND GALACTIC STRUCTURE ANALYSIS IN THE CAUCASUS REGION 703

ANALYSIS OF COSMIC RAY VARIATIONS AND SPACE WEATHER IMPACTS IN AZERBAIJAN 704

INDONESIAN SATELLITE DEPLOYMENT: ENGINEERING CHALLENGES AND SOCIETAL BENEFITS 705

STRATOSPHERIC BALLOON EXPERIMENTS FOR ATMOSPHERIC RESEARCH IN INDONESIA ... 706

PROGRESS IN PLANETARY SCIENCE AND DEEP SPACE MISSIONS FROM CHINA 707

SOLAR WIND INTERACTION WITH EARTH'S MAGNETOSPHERE: NEW SIMULATION APPROACHES FROM CHINA 708

MOON REGOLITH MINING: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND SUSTAINABILITY STRATEGIES IN QATAR 709

REMOTE SENSING FOR CLIMATE ASSESSMENT AND HABITAT MAPPING: NEW METHODS FROM QATAR UNIVERSITY 710

SYNTHESIS AND CATALYTIC PERFORMANCE OF NOVEL METAL-ORGANIC FRAMEWORKS FOR CO2 CONVERSION 711

PHOTOCATALYTIC WATER SPLITTING USING NANOSTRUCTURED TITANIUM DIOXIDE 712

A GREEN SYNTHESIS APPROACH TO BIODEGRADABLE POLYMERS FROM RENEWABLE FEEDSTOCKS 713

ORGANIC-INORGANIC HYBRID PEROVSKITES FOR NEXT-GENERATION SOLAR CELLS: DESIGN AND STABILITY ANALYSIS 714

SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE FOR ORGANIC DYE REMOVAL FROM WATER 715

BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF PHARMACEUTICAL INTERMEDIATES USING ENZYME IMMOBILIZATION STRATEGIES 716

CORROSION RESISTANCE OF ALUMINUM ALLOYS IN AGGRESSIVE INDUSTRIAL ENVIRONMENTS 717

TAILORING ZEOLITE MATERIALS FOR SELECTIVE CATALYTIC CRACKING IN PETROLEUM REFINING 718

STRUCTURAL INVESTIGATION OF COORDINATION POLYMERS WITH MAGNETIC PROPERTIES 719

ADVANCED NMR SPECTROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF ORGANIC SYNTHETIC INTERMEDIATES 720

PROGRESS IN QUANTUM DOTS SYNTHESIS FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS 721

EXPLORING MAGNETIC PROPERTIES OF LOW-DIMENSIONAL IRON OXIDE NANOSTRUCTURES 722

NEUTRINO MASS ESTIMATION VIA ACCELERATOR-BASED DETECTION IN PAKISTAN 723

OPTIMIZED PHOTOVOLTAIC MATERIALS FOR SOLAR ENERGY CONVERSION IN TROPICAL CLIMATES 724

ATOMIC STRUCTURE ANALYSIS OF LANTHANIDE-DOPED GARNET CRYSTALS VIA SYNCHROTRON X-RAY DIFFRACTION 725

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATION OF MAGNETOCALORIC EFFECTS IN ALGERIAN PEROVSKITE OXIDES 726

NUMERICAL MODELING OF COSMIC RAY PROPAGATION IN THE MILKY WAY GALAXY 727

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR PREDICTIVE ANALYTICS IN KAZAKHSTAN'S HEALTHCARE SYSTEM 728

MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF SMART CITY TRANSPORTATION NETWORKS IN ALMATY 729

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SOFTWARE FOR MATHEMATICS TEACHING IN SECONDARY IRAQI SCHOOLS 730

ADVANCED APPLIED ALGEBRAIC METHODS FOR CRYPTOGRAPHIC SECURITY IN IRAQI E-GOVERNMENT SYSTEMS 731

SOFTWARE ENGINEERING CHALLENGES AND AGILE PRACTICES IN SOFTWARE FIRMS OF LAOS 732

ALGORITHMIC THINKING AND MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN LAOS PRIMARY EDUCATION 733

BIG DATA ANALYTICS AND MACHINE LEARNING FOR BANGLADESHI FINANCIAL INSTITUTIONS 734

MATHEMATICAL FOUNDATIONS AND APPLICATIONS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN BANGLADESH 735

MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND SOCIOECONOMIC BARRIERS AMONG WOMEN IN RURAL KYRGYZSTAN 736

PERCEPTIONS AND PRACTICES OF ANTENATAL NUTRITION AMONG PREGNANT WOMEN IN BISHKEK 737

PSYCHOSOCIAL STRESSORS AND COPING STRATEGIES AMONG PREGNANT WOMEN IN THE WEST BANK 738

BARRIERS TO ADEQUATE PRENATAL CARE IN GAZA: PERSPECTIVES OF WOMEN AND HEALTH PROVIDERS 739

IMPACT OF WOMEN'S EDUCATION ON MATERNAL AND INFANT HEALTH OUTCOMES IN SINGAPORE 740

CULTURAL INFLUENCES ON CONTRACEPTIVE USE DECISIONS AMONG SINGAPOREAN WOMEN 741

PREGNANCY-RELATED HEALTH LITERACY AND OUTCOMES IN OMANI WOMEN 742

SOCIAL SUPPORT NETWORKS AND MATERNAL WELL-BEING DURING PREGNANCY IN OMAN 743

ADVANCED HEXAGONAL BORON NITRIDE NANOMATERIALS FOR THERMAL MANAGEMENT IN ELECTRONICS 744

FUNCTIONALIZATION OF CARBON NANOTUBES FOR TARGETED DRUG DELIVERY SYSTEMS 745

GRAPHENE-BASED NANOCOMPOSITES FOR ENERGY STORAGE APPLICATIONS IN PHOTOVOLTAIC DEVICES 746

IRON OXIDE NANOPARTICLE SYNTHESIS FOR MRI CONTRAST ENHANCEMENT AND DIAGNOSTICS 747

SILICON NANOWIRES SYNTHESIS FOR NEXT-GENERATION BIOSENSOR PLATFORMS 748

TUNABLE PLASMONIC PROPERTIES OF GOLD NANOPARTICLES FOR CANCER PHOTOTHERMAL THERAPY 749

METAL-OXIDE NANOSTRUCTURES FOR HIGH-PERFORMANCE GAS SENSORS IN ENVIRONMENTAL MONITORING 750

POLYSACCHARIDE-BASED NANOCARRIERS FOR CONTROLLED MEDICATION DELIVERY IN OMANI HEALTHCARE 751

SELF-ASSEMBLED SUPRAMOLECULAR NANOFIBERS FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS 752

DESIGN AND APPLICATION OF MESOPOROUS SILICA NANOPARTICLES FOR CANCER DIAGNOSIS AND THERAPY 753

EPIDEMIOLOGICAL SURVEY OF BOVINE TUBERCULOSIS IN RURAL TAJIKISTAN: DIAGNOSIS AND CONTROL STRATEGIES 754

PARASITIC INFESTATIONS IN SMALL RUMINANTS: CHALLENGES FOR RURAL LIVESTOCK FARMERS IN TAJIKISTAN 755

CONTROL OF BRUCELLOSIS IN DAIRY CATTLE: VACCINATION EFFORTS IN EGYPTIAN GOVERNORATES 756

AVIAN INFLUENZA MONITORING AND BIOSECURITY PRACTICES IN POULTRY FARMS OF EGYPT 757

TICK-BORNE DISEASES IN IRANIAN SHEEP FLOCKS: MOLECULAR DIAGNOSIS AND CONTROL MEASURES 758

VETERINARY EDUCATION REFORM AND PRACTICAL TRAINING IN IRANIAN UNIVERSITIES 759

SURVEILLANCE OF ZOONOTIC DISEASES AT THE WILDLIFE-LIVESTOCK INTERFACE IN WESTERN INDIA 760

EVALUATION OF TRYPANOSOMIASIS CONTROL PROGRAMS IN INDIAN DAIRY CATTLE 761

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF CANINE PARVOVIRUS STRAINS IN DOG POPULATIONS IN SPAIN 762

SURGICAL OUTCOMES OF ORTHOPEDIC PROCEDURES IN HORSES: A MULTICENTRIC ANALYSIS IN SPAIN 763

DEVELOPMENT AND PHARMACOKINETIC EVALUATION OF HERBAL ANTIOXIDANT FORMULATIONS FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT 764

CURRENT CHALLENGES IN ANTIMICROBIAL STEWARDSHIP PROGRAMS IN ALGERIAN HOSPITAL PHARMACY PRACTICE 765

NICOTINE ADDICTION AND PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS AMONG SYRIAN YOUTH: A CROSS-SECTIONAL STUDY 766

EVALUATION OF TRADITIONAL HERBAL DRUG USE IN PHARMACEUTICAL PRACTICE IN SYRIA 767

CLINICAL OUTCOMES OF MULTI-DRUG THERAPY FOR TUBERCULOSIS PATIENTS IN SENEGAL: A PHARMACY-BASED COHORT STUDY 768

PHARMACOVIGILANCE AND ADVERSE DRUG REACTION REPORTING SYSTEMS IN SENEGALESE HOSPITALS 769

EVALUATION OF PHARMACOGENOMIC TESTING PRACTICES IN AZERBAIJANI COMMUNITY PHARMACIES 770

DEVELOPMENT OF CONTROLLED-RELEASE FORMULATIONS FOR CARDIOVASCULAR DRUGS IN AZERBAIJAN 771

SUSTAINABLE OLIVE CULTIVATION PRACTICES AND THEIR IMPACT ON SOIL HEALTH IN TUNISIA 772

WATER MANAGEMENT STRATEGIES FOR IRRIGATED AGRICULTURE IN SEMI-ARID TUNISIAN REGIONS 773

IMPROVING SORGHUM YIELD THROUGH GENETIC DIVERSITY AND AGROECOLOGICAL PRACTICES IN ETHIOPIA 774

INTEGRATED PEST MANAGEMENT AND BIOPESTICIDES IN ETHIOPIAN HORTICULTURE 775

PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS IN WINTER WHEAT PRODUCTION IN RUSSIA 776

RUSSIAN GRASSLAND MANAGEMENT: CONSERVATION, CARBON SEQUESTRATION, AND LIVESTOCK PRODUCTIVITY 777

MODERN DESERT FARMING TECHNIQUES IN THE ARABIAN PENINSULA: CHALLENGES AND PROSPECTS 778

RECLAIMING MARGINAL LANDS FOR AGRICULTURE IN ARID REGIONS OF THE ARAB WORLD 779

EVALUATING THE IMPACT OF HEALTH EDUCATION PROGRAMS ON DIABETES PREVENTION IN IRANIAN COMMUNITIES 780

GENETIC SCREENING AND COUNSELING FOR HEREDITARY CANCERS: PRACTICES AND CHALLENGES IN IRAN 781

STRENGTHENING MATERNAL HEALTHCARE ACCESS IN LOW-RESOURCE NIGERIAN SETTINGS 782

BURDEN OF MALARIA AND COMMUNITY RESPONSES TO VECTOR CONTROL IN RURAL NIGERIA 783

REFORMING MEDICAL EDUCATION IN ALBANIA: COMPETENCY-BASED CURRICULA AND TEACHING STRATEGIES 784

CHALLENGES IN IMPLEMENTING ELECTRONIC HEALTH RECORDS (EHR) SYSTEMS IN ALBANIAN HOSPITALS 785

PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AMONG UNIVERSITIES' STUDENTS IN MONGOLIA 786

ENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN SMART GRIDS: CHALLENGES AND SOLUTIONS IN PAKISTAN 787

DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR FAULT DETECTION IN HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES 788

PHOTOVOLTAIC SYSTEM PERFORMANCE OPTIMIZATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EGYPTIAN DESERTS 789

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE IN CAIRO 790

ANALYSIS OF MICROGRID STABILITY UNDER VARIABLE LOAD AND GENERATION CONDITIONS IN KABUL 791

EFFICIENT POWER CONVERTER DESIGN FOR RURAL ELECTRIFICATION IN AFGHANISTAN ... 792

WIRELESS COMMUNICATION FRAMEWORKS FOR REMOTE HEALTH MONITORING IN RURAL AFGHANISTAN 793

DESIGN AND TESTING OF FAULT-TOLERANT MOTOR DRIVES FOR INDUSTRIAL AUTOMATION 794

AI-POWERED IMAGE RECOGNITION TECHNOLOGIES FOR CIVIL INFRASTRUCTURE MONITORING IN KABUL 795

ADAPTIVE REUSE OF HISTORICAL BUILDINGS IN BAKU: CONTEMPORARY CHALLENGES AND INNOVATIVE SOLUTIONS 796

INTEGRATING TRADITIONAL AZERBAIJANI DESIGN PRINCIPLES INTO CONTEMPORARY URBAN HOUSING 797

SUSTAINABLE FLOOD-RESISTANT ARCHITECTURE FOR BANGLADESH'S GROWING DELTA REGIONS 798

URBAN DENSIFICATION AND GREEN SPACE PRESERVATION IN DHAKA: DESIGN STRATEGIES AND POLICY APPROACHES 799

INTEGRATING MODULAR CONSTRUCTION WITH MALAYSIAN VERNACULAR ARCHITECTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES 800

TROPICAL ENVIRONMENTAL RESPONSIVENESS IN MALAYSIAN UNIVERSITY CAMPUS DESIGN 801

REHABILITATION OF OTTOMAN-ERA BUILDINGS IN SKOPJE: HISTORICAL ANALYSIS AND CONTEMPORARY CONSERVATION 802

URBAN TRANSFORMATION AND SOCIAL INCLUSION IN POST-SOCIALIST SKOPJE: PUBLIC SPACE REDESIGN 803

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MATCHA (*Camellia sinensis)* TOZUNUN MODEL GIDA SİSTEMLERİNDE KULLANIMI: MAKARNA UYGULAMASI

Doç. Dr. Ali CİNGÖZ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
ali.cingoz@gop.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0958-2679

ÖZET
Tahıl ürünlerinden birisi olan makarna birçok ülkede sevilerek tüketilmektedir. Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde karbonhidrat kaynağı olarak tüketilmekte ve farklı şekillerde hazırlanmaktadır. Bu çalışmada farklı oranlarda (%2,5, %5, %10 ve %15) matcha tozu irmikle yer değiştirme esasına göre ilave edilmiş ve fonksiyonel makarna üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen makarnaların kimyasal, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri tespit edilmiştir. Matcha tozu ilavesi makarna örneklerinin kül içeriklerini 1.15'den 1.89'a, protein içeriklerini ise 11.90'dan 17.32'ye yükseltmiştir. Örneklerin L* ve b* değerlerinde azalma a değerinde ise artış tespit edilmiş ve örneklerin rengi yeşile dönmüştür. Matcha tozu ilavesi pişme süresini 12.12 dakikadan 14.52 dakikaya yükseltmiştir. %10 Matcha tozu ilavesine kadar % hacim artış değeri artış göstermiştir. Matcha tozu ilavesi ile %21'lik ağırlık artışı sağlanmıştır. Matcha tozu ilavesi makarnaların fonksiyonel içeriğine olumlu etki etmiş örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 6 ve 9 kat artmıştır. Bu çalışma fonksiyonel makarna üretiminde Matcha tozu ilavesinin kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Makarna, Matcha, Fonksiyonel Gıda

USE OF MATCHA (*Camellia sinensis)* POWDER IN MODEL FOOD SYSTEMS: PASTA APPLICATION

ABSTRACT
Pasta is a type of grain product that is widely consumed in many countries. In developing and underdeveloped countries, it is consumed as a source of carbohydrates and prepared in various ways. In this study, matcha powder was added at various ratios (2.5%, 5%, 10% and 15%) to replace semolina, resulting in the production of functional pasta. The chemical, technological and functional properties of the resulting pasta were then determined. Adding matcha powder increased the pasta samples' ash content from 1.15 to 1.89 and their protein content from 11.90 to 17.32. The L* and b* values decreased and the a value increased in the samples, which turned green. The cooking time increased from 12.12 minutes to 14.52 minutes with the addition of matcha powder. The volume increase value showed an increase up to the addition of 10% matcha powder. Adding matcha powder resulted in a 21% increase in weight. Matcha powder had a positive effect on the pasta's functional content, increasing the total phenolic content and antioxidant capacity values of the samples by six and nine times, respectively. This study demonstrated the potential use of matcha powder in producing functional pasta.

Keywords: Pasta, Matcha, Functional Food

1. GİRİŞ

Meyveler, çaylar ve bitkiler, lezzetleri, renkleri, fonksiyonel özellikleri ve antioksidan aktiviteleri nedeniyle makarna üretiminde iyi kaynaklardır. Çay (*Camellia sinensis*), su dışında dünya çapında en çok tüketilen içeceklerden birisidir. Dünyanın farklı bölgelerinde siyah, yeşil, beyaz, ve oolong çayı gibi farklı türlerde üretilmektedir (Cooper ve ark., 2005; Chacko ve ark., 2010; Topuz ve ark., 2014). Eski bir tarihe sahip olan yeşil çay (*Camellia sinensis*) faydalı tıbbi özelliklerinden dolayı son zamanlarda daha popüler olmuştur (Vinson ve Zhang, 2005). Yeşil çay, antiinflamatuar, antiartritik, antibakteriyel, antiangiogenik, antioksidatif, antiviral, nöroprotektif ve kolesterol düşürücü etkiler ile kanser ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde yararlı etkilere sahiptir. Yeşil çayın sağlık üzerindeki olumlu etkileri, esas olarak polifenol içeriğinden, özellikle flavonoidler, flavonoller, kateşinler, saponinler, alkaloidler, amino asitler, glukozitler, proteinler, uçucu bileşikler, mineraller ve eser elementlerden kaynaklanmaktadır (Higdon ve Frei, 2003).

Matcha, Tencha çeşidinden toz haline getirilmiş bir Japon yeşil çayıdır (*Camellia sinensis).* Özel yetiştirme koşulları nedeniyle özellikle antioksidan bileşikler açısından zengin popüler bir içeçek türüdür. Geleneksel yönteme göre, büyüme döneminin büyük bir kısmında, çay yapraklarını doğrudan güneş ışığından korumak için bambu hasırlarla örtülmektedir. Bu süreç boyunca bitkiler, matcha'nın kendine özgü, acı olmayan ve karakteristik tada sahip olmaktadır (Kochman ve ark., 2020). Son zamanlarda, matcha pasta, puding, çikolata, şekerleme, dondurma ve içeceklerin üretiminde de popüler bir bileşen haline gelmiştir (Tokunaga, 2004).

Çizelge 1. Matcha tozu kimyasal bileşimi (Kika ve ark., 2024)

Bileşen	Miktar (%)
Protein	17.9±1,64
Yağ	7,29±0,01
Toplam Diyet Lifi	56,13±2,75
Çözünür Diyet Lifi	3,30±0,14
Çözünmez Diyet Lifi	52,83±2,61

2. MATERYAL VE METOT

Materyal

Makarna üretiminde kullanılan irmik ticari bir makarna firmasından (Golda, Türkiye), matcha tozu ise İngro gıdadan (Karaman, Türkiye) temin edilmiştir. Analiz için kullanılan kimyasallar analitik saflıktadır.

Makarna Üretimi

Makarna üretiminde matcha tozu farklı olanlarda kullanılarak denemeler yapılmıştır. Çizelge 2'de üretimde kullanılan reçete gösterilmektedir. Makarnalar laboratuvar tipi ekstrüder ile üretilmiştir. Üretimi yapılacak olan makarnalar 60°C'de %75 nisbi nemde 8 saat kurutulmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 2. Makarna Üretim Reçetesi

Bileşenler	Miktar
İrmik	500 (g)
Su	160 (mL)
Matcha Tozu	%2,5, %5, %10 ve %15

Teknolojik Analizler:
Makarna örneklerinin pişme süresi TS 1620'ye göre yapılmıştır (TSE, 2024). Ağırlık ve hacim artış miktarı; 100 g makarna optimum pişirilme sürecinde pişirilerek suyu süzülmüş ve tartılmıştır. Pişmemiş makarna ağırlığı çıkarılarak % hesaplama yapılmıştır. Pişmemiş makarna örneklerinin renk analizi için Minolta CR-400 Chromometer renk analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Kimyasal Analizler:
Rutubet ve kül içerikleri gravimetrik oarak (AACC,2004), protein içerikleri mikro kjeldahl yöntemi ile (AOAC, 2000) belirlenmiştir.

Fonksiyonel Analizler:
Toplam fenolik madde tayini: Analiz 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayıracı kullanılarak Singleton ve Esau (1969) tarafından tanımlanan yönteme göre belirlenmiş ve sonuçlar 'gallik asit eş değeri' olarak hesaplanmıştır.
DPPH radikal süpürme aktivitesi: DPPH (2.2 diphenly-1-picryhydrazyl) yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Brand-Williams ve ark. (1995) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Sonuçlar 'trolox eşdeğeri' cinsinden verilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Makarnaların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'de gösterilmektedir. Makarnanın zenginleştirilmesi ya da güçlendirilmesi için meyve tozları, kabukları yada atıkları, çaylar ve bitkilerin bazı kısımları kullanılmaktadır. Matcha tozu ilavesi örneklerin kurumadde içeriklerini etkilemediği, kül içeriklerini ise %1.15'den 1.89'a yükselttiği tespit edilmiştir. Matcha tozu ilavesi % protein içeriklerinin %11.90'dan 17.32'ye artmasına neden olmuştur.

Çizelge 3. Makarna örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Örnekler	Kurumadde (%)	Kül (%)	Protein (%)
Kontrol	90.05±0.13	1.15±0.11	11.90±0.16
%2,5 MT	90.45±0.08	1.30±0.04	13.80±0.12
%5 MT	91.02±0.14	1.52±0.08	15.01±0.14
%10 MT	90.77±0.05	1.75±0.11	16.13±0.21
%15 MT	90.89±0.16	1.89±0.06	17.32±0.09

MT: Matcha Tozu

Tüketiciler açısından besinsel değeri yüksek olan gıdaların yanı sıra teknolojik özelliklerin de istenilen düzeyde olması arzu edilen bir özelliktir. Makarna örneklerinin teknolojik analiz sonuçları Çizelge 4'de gösterilmektedir. Makarna için kritik öneme sahip pişme süresi 12.12 dk'dan 14.52 dk'ya çıkmıştır. Makarna üretiminde %10 Matcha tozu kullanımına kadar %hacim değerlerinde artışa neden olduğu %15 ilave düzeyinde ise örneklerde parçalanmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Matcha tozu ilavesinin makarna örneklerinin % ağırlık artışını %186.21'den %225.13'e yükselttiği tespit edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 4. Makarna örneklerinin teknolojik analiz sonuçları

Örnekler	Pişme Süresi (dk)	Hacim Artışı (%)	Ağırlık Artışı (%)
Kontrol	12.12±0.10	121.12±1.45	186.21±2.12
%2,5 MT	12.40±0.11	128.45±2.18	195.47±3.04
%5 MT	13.30±0.14	132.84±3.02	208.36±1.45
%10 MT	13.85±0.08	139.36±0.70	216.12±0.95
%15 MT	14.52±0.16	127.32±2.52	225.13±2.20

Makarna örneklerinin renk analizi sonuçları Çizelge 5'de gösterilmiştir. Matcha tozu ilavesi ile makarnanın renkleri yeşile dönmüştür. Makarnaların L* değerleri 60.12'den 17.21'e kadar düştüğü, a* değerlerinin ise 2.22'den 6.02'ye yükseldiği, b* değerinde ise 24.12'den 3.98'e düştüğü belirlenmiştir.

Çizelge 5. Makarna örneklerinin renk analiz sonuçları

Örnekler	L*	a*	b*
Kontrol	60.12±0.26	2.22±0.33	24.12±0.36
%2,5 MT	30.18±2.14	3.12±0.18	8.72±0.12
%5 MT	24.16±0.78	4.45±0.54	6.54±0.25
%10 MT	19.23±0.66	5.32±0.40	5.18±0.43
%15 MT	17.21±1.24	6.02±0.32	3.98±0.34

Makarna örneklerinin toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite analiz sonuçları Çizelge 6'da gösterilmektedir. Matcha tozu ilaveli makarna örneklerinde Matcha tozu ilave oranı artıkça toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesinde artışlar olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde 98.14 mg GE/100 g olan toplam fenolik madde %15 Matcha tozu ilaveli makarnalarda 608.21 mg GE/100 g'a yükselmiştir. Matcha tozunun antioksidan değerinin yüksek olmasından dolayı Matcha tozu ilavesi makarnaların antioksidan kapasitesini 9 kat arttırmıştır.

Çizelge 6. Makarna örneklerinin fonksiyonel analiz sonuçları

Örnekler	Toplam Fenolik Madde mg GE/100 g	Toplam Antioksidan Kapasite (DPPH) µmol TE/100 g
Kontrol	98.14±0.45	42.14±0.38
%2,5 MT	206.12±0.26	136.06±3.84
%5 MT	312.36±2.24	193.20±6.80
%10 MT	488.14±5.20	264.12±5.10
%15 MT	608.21±10.30	388.43±4.12

4. SONUÇ

Bu çalışmada 4 farklı oranda (%2.5, %5, %10, %15) Matcha tozu ilave edilerek makarna üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen makarnaların özellikleri tespit edilmiştir. Matcha tozu ilavesi örneklerin kurumadde içeriklerinde önemli bir değişime neden olmazken, kül ve protein içeriklerini yükseltmiştir. Makarna için kritik öneme sahip pişme süresi artmış, %ağırlık artış değerleri de yükselmiştir. Ayrıca besin içeriği yüksek matcha tozu ilavesi toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitelerinde artışlara neden olmuştur. Bu çalışma matcha tozu ilavesi ile zenginleştirilmiş makarna üretim potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

AACC (2004). Aapproved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 11th Edition.

Abdulqader, G., Barsantı, L., Tredıcı, M. (2000). Harvest of Arthrospira platensis from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. Journal Applied Phycology. 12: 493-498.

AOAC (2000) Official Method. Association of Official Agricultural Chemists, by the United States Department of Agriculture.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie/Food Science and Technology, 28: 25-30.

Chacko SM, Thambi PT, Kuttan R, Nishigaki I. 2010. Beneficial effects of green tea: A literatüre review. *Chin Med*, 5, 1-9.

Cooper R, Morre DJ, Morre DM. 2005. Medicinal benefits of green tea: Part I. Review of noncancer health benefits. *J Altern Complement Med*, 11, 521-528.

Higdon JV, Frei B. 2003. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci*, 43, 89-143.

Kendirli, K. (2010). Spirulina Kültürlerinde Besin Elementlerinin Farklı Oranlarda Kullanımının Kurumadde, Protein ve Klorofil-A Düzeyine Etkisi. Yüksek Lisans Bitirme Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Kika, J., Jakubczyk, K., Ligenza, A., Maciejewska-Markiewicz, D., Szymczykowska, K., & Janda-Milczarek, K. (2024). Matcha green tea: Chemical composition, phenolic acids, caffeine and fatty acid profile. *Foods*, *13*(8), 1167.

Kochman, J., Jakubczyk, K., Antoniewicz, J., Mruk, H., & Janda, K. (2020). Health benefits and chemical composition of matcha green tea: A review. *Molecules*, *26*(1), 85.

Singleton, V.L. ve Esau, P. (1969). Phenolic substances in grapes and wine and their significance. Advance in Food Research, 282 p. Academic Pres. New York.

Tokunaga M. 2004. *New tastes in green tea*. Kodansha International, USA, 122 p.

Topuz A, Dinçer C, Torun M, Tontul, Naadem Hfi, Haznedar A, Özdemir F. 2014. Physicochemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone. *Turk J Agric For*, 38, 233-241.

TSE (2024). Türk standartları enstitüsü

Vinson JA, Zhang J. 2005. Black and green teas equally inhibit diabetic cataracts in a streptozotocin-induced rat model of diabetes. *J Agric Food Chem*, 53, 3710-3713.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GLUTENSİZ KURABİYE ÜRETİMİNDE YEŞİL MUZ UNU KULLANIMI

Doç. Dr. Ali CİNGÖZ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
ali.cingoz@gop.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0958-2679

ÖZET

Çölyak hastalığı, bilinen tedavisinin glutensiz beslenme programı olan önemli bir sindirim sistemi rahatsızlığıdır. Üretilen glutensiz ürünlerin besin içeriklerinin düşük olması bu ürünlerde besin değeri yüksek bileşenlerin ilave edilmesini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada glutensiz kurabiye üretiminde unla yer değiştirme esasına göre beş farklı oranda (%5, 10, 15, 20 ve 30) yeşil muz ilave edilerek glutensiz kurabiye üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kurabiyelerin besinsel (rutubet, kül, toplam protein, toplam yağ, toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite), tekstür özellikleri ve duyusal özellikleri tespit edilmiştir. Yeşil muz unu ilavesi protein içeriklerini yükseltmiş, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitelerinde artışa neden olmuştur. %20 yeşil muz unu ilavesine kadar kurabiyelerin fiziksel özelliklerinin (kabarma, renk) kontrol örneğine yakın değerler gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan duyusal değerlendirmede %20 yeşil muz unu ilaveli örneklerin en yüksek genel beğeni düzeyine sahiptir. Bu çalışma glutensiz kurabiye üretiminde yeşil muz ununun %20 düzeyine kadar kullanılabileceğini ve üretilen kurabiyelerin besinsel ve duyusal özelliklerinin iyileştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çölyak, Fonksiyonel ürün, Yeşil Muz Unu, Kurabiye

USING GREEN BANANA FLOUR IN GLUTEN-FREE COOKIE PRODUCTION

ABSTRACT

Celiac disease is a significant digestive disorder for which a gluten-free diet is the known treatment. Due to the low nutritional content of gluten-free products, high-nutritional-value ingredients are now being added to them. In this study, gluten-free biscuits were produced by adding green bananas at five different levels (5%, 10%, 15%, 20% and 30%) based on the principle of replacing the flour. The nutritional properties (moisture, ash, total protein, total fat, total phenolic matter and total antioxidant capacity), texture and sensory characteristics of the resulting biscuits were determined. Adding green banana flour increased the protein content, as well as the total phenolic content and total antioxidant capacity. The physical properties (rise and colour) of the cookies were found to be similar to the control sample up to a 20% addition of green banana flour. In the sensory evaluation, samples containing 20% green banana flour had the highest overall liking score. This study demonstrates that green banana flour can be used at a level of up to 20% in gluten-free cookie production, improving the nutritional and sensory properties of the resulting products.

Keywords: Gluten-free, Functional product, Green Banana Flour, Cookie

1. GİRİŞ

Glutene duyarlı enteropati (bağırsak rahatsızlığı) olarak da tanımlanan çölyak hastalığı, duyarlı kişilerde, buğday, arpa, çavdar ve yulaftaki bazı tahıl proteinlerine karşı gerçekleşen bağışıklık tepkisi nedeniyle oluşmaktadır. Hastalığı oluşturan temel etken, gluten proteininin gliadin adlı alt fraksiyonu olup, gluten içeren gıdaların tüketilmesi sonucunda etkisi ortaya çıkmaktadır. Çölyak hastalığı, yaşam boyu devam eden tek gıda alerjisidir ve günümüzde en sık rastlanan genetik hastalık olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle çölyak hastaları, yaşamları boyunca sıkı bir glutensiz diyet uygulamalıdır (Topaloğlu, 2019). Çölyak hastalığının Türkiye'de görülme sıklığı yüzde 1 ile binde 3 arasında değişmektedir. Tahmin edilen hasta sayısı 250 bin ile 750 bin arasındadır. Ülkemizde 6-17 yaş arası okul dönemi çocuklarında % 0.87 sıklığında olduğu görülmüştür. Çölyak hastalığı Avrupa'da ise (Finlandiya, Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık) % 1 sıklığındadır. Ülkelere göre 30-64 yaşları sırasıyla Finlandiya % 2.4, Almanya % 0.3 İtalya % 0.7 prevalansa sahiptir. Kuzey Amerika'da toplumunun % 1 kadarını etkileyebilmekte ve son yıllarda sıklığının arttığını gösteren toplum bazlı çalışmalar vardır (Argun ve Önen 2018).

Dünya çapında üretimi her geçen gün artan muz, doğru boyuta ve olgunluk aşamasına ulaştıktan sonra çokça tüketilen tropikal bir meyvedir (Karaoğlan, 2022). Yeşil muz unu diyet lifi (%6,0–15,5), tip 2 dirençli nişasta (%40,9–58,5) ve fenolik asitler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin glutensiz bir üründür. Ayrıca yeşil muz unu ayrıca potasyum, fosfor, magnezyum, bakır, manganez ve çinko gibi mineraller açısından da zengindir (Reis ve ark., 2019). Yeşil muz unu; besin değeri, özellikle doğal bir dirençli nişasta kaynağı olması, nötr tadı ve açık rengi nedeniyle, glutensiz ürünlerde kullanım potansiyeline sahiptir. Son zamanlarda yeşil muz yeni bir gıda maddesi olarak kabul edilmeye başlanmış ve yapılan birçok çalışma, işlenmemiş gıdalar arasında dirençli nişasta ve çözünür lif içeriği en zengin gıdalar arasında göstermiştir (Reis ve ark., 2019). Ticari olarak satılan dirençli nişastalar, düşük su tutma kapasitesi sayesinde pişirme sırasında nişasta jelatinleşmesini azaltarak düşük nem içeriğine sahip gıdalarda diyet lifini artırmak için önerilmektedir. Fakat bu dirençli nişastaların unlara kıyasla pahalı olması ve nihai ürünün maliyetini artırması nedeniyle aynı işlevsel ve nutrasötik özelliklere sahip yeni bileşenler bulmaya ilgi duyulmaktadır (García-Solís ve ark., 2018). Yeşil muz unu glutensiz unların teknolojik ve besinsel içeriklerini iyileştirmektedir (Sarawong et al., 2014). Dünya çapında en çok tüketilen gıda ürünlerinden ikisi buğday unundan yapılan ekmek ve kurabiyelerdir (Gutiérrez, 2018). Olgunlaşmamış muz ununun (UPF), yüksek dirençli nişasta (RS) içeriğine sahip olması nedeniyle unlu mamuller, makarna, atıştırmalıklar ve besleyici barlar gibi çeşitli gıdalarda bir bileşen olarak kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (García-Solís ve ark., 2018).

2. MATERYAL METOT

Materyal

Çalışmada ana materyal olarak Söke marka glutensiz un, yeşil muz unu (Saledo, İstanbul Türkiye), şorthening (Alba) marka ürünler kullanılmıştır. Tüm hammaddeler üretim gerçekleştirilinceye kadar +4°C'de depolanmıştır.

Yöntem

Kurabiye Üretimi

Kurabiye üretiminde glutensiz unla yer değiştirme esasına göre beş farklı oranda (%5, 10, 15, 20 ve 30) yeşil muz unu ilave edilmiş ve üretimler García-Solís ve ark., (2018) tarafından önerilen yöntem kısmen modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Analitik Yöntemler

Örneklerin azot içeriklerinin belirlenmesinde mikro kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2000). Örneklerin toplam yağ içeriği ankom yağ ekstraksiyon cihazı ile gravimetrik olarak AOAC 920.39 metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Örneklerin kül içerikleri gravimetrik olarak (AACC 08-01.01, 2004) belirlenmiştir. Chroma meter, CR-300 (Japan) model renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurabiyelerin L*, a* ve b* değerleri tespit edilmiştir.

Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analizleri

Örnek hazırlama amacıyla 1 g örnek üzerine 20 mL asitlendirilmiş metanol ((HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) ilave edilmiş ve 25°C'lik su banyosunda 2 saat bekletilmiştir. Ardından 3000 rpm'de de 10 dak santrifüj edilmiştir. Berrak kısım alınarak analiz edilinceye kadar -18°C de depolanmıştır (Beta ve ark., 2005).

Toplam fenolik madde tayini: Analiz 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayıracı kullanılarak Singleton ve ark. (1969) tarafından tanımlanan yönteme göre belirlenmiştir. Sonuçlar "gallik asit eş değeri" olarak hesaplanmıştır.
FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite tayini: Benzie ve Strain (1996) tarafından tanımlanan yönteme göre yapılmıştır ve sonuçlar "trolox eşdeğeri" cinsinden hesaplanmıştır (Benzie ve Strain, 1996).
DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi: DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Brand-Williams ve ark. (1995) tarafından açıklanan yönteme göre yapılmıştır.

Tekstür Analizi

Üretilen kurabiyelerin farklı zaman aralıklarında sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, tekstür analiz cihazı (Zwick Z0.5, Almanya) kullanılarak, 10 mm'lik baskı derinliğinde 2 cm çapında yuvarlak başlık kullanılarak Aydın ve Öğüt (1991)'e göre sertlik değeri (Newton/cm^2) belirlenmiştir. Fırın çıkışından 5 saat sonra soğuyan örnekler polietilen torbalarda paketlenmiştir. 0, 3, 7, 14, 21 ve 30. gün sonunda kurabiye paralellerinden 3 tanesi polietilen torbalarından çıkarılarak sertlik değeri tespit edilmiştir.

Duyusal analiz

Kurabiye örneklerinde duyusal değerlendirme 25-52 yaş aralığında 12 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirme de renk, kabarıklık, koku, gevreklik, ağızda dağılma hissi ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Değerlendirme beşli hedonik skala (1: çok kötü; 2: yeterli değil; 3: kabul edilebilir; 4: iyi; 5: çok iyi) üzerinden yapılmıştır (Ceylan & Muştu, 2021).

3. BULGULAR TARTIŞMA

Üretilen kurabiyelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmektedir. Çağımızın önemli hastalıklarından biri haline gelen çölyak hastalığının bilinen tek tedavisi glutensiz beslenmedir. Çölyak hastalarının gluten içeren gıdaları tüketememeleri sebebiyle alternatif ve lezzetli ürün arayışları her geçen gün artmaktadır. Nişasta bazlı glutensiz un karışımlarının besinsel ve fonksiyonel özelliklerini arttırmak amacıyla yapılan bu çalışmada; glutensiz un

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

karışımına beş farklı oranda yeşil muz unu karıştırılmış ve glutensiz kurabiye üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin kimyasal analiz sonuçları

	Kurumadde %	Kül %	Protein %	Yağ %
KONTROL	92.28±0.09	1.03±0.05	4.02±0.13	25.00±0.08
YMU-5	92.53±0.14	1.20±0.06	5.23±0.24	25.08±0.10
YMU-10	93.25±0.12	1.31±0.10	5.64±0.45	25.16±0.06
YMU-15	92.88±0.14	1.43±0.04	6.03±0.31	25.24±0.06
YMU-20	93.06±0.52	1.52±0.06	6.72±0.21	25.32±0.02
YMU-30	93.11±0.62	1.64±0.03	7.24±0.32	25.44±0.11

Kontrol örneğinde %4.02 olan protein içeriğinin yeşil muz ununun ilave edilmesi ile %7.24'e kadar yükselmiştir. Glutensiz un karışımına göre mineral madde içeriği yüksek olan yeşil muz unu kül içeriğinde de artışa neden olmuştur. Çalışmada kullanılan yeşil muz ununun yağsız olması sebebiyle üretilen kurabiyelerin % yağ içeriklerinde herhangi bir değişiklik belirlenmemiştir.

Çizelge 2. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin fiziksel analiz sonuçları

	a_w	Pişmiş Ağırlık (g)	Yükseklik (mm)	Çap (mm)
KONTROL	0.263	20.12±0.64	15.06±0.41	50.42±0.32
YMU-5	0.274	20.38±0.83	15.55±0.12	50.50±0.22
YMU-10	0.282	20.56±0.45	15.83±0.07	50.80±0.15
YMU-15	0.290	20.80±0.32	16.20±0.14	50.30±0.22
YMU-20	0.301	21.11±0.52	16.70±0.16	51.70±0.21
YMU-30	0.313	21.80±0.36	17.10±0.18	51.64±0.30

Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin fiziksel analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir. yeşil muz ununun yapısında bulunan diyet lifleri unun su tutma kapasitesini arttırmakta buda pişirilen kurabiye örneklerin su aktivitesi değerlerinde kısmi yükselişe neden olmaktadır. Pişmiş örneklerin ağırlıkları arasında fark olmamakla birlikte yükseklik ve çap değerlerinde artış tespit edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 3. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin renk değerleri

	L*	a*	b*
KONTROL	72.45±0.83	4.12±0.33	28.12±0.74
YMU-5	67.25±0.53	3.74±0.22	26.88±0.15
YMU-10	63.66±1.07	3.52±0.31	25.45±0.48
YMU-15	60.41±0.79	3.11±0.26	24.94±0.70
YMU-20	57.04±0.63	2.77±0.41	24.40±0.90
YMU-30	53.60±1.03	2.36±0.16	23.25±0.74

Tüketicilerin ürün tercihlerinde önceliklerinden birisi ürünün rengidir. Ürün rengi tüketiciyi cezbetmeli ve tercih edilmesine neden olmalıdır. Kurabiye üretiminde yeşil muz unu kullanımın renk değerlerinde neden olduğu değişimler Çizelge 3'de gösterilmektedir. yeşil muz unu ilave edilmesiyle 72.45 olan L* değeri 53.60'a kadar düşmüştür. Benzer şekilde a* ve b* değerlerinde de azalma tespit edilmiştir.

Tüketicilerin sağlıklı ve besleyici ürünlere yönelimi onların fonksiyonel ürün/bileşenlere olan talebini arttırmaktadır. Diyet lifçe zengin, fonksiyonel bileşen içeren ürünlere olan talep bu alanda yapılan çalışmalara yön vermektedir. Çölyak hastalarının nişasta bazlı beslenmeleri kaynaklı bazı sağlıksal sorunlar yaşama ihtimalleri nedeniyle glutensiz ürünlere fonksiyonel bileşen ekleme çalışmaları her geçen gün artmaktadır. Bu kapsamda çalışmada glutensiz kurabiyelerin fonksiyonel içeriklerini arttırmak amacıyla ilave edilen yeşil muz unu toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite miktarlarında artışa neden olmuştur (Çizelge 4). Kontrol örneğinde 102.66 mg GAE/g olan toplam fenolik madde içeriği 334.16 mg GAE/g'a kadar yükselmiştir. İki farklı yöntemle yapılan toplam antioksidan kapasite analizleri de benzer sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin fonksiyonel analiz sonuçları

	Toplam Fenolik Madde mg GAE / g	**Toplam Antioksidan Kapasite (FRAP)** µmol TE / g	**Toplam Antioksidan Kapasite (DPPH)** µmol TE / g
KONTROL	102.66±6.40	101.36±1.32	68.12±2.42
YMU-5	143.91±11.23	121.42±1.23	84.52±1.77
YMU-10	185.16±8.47	136.23±2.56	102.50±3.82
YMU-15	237.41±10.36	152.41±1.35	128.32±4.30
YMU-20	269.66±12.52	177.31±2.21	164.23±4.58
YMU-30	334.16±13.20	201.14±1.47	200.41±3.80

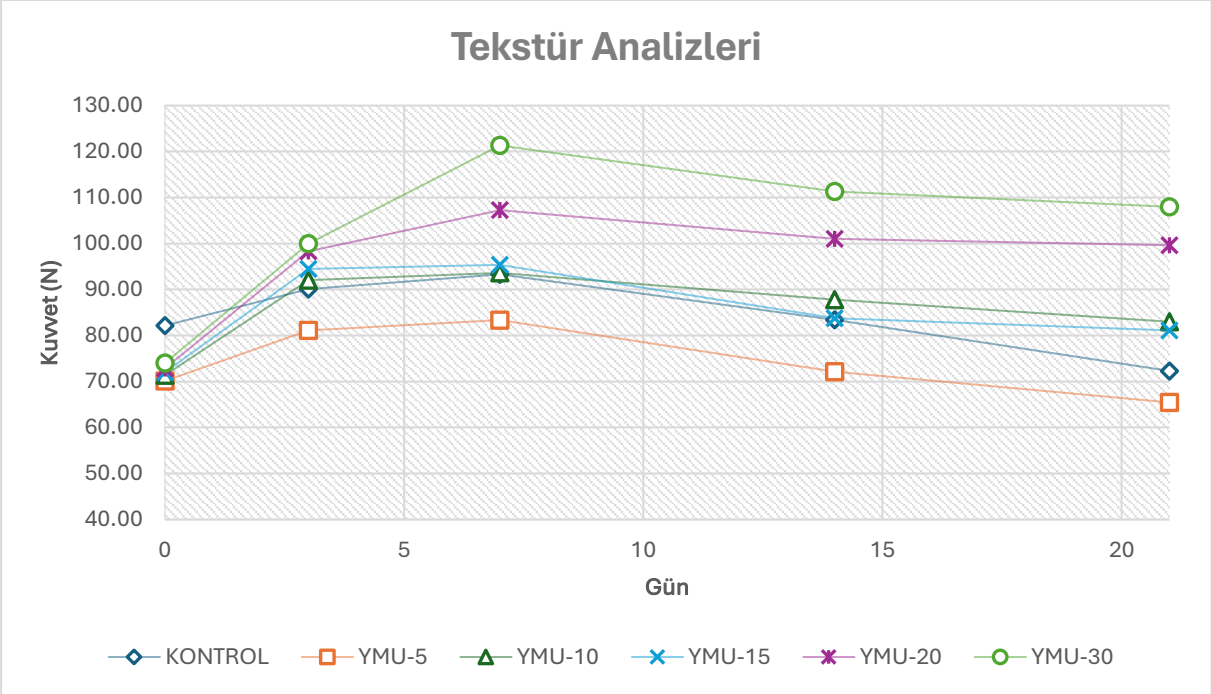
Duyusal analiz sonuçları Çizelge 5'de gösterilmektedir. Panelistlerin örnekleri; renk, kabarıklık, koku, gevreklik, ağızda dağılma hissi ve genel beğeni bakımından 5'li hedonik skala ile değerlendirmeleri istenmiştir. Üretilen kurabiye örneklerinde en yüksek genel beğeni

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

puanını %20 yeşil muz unu ilaveli kurabiye örneği 4.35 ile almıştır. Duyusal değerlendirmede en düşük puanı %30 yeşil muz unu ilaveli örneklerin aldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin duyusal analiz sonuçları

	KONTROL	YMU-5	YMU-10	YMU-15	YMU-20	YMU-30
Renk	4.28	4.35	4.30	4.12	4.00	3.48
Kabarıklık	4.66	4.48	4.36	4.34	4.48	3.40
Koku	4.50	4.36	4.10	3.96	3.96	3.00
Gevreklik	4.80	4.00	3.90	4.05	4.12	3.65
Ağızda dağılma Hissi	4.26	4.00	4.00	4.28	4.16	3.90
Genel Beğeni	4.50	4.20	3.95	4.25	4.35	3.60



Grafik 1. Yeşil muz unu ilaveli kurabiyelerin tekstür analiz sonuçları

Gıdanın raf ömrünün belirlenmesi önemli kriterlerden bir tanesidir. Üründe zamana bağlı olarak meydana gelebilecek mikrobiyolojik, kimyasal, duyusal ve tekstürel değişimlerin takip edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada raf ömrünün önemli kriterlerinden biri olan tekstür özellikleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda kurabiye örneklerinin 0., 3., 7., 14. ve 21. günlerde sertlik değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Grafik 1'de gösterilmiştir. Yeşil muz unu ilave edilerek üretilen tüm kurabiye örneklerinde başlangıç sertlik değerinin düştüğü tespit edilmiştir. 21 gün boyunca belirli aralıklarla devam eden ölçümlerde tüm örneklerde 7. günden sonra yumuşama ve 21. günden sonra ufalanma başladığı ve %20'den fazla yeşil muz unu ilavesinin kurabiyelere daha sert bir yapı kazandırdığı belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Çalışmada glutensiz kurabiye üretimi amacıyla nişasta bazlı glutensiz una beş farklı oranda yeşil muz unu ilave edilmiştir. Üretilen kurabiyelerin fiziksel (yükseklik, çap, ağırlık), kimyasal (protein, yağ, kül, km, su aktivitesi), fonksiyonel (toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite), tekstür ve duyusal özellikleri tespit edilmiştir. Yeşil muz unu ilavesi özellikle protein içeriğinde önemli düzeyde artışa neden olmuştur. Ayrıca toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite düzeyleri de yükselmiş ve örneklerin fonksiyonel içeriklerinde iyileşme sağlanmıştır. %20 yeşil muz unu ilavesine kadar fiziksel özelliklerde kayıplar yaşanmazken daha fazla ilave edilmesi durumunda kabarmama ve yayılma sorunları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yapılan duyusal değerlendirme de diğer analiz sonuçları paralel çıkmakta ve en yüksek beğeniyi %20 yeşil muz unlu kurabiyeler almaktadır. %20 ve daha fazla yeşil muz unu ilavesinin kurabiyelerin sertlik değerlerini olumsuz etkilediği ve 7. güne kadar tazeliğini koruduğu görülmüştür. Bu çalışma yeşil muz ununun glutensiz ürünlerde kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

AACC (2004). Aapproved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 11th Edition.

AOAC (2000) Official Method. Association of Official Agricultural Chemists, by the United States Department of Agriculture.

Argun, M.Ş. ve Önen, C. 2018. Mısırın Glutensiz Gıdalarda Kullanımı. International Conference on Multidisciplinary, Science, Engineering and Technology (IMESET'18 Dubai) 212-217.

Aydın, C. ve Öğüt, H. (1991). Determination of some biological properties of Amasya apple and hazelnuts. Selcuk University Journal of Agriculture, 1, 45-54.

Benzie, I. F. F. ve Strain, J. J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239, 70–76.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled heat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. ve Berset, C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, 28, 25–30.

Ceylan, V., & Muştu, Ç. (2021). Keçiboynuzu unu bazlı glutensiz kurabiye formülasyonu geliştirilmesi. *Aydın Gastronomy*, *5*(1), 1-12.

García-Solís, S. E., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., & Flores-Silva, P. C. (2018). Plantain flour: A potential nutraceutical ingredient to increase fiber and reduce starch digestibility of gluten-free cookies. *Starch-Stärke*, *70*(1-2), 1700107.

Gutiérrez, T. J. (2018). Plantain flours as potential raw materials for the development of gluten-free functional foods. *Carbohydrate polymers*, *202*, 265-279.

Karaoğlan, H. A. (2022). Glutensiz ekmeğin besinsel değerinin ve biyoaktivitesinin artırılması. *Araştırma ve Değerlendirmeler II*, 1.

Reis, R. C., Viana, E. D. S., Assis, S. L. F. D., Sena, L. D. O., Souza, A. D. S. D., & Amorim, E. P. (2019). Promising green banana and plantain genotypes for making flour. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *54*, e01303.

Sarawong, C., Gutiérrez, Z. R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2014). Effect of green plantain flour addition to gluten-free bread on functional bread properties and resistant starch content. *International Journal of Food Science and Technology*, *49*(8), 1825-1833.

Singleton, V. L. ve Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticuture, 16, 144-158.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Topaloğlu, K. Glutensiz Bisküvi Üretimi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Bursa. 2019.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Cyperus alternifolius L. BİTKİSİNDE ÇİÇEK SAPI UZUNLUĞUNUN SU ORTAMINDA KÖKLENME ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi, Türker OĞUZTÜRK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
turker.oguzturk@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-9611-9959
Prof. Dr., Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
turan.yuksek@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-2964-1760
Batuhan SARI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
batuhan_sari23@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0009-0004-9785-6733
Ömer BAY
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
omer_bay23@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0009-0003-6388-9580

ÖZET

Bu çalışma, Japon şemsiyesi (*Cyperus alternifolius* L.) bitkisinin çiçek sapı uzunluğunun su ortamında köklenme başarısına etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede üç farklı uygulama grubu oluşturulmuştur: (1) sapı tamamen uzaklaştırılmış çiçekler, (2) 15 cm sap uzunluğu bırakılan çiçekler ve (3) 30 cm sap uzunluğu bırakılan çiçekler. Her bir grupta 30 adet örnek ters çevrilerek suya daldırılmıştır. Köklenme süreci boyunca suyun sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerleri düzenli olarak ölçülmüştür. Deneme süresince gözlenen köklenme oranları, sap uzunluğunun su kültüründe kök oluşumunu anlamlı biçimde etkilediğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, Japon şemsiyesi gibi süs bitkilerinin vejetatif çoğaltımında optimum sap uzunluğunun belirlenmesine yönelik pratik öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : *Cyperus alternifolius, vejetatif çoğaltma, su kültürü, köklenme, sap uzunluğu.*

1. GİRİŞ

Cyperus alternifolius L., Cyperaceae familyasına ait, hızlı büyüme yeteneğine ve yüksek adaptasyon kapasitesine sahip çok yıllık bir yeşil bitki türüdür. Doğal olarak sulak alanlarda ve su bakımından zengin topraklarda yetişen bu türün anavatanı Madagaskar ve tropikal Afrika'nın çeşitli bölgeleri olarak bilinmektedir [1,2]. Bununla birlikte, günümüzde farklı coğrafyalara yayılmış olup özellikle su arıtma sistemleri ve çevresel düzenlemelerde etkin rol oynamaktadır [1,3]. Hem sulak alan ekosistemlerinin iyileştirilmesi hem de peyzaj uygulamalarında estetik katkılar sunması nedeniyle *Cyperus alternifolius,* ekolojik ve ekonomik açıdan önemli bir tür olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca yenilebilir hayvanların diyetlerinde yer alabilmesi ve sulak alan restorasyon projelerinde hızlı büyüme kapasitesiyle tercih edilmesi de bu önemi pekiştirmektedir [1,3]. Cyperaceae familyası dünya genelinde yaklaşık 600 tür içeren geniş bir grubu temsil etmektedir ve türlerin büyük bir bölümü sulak alan habitatlarında yaşamaktadır [4]. Bu familyada *Cyperus* papyrus ve *Cyperus* esculentus gibi önemli türler yer almakta olup, bu türler ekosistem fonksiyonlarına katkıları ve ekonomik değerleri bakımından öne çıkmaktadır [4,5]. *Cyperus alternifolius* da bu familyanın önemli bir üyesi olarak tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın bir dağılım göstermektedir [1,6]. Familya genelinde türler su kalitesinin iyileştirilmesi, patojen yükünün azaltılması ve tarımsal alanlarda doğal filtre görevi görmesi gibi ekolojik işlevlere sahiptir [4,7]. Bu bağlamda *Cyperus alternifolius*, sulak alanlarda yaygın bulunması, hızlı gelişimi ve ekosistem süreçlerine katkısıyla hem doğal hem insan etkisi altındaki ekosistemlerde önemli roller üstlenmektedir. *Cyperus alternifolius*'un vejetatif çoğaltım potansiyeli, türün biyolojik özellikleri ve rizom yapısı ile yakından ilişkilidir. Türün çoğaltılmasında en yaygın yöntem rizom propagasyonudur. Rizomların göz içeren segmentlere ayrılmasıyla gerçekleştirilen bu yöntem, özellikle nemli büyüme koşullarının sağlandığı ortamlarda hızlı köklenme ile sonuçlanmaktadır [8]. *Cyperus* türlerinin bataklık ve çamurlu alanlara hızla adapte olabilmesi, rizom bölünmesiyle yapılan çoğaltma işlemlerini kolaylaştırmaktadır [9]. Bunun yanında, *Cyperus alternifolius* tuberler aracılığıyla da çoğalabilmekte olup, bu yapıların toprakla temas ettirildiğinde kısa sürede filizlenerek yeni bitkiler oluşturabildiği bilinmektedir [9]. Bitkinin gövde segmentlerinden veya mevcut kök sistemlerinden elde edilen bitkiciklerin kullanımı ise hem çevresel hem de ekonomik açıdan etkili bir vejetatif çoğaltım yaklaşımı sunmaktadır [10]. Türün yüksek vejetatif çoğalma kabiliyeti, sulak alan habitatlarında rekabetçi avantaj sağlamasının yanı sıra ekolojik restorasyon projelerinde de etkin biçimde kullanılmasına olanak tanımaktadır [11]. Bu çeşitlilik, *Cyperus alternifolius*'un çevresel baskılara karşı dayanıklılığını artırmakta ve geniş ekolojik tolerans aralığını desteklemektedir [10]. Vegetatif çoğaltım tekniklerinin yanı sıra *Cyperus alternifolius*'un su ortamlarında gösterdiği köklenme yeteneği, özellikle fitoremediasyon bağlamında dikkat çekmektedir. Utomo ve ark., *Cyperus alternifolius*'un gri su arıtımında etkili şekilde kullanıldığını ve besince zengin ortamlarda güçlü kök gelişimi gösterebildiğini bildirmiştir [12]. Zhai ve ark., (2016) ise bu türün diklofenak gibi kirleticileri absorbe ederek su kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymuş, bunun bitkinin su içi ortamlarda aktif kök geliştirebilme kapasitesine işaret ettiğini belirtmiştir [13]. Jiang ve ark., (2024) tarafından yürütülen çalışmalar, sucul makrofitlerin fazla besin elementlerini su ortamından etkin biçimde uzaklaştırabildiğini ve *Cyperus* türlerinin bu süreçte önemli rol oynadığını göstermektedir [14]. Ayrıca makrofitlerin su seviyesine, kirlilik düzeyine ve mevcut

besin koşullarına bağlı olarak kök morfolojisinde adaptif değişiklikler ortaya koyabildiği bilinmektedir [15,16]. Bununla birlikte, *Cyperus alternifolius* çiçeklerinin su ortamında köklenmesine ilişkin doğrudan araştırmalar sınırlıdır. Ancak mevcut çalışmalar, bitkinin genel köklenme mekanizmaları ve sucul ortamlardaki davranışları göz önüne alındığında, çiçek sapı gibi generatif yapılarının da uygun çevresel koşullarda kök oluşturabileceğine dair bilimsel dayanak sunmaktadır [17,18]. Mevcut literatür *Cyperus alternifolius*'un su ortamındaki köklenme potansiyelini desteklese de çiçek sapı uzunluğunun köklenme başarısı üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu çalışma, *Cyperus alternifolius* çiçek sapı uzunluğunun su ortamında köklenmeye etkisini inceleyerek hem literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı hem de sulak alan yönetimi, peyzaj uygulamaları ve bitki çoğaltım tekniklerine yönelik bilimsel temelli bilgiler sunmayı amaçlamaktadır.

2. MATERYAL

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak *Cyperus alternifolius* (Japon şemsiyesi) kullanılmıştır. Bitki örnekleri, sağlıklı ve gelişimini sürdüren ana bitki populasyonlarından temin edilmiştir. Çalışma boyunca tüm çelikler, yüzey sterilizasyonuna dikkat edilerek steril budama makası ile kesilmiş ve her bir çelik, deneysel manipülasyonlardan önce standart uzunluklara göre hazırlanmıştır.

Deneysel köklenme ortamı olarak tek tip ticari şişelenmiş içme suyu kullanılmıştır. Su ortamı, farklı dışsal değişkenlerden etkilenmemesi için herhangi bir katkı maddesi veya düzenleyici eklenmeden doğrudan kullanılmıştır. Her bir uygulama grubu için 15 litrelik şeffaf plastik kaplar, iç bölmelere ayrılarak köklenme denemelerinde kullanılmış; böylece her gruptaki bitki materyalinin birbirinden bağımsız, kontrollü alanlarda gelişimi sağlanmıştır.

Deneme süresince suyun fizikokimyasal özelliklerini izlemek amacıyla pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri çok fonksiyonlu bir su kalite ölçüm cihazı kullanılarak düzenli aralıklarla ölçülmüştür. Böylece köklenme ortamının deney süresi boyunca kararlı ve karşılaştırılabilir koşullarda kalması sağlanmıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, *Cyperus alternifolius* (Japon şemsiyesi) bitkisinde çiçek sapı uzunluğunun su ortamındaki köklenme üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede kullanılan bitkisel materyal, 03.10.2025 tarihinde Rize'de bulunan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi kampüsü içerisindeki doğal populasyondan temin edilmiştir. Bu kapsamda toplam 90 adet çelik alınmış ve laboratuvar ortamına taşınmıştır. Çelikler üç farklı sap uzunluğu grubuna ayrılmıştır: 0 cm, 15 cm ve 30 cm. Her bir grupta 30 adet çelik olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Tüm çelikler steril budama makası ile hazırlanmış; yaprak uzunlukları 3 cm olacak şekilde kesilmiş ve her çelikte 3 adet yaprak boğumu bırakılmıştır. Hazırlanan çelikler dikim öncesinde 24 saat bekletilmiştir.

Çalışmanın köklenme aşaması, yalnızca su ortamında gerçekleştirilmiştir. Bekletilen çeliklerden seçilen 90 adet bitki materyali, üç farklı sap uzunluğu grubuna uygun olarak 15 litrelik şeffaf plastik kapların bölmelerine yerleştirilmiştir. Tüm gruplarda köklenme ortamı olarak tek tip ticari şişelenmiş içme suyu kullanılmış, herhangi bir katkı maddesi eklenmemiştir. Kaplar, deney süresi boyunca dış etkenlerden uzak, kontrollü bir iç ortamda tutulmuştur.

Su kalitesinin deney boyunca standardize edilmesi amacıyla pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen ve sıcaklık ölçümleri düzenli aralıklarla yapılmıştır. Ölçümler için çok

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

fonksiyonlu bir su kalite ölçüm cihazı kullanılmış; cihaz her ölçüm öncesinde üretici talimatlarına uygun şekilde kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonrası ölçüm yapılırken cihazın doğru değerleri göstermesi için her parametre için aşağıdaki süreler beklenmiştir:

Çizelge 1. Ölçümler yapılırken cihaz ekranındaki değerlerin okunması için beklenen süreler.

Parametre	*Bekleme Süresi (sn)*
Oksijen	180
Ph	60
İletkenlik	20
Sıcaklık	5

Bu sürelerin tamamlanmasının ardından cihaz ekranındaki değerler okunarak kaydedilmiştir. Deneme süresi sonunda her bir çelik için dört farklı gelişim parametresi değerlendirilmiştir:
(1) Kök sayısı,
(2) Toplam kök uzunluğu (cm),
(3) Kardeş gövde sayısı,
(4) Toplam kardeş gövde uzunluğu (cm).
Tüm veriler SPSS 29 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sap uzunluğu grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla uygun istatistiksel testler uygulanmış ve sonuçlar grup karşılaştırmalarına göre yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Deneme Ortamı Özellikleri

Çizelge 2'de verilen Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre deneme grupları arasında pH ($p = 0.657$) ve sıcaklık ($p = 0.661$) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış, bu parametrelerin tüm gruplarda benzer seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir. Buna karşın iletkenlik ($p = 0.004$) ve çözünmüş oksijen ($p = 0.048$) değerlerinde gruplar arasında anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu durum, farklı çiçek sapı uzunluklarının veya çelik yoğunluğunun suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, deney sürecinde su kalitesinin bazı parametrelerinin grup özelliklerine bağlı olarak değişim gösterebildiği anlaşılmaktadır.

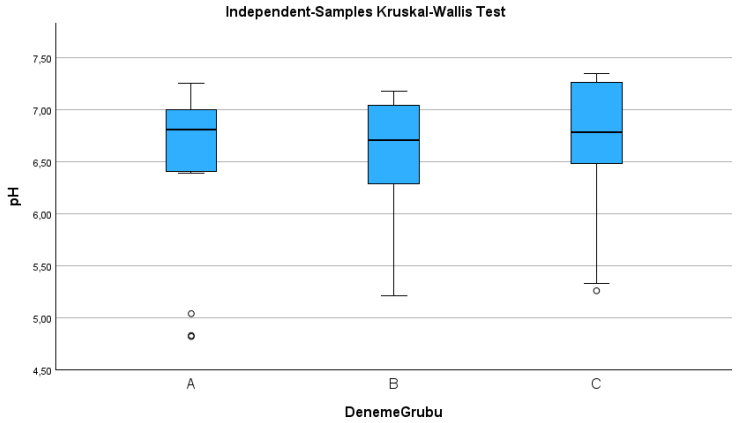
Çizelge 2. Su kalite parametresinin (pH, iletkenlik, sıcaklık, oksijen) üç farklı deneme grubunda (0 cm – 15 cm – 30 cm sap uzunluğu)Kruskal–Wallis testi sonuçları tablosu.

Test Statistics[a,b]				
	pH	İletkenlik	Sıcaklık	Oksijen
Kruskal-Wallis H	,839	11,105	,828	6,073
df	2	2	2	2
Asymp. Sig.	,657	,004	,661	,048
a. Kruskal Wallis Test				
b. Grouping Variable: DenemeGrubu				

Görsel 1'e göre A, B ve C deneme gruplarının pH değerleri genel olarak birbirine oldukça yakındır ve tüm gruplar nötr seviyeye yakın (yaklaşık 6.7–7.2 aralığı) değerler göstermektedir. Grupların medyan pH değerleri arasında belirgin bir fark görülmemekte, bu da Kruskal-Wallis testinde elde edilen "anlamlı farklılık yoktur" sonucunu görsel olarak desteklemektedir. Her üç grupta da dağılımın büyük bölümü dar bir aralıkta toplanmış olup yalnızca A ve C gruplarında birkaç düşük pH değeri "aykırı değer" (outlier) olarak dikkat çekmektedir. Buna rağmen genel

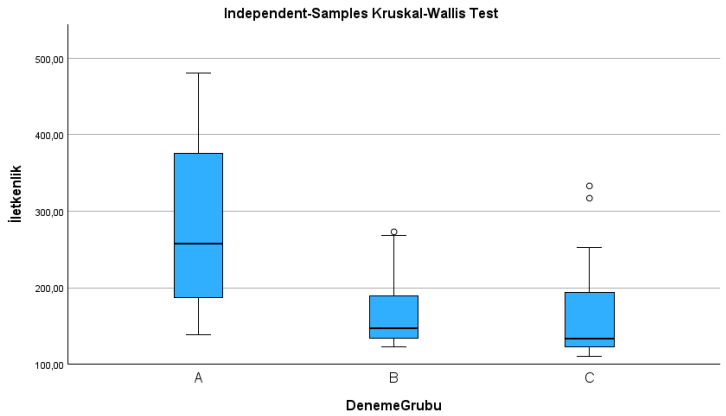
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

eğilim, tüm deney gruplarının su pH'ının benzer koşullarda seyrettiğini ve uygulanan farklı çiçek sapı uzunluklarının pH üzerinde anlamlı bir değişim oluşturmadığını göstermektedir.



Görsel 1. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen pH değerlerinin kutu grafiği. Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (p = 0.657).

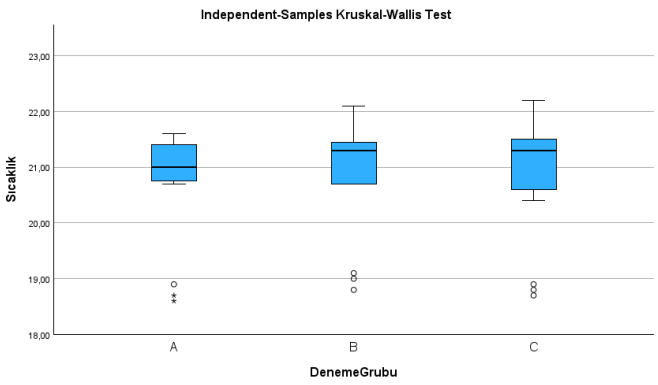
Görsel 2'ye bakıldığında A grubunun iletkenlik değerlerinin en yüksek olduğu görülmekte olup medyanı (≈250) ve dağılımı (140–480) aralığındadır; B grubunun medyanı (≈145) olup değerleri (125–270) arasında daha dar bir yayılım göstermektedir; C grubunun medyanı (≈135) olup dağılımı (115–250) aralığındadır ve (315–330) seviyelerinde birkaç dış değer bulunmaktadır. Bu rakamsal farklılıklar genel olarak A > C > B sıralamasını ortaya koymakta ve gruplar arasında anlamlı fark olabileceğini düşündürmektedir.



Görsel 2. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin kutu grafiği. Kruskal–Wallis testi sonuçları, gruplar arasında anlamlı farklılık bulunduğunu göstermektedir (p < 0.05).

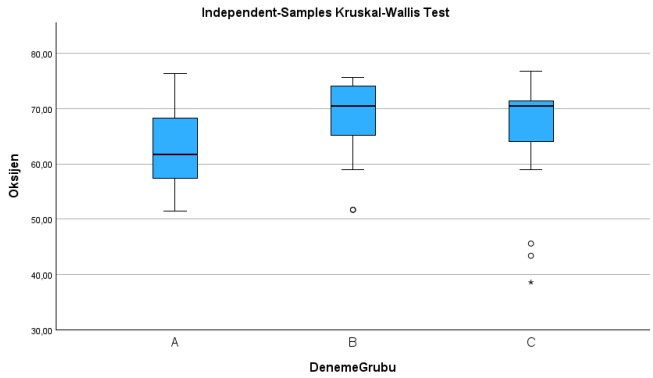
Görsel 3'de üç grubun sıcaklık dağılımlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmekte olup A grubunun medyanı **(≈21.1)** ve dağılımı **(≈21.0–21.7)** aralığındadır; B grubunun medyanı **(≈21.3)** olup değerleri **(≈21.0–22.1)** arasında değişmektedir; C grubunun medyanı ise **(≈21.4)** olup dağılımı **(≈21.0–22.2)** aralığındadır. Üç grupta da **(≈18.7–19.0)** civarında birkaç düşük dış değer bulunmasına rağmen genel sıcaklık dağılımları büyük ölçüde benzer görünmekte ve gruplar arasında belirgin bir fark olmadığını düşündürmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 3. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen sıcaklık değerlerinin kutu grafiği. Üç grup arasında sıcaklık dağılımları benzer olmakla birlikte Kruskal–Wallis testi analizinde gruplardaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0.661).

Görsel 4 oksijen değerlerinin gruplar arasında belirgin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. A grubunda oksijen medyanı (≈62) olup değerler minimum ≈52 – maksimum ≈76 aralığında değişmektedir; B grubunda medyan (≈70) olup dağılım minimum ≈59 – maksimum ≈75 şeklindedir ve grupta ≈52 civarında bir düşük dış değer bulunmaktadır; C grubunda medyan (≈71) olup değerler minimum ≈59 – maksimum ≈77 aralığındadır ve grupta ≈40–45 civarında birkaç düşük dış değer mevcuttur. Maksimum değerlere bakıldığında C grubunun (≈77) en yüksek seviyeye ulaştığı, minimum değerlere bakıldığında ise C grubunda (≈40) en düşük dış değerin görüldüğü anlaşılmaktadır. Bu tablo genel olarak A < B ≈ C sıralamasını göstermekte ve özellikle maksimum ve minimum değerlerin gruplar arasındaki değişkenliği artırdığına işaret etmektedir.



Görsel 4. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen çözünmüş oksijen (O_2) değerlerinin kutu grafiği. Kruskal–Wallis testi sonuçları, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğunu göstermektedir (p < 0.05).

4.2. Bitki Kök Değerleri

Çizelge 3'te verilen Kruskal–Wallis testi çıktısı, Kök Sayısı, Kök Uzunluğu ve Kardeş Gövde değişkenlerinin üç farklı grup arasında anlamlı şekilde farklılaşıp farklılaşmadığını göstermektedir. Tabloya göre her üç değişken için de Kruskal-Wallis H değerleri oldukça yüksek (Kök Sayısı = 41,902, Kök Uzunluğu = 33,247, Kardeş Gövde = 16,565) ve her biri için anlamlılık düzeyi p < .001 olarak bulunmuştur. Serbestlik derecesi (df = 2) grupların üç kategori olduğunu doğrulamaktadır. p < .001 olması, tüm değişkenlerde gruplar arasında istatistiksel

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

olarak son derece anlamlı farklar olduğunu gösterir. Bu sonuçlara göre, deney grupları Kök Sayısı, Kök Uzunluğu ve Kardeş Gövde açısından birbirinden anlamlı düzeyde farklıdır; yani grupların bu özellikler üzerinde etkisi bulunduğu söylenebilir.

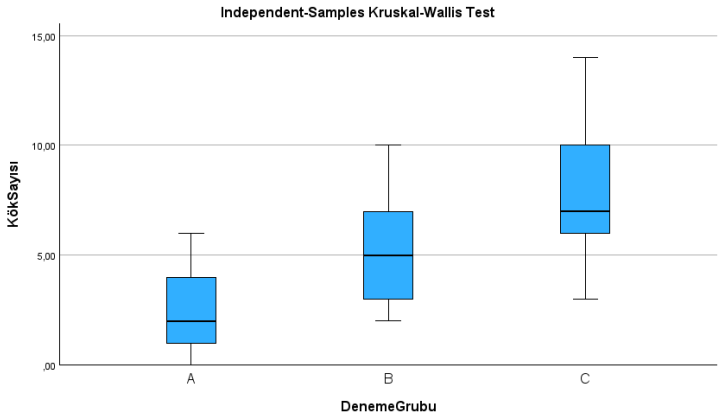
Çizelge 3. Kök ölçüm parametrelerinin (Kök Sayısı, Kök Uzunluğu, Kardeş Gövde) birbirinden istatistiksel olarak farklı olup olmadığını gösteren Kruskal–Wallis testi sonuçları tablosu

Test Statistics[a,b]

	KökSayısı	KökUzunluğu	KardeşGövde
Kruskal-Wallis H	41,902	33,247	16,565
df	2	2	2
Asymp. Sig.	<,001	<,001	<,001

a. Kruskal Wallis Test

Görsel 5, üç deney grubunun (**A, B, C**) **kök sayısı** bakımından belirgin şekilde farklılaştığını göstermektedir. A grubunda kök sayısı en düşük seviyededir; medyan **(≈2)** olup değerler **(≈1–6)** aralığında değişmektedir. B grubunda kök sayısı orta düzeydedir; medyan **(≈5)** olup dağılım **(≈2–10)** aralığındadır. C grubunda ise kök sayısı en yüksek düzeydedir; medyan **(≈7)** olup değerler **(≈4–14)** aralığında seyretmektedir. Bu tablo, kök sayısının **A < B < C** şeklinde düzenli bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kruskal-Wallis testinde bu değişken için anlamlılık $p < .001$ olduğundan, gruplar arasındaki gözlenen farkların istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu söylenebilir. Bu sonuç, uygulanan farklı muamelelerin kök sayısını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.



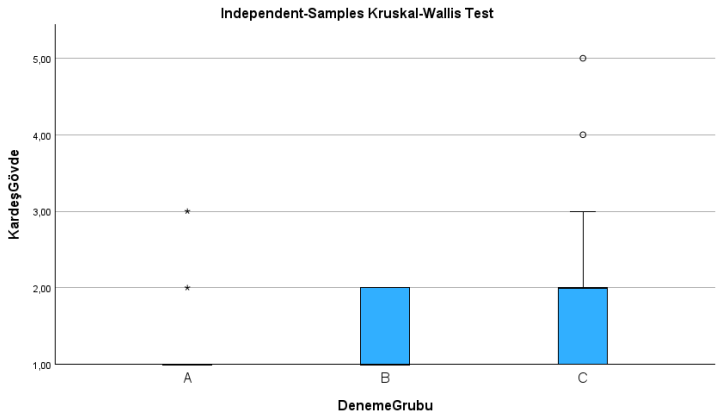
Görsel 5. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen kök sayısı değerlerinin kutu grafiği. Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı farklılık vardır (p < 0.001). En yüksek köklenme performansı C (30 cm) grubunda gözlenmiştir.

Görsel 6, üç deney grubunun (A, B, C) kök uzunluğu açısından belirgin şekilde farklılaştığını göstermektedir. A grubunda kök uzunluğu en düşük düzeydedir; medyan (≈10) olup değerler (≈5–22) aralığında değişmektedir. B grubunda kök uzunluğu orta seviyede olup medyan (≈25) civarındadır ve değerler (≈7–50) aralığında seyretmektedir; ayrıca ≈55 civarında bir dış değer bulunmaktadır. C grubunda kök uzunluğu en yüksek düzeydedir; medyan (≈35) olup dağılım (≈10–45) aralığındadır ve ≈85 civarında bir yüksek dış değer vardır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Görsel 6. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen toplam kök uzunluğu değerlerinin kutu grafiği. Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p < 0.001$).

Görsel 7, üç deney grubunun (A, B, C) kardeş gövde sayısı bakımından farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. A grubunda değerler oldukça düşüktür; medyan (≈1) olup dağılım dardır ve ≈2–3 seviyelerinde birkaç dış değer görülmektedir. B grubunda kardeş gövde sayısı medyan (≈2) civarındadır ve değerler (≈1–2) aralığında yoğunlaşmıştır. C grubunda ise medyan yine (≈2) olup dağılım biraz daha geniştir; grupta ≈4–5 seviyelerinde belirgin dış değerler bulunmaktadır. Genel olarak A grubunun kardeş gövde sayısı en düşük seviyedeyken, B ve C gruplarının birbirine yakın fakat C grubunda daha fazla varyasyon olduğu görülmektedir. Kruskal-Wallis testinin $p < .001$ sonucu, bu gözlenen farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermekte ve uygulanan muamelelerin kardeş gövde oluşumunu önemli ölçüde etkilediğini düşündürmektedir.



Görsel 7. Farklı sap uzunluğu gruplarında (A: 0 cm, B: 15 cm, C: 30 cm) ölçülen kardeş gövde sayısı değerlerinin kutu grafiği ($p < 0.001$).

Korelasyon analizi (Görsel 8), su kalitesi parametreleri ile bitkisel gelişim göstergeleri arasındaki ilişkilerin farklı düzeylerde seyrettiğini göstermiştir. pH değeri ile iletkenlik arasında pozitif ve yüksek düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = 0.550$, $p = 0.001$). Benzer şekilde pH ile kök uzunluğu arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($r = 0.364$, $p = 0.027$); bu durum, kök gelişiminin daha dengeli pH koşullarında desteklendiğini düşündürmektedir. İletkenlik ile bitkisel gelişim değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

belirlenmemiştir. Özellikle kök sayısı ve kök uzunluğu ile iletkenlik arasındaki düşük korelasyon katsayıları, suyun mineral tuzluluğunun kök oluşumunu belirgin şekilde etkilemediğini göstermektedir. Sıcaklık ile bitki gelişim parametreleri arasındaki ilişkiler de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ve sıcaklık dalgalanmalarının köklenme performansı üzerinde sınırlı etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Oksijen düzeyi ile kök uzunluğu arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = 0.520$, $p = 0.001$). Oksijen ile kök sayısı arasındaki pozitif yönlü ilişki ise anlamlılık sınırına oldukça yakın olup ($r = 0.290$, $p = 0.063$), daha geniş örneklem setlerinde anlamlı hale gelebileceğini düşündürmektedir. Bitki gelişimi parametreleri kendi içinde incelendiğinde, kök sayısı ile kök uzunluğu arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki vardır ($r = 0.518$, $p < 0.001$). Ayrıca kök uzunluğu ile kardeş gövde gelişimi arasında da anlamlı bir pozitif ilişki bulunmuştur ($r = 0.455$, $p < 0.001$). Bu bulgular, kök gelişimi arttıkça bitkinin üst yapısal gelişiminin de güçlendiğini göstermektedir.

	İletkenlik	Sıcaklık	Oksijen	Kök Sayısı	Kök Uzunluğu	Kardeş Gövde	
pH	,550**	-0.037	0.272	0.221	,364*	-0.029	Correlation Coefficient
	0.001	0.812	0.071	0.160	0.027	0.863	Sig. (2-tailed)
	36	45	45	42	37	38	N
	İletkenlik	0.101	0.135	-0.303	-0.114	-0.302	Correlation Coefficient
		0.558	0.434	0.082	0.555	0.099	Sig. (2-tailed)
		36	36	34	29	31	N
		Sıcaklık	-0.140	0.079	0.062	0.169	Correlation Coefficient
			0.358	0.619	0.715	0.312	Sig. (2-tailed)
			45	42	37	38	N
			Oksijen	0.290	,520**	-0.073	Correlation Coefficient
				0.063	0.001	0.663	Sig. (2-tailed)
				42	37	38	N
				Kök Sayısı	,518**	,407**	Correlation Coefficient
					0.000	0.001	Sig. (2-tailed)
					73	68	N
					Kök Uzunluğu	,455**	Correlation Coefficient
						0.000	Sig. (2-tailed)
						66	N

Görsel 8. Spearman korelasyon analizi tablosu.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada *Cyperus alternifolius*'un çiçek sapı uzunluğuna bağlı olarak su ortamındaki köklenme performansı değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular, literatürde tanımlanan türün morfolojik ve ekolojik karakteristikleriyle uyumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Özellikle 30 cm'lik sap uzunluğu grubunda gözlenen yüksek kök sayısı, kök uzunluğu ve kardeş gövde gelişimi, türün generatif yapılarının da uygun çevresel koşullarda güçlü bir vejetatif yanıt verebildiğini göstermektedir. Bu durum, *Cyperus alternifolius*'un sulak alan habitatlarında hızlı

büyüme kapasitesine sahip olduğunu bildiren çalışmalarla paralellik taşımaktadır [1,3]. Çalışmada elde edilen sonuçlar, sucul ortamlarda besin ve oksijen koşullarının köklenme süreçlerini etkilediğini bildiren araştırmalarla da uyumludur. Özellikle çözünmüş oksijen ile kök uzunluğu arasında saptanan pozitif ilişki, makrofitlerin su kalitesi parametrelerine bağlı olarak kök morfolojisinde adaptif yanıtlar verebildiğini ortaya koyan önceki bulguları destekler niteliktedir [15,16]. Benzer şekilde pH ile kök uzunluğu arasındaki anlamlı pozitif ilişki, *Cyperus* türlerinin besince zengin veya kimyasal özellikleri değişken su ortamlarında aktif kök geliştirme kapasitesine sahip olduğunu bildiren çalışmalarla tutarlıdır [12–14]. Bu araştırmanın bir diğer önemli bulgusu, çiçek sapı uzunluğu arttıkça köklenme performansının belirgin şekilde iyileşmesidir. Literatürde çiçek saplarının su ortamında köklenmesine dair doğrudan çalışma bulunmamasına karşın [17,18], *Cyperus alternifolius*'un rizomlar, tuberler ve gövde segmentleri aracılığıyla yüksek vejetatif çoğalma yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir [8–11]. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar, bitkinin generatif yapılarının da vejetatif çoğaltım sürecine katılabileceğini ve çiçek sapı uzunluğunun bu süreçte belirleyici bir faktör olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla çalışma, literatürde belirtilen köklenme mekanizmalarına yeni bir katkı sunmakta ve özellikle çiçek saplarının bitki çoğaltımını destekleyen güçlü bir materyal olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

6. SONUÇ

Bu araştırma da, *Cyperus alternifolius* bitkisinde çiçek sapı uzunluğunun su ortamındaki köklenme başarısı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bulgular, sap uzunluğunun köklenme başarısını belirgin şekilde etkilediğini göstermiş ve özellikle **30 cm sap uzunluğunun** kök sayısı, kök uzunluğu ve kardeş gövde gelişimi açısından en yüksek performansı sağladığını ortaya koymuştur. Su kalite parametreleriyle gelişim göstergeleri arasındaki pozitif ilişkiler, türün sucul ortamlara uyum sağlayabilen esnek köklenme mekanizmasını desteklemektedir. Elde edilen sonuçlar, *Cyperus alternifolius*'un vejetatif çoğaltım potansiyelinin generatif yapılara da uzandığını göstermekte ve bitkinin fitoremediasyon, sulak alan restorasyonu ve peyzaj uygulamalarında daha geniş bir kullanım alanına sahip olabileceğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Deng, N., Liu, C., Tian, Y., Song, Q., Niu, Y. ve Ma, F., Complete Chloroplast Genome Sequences and Codon Usage Pattern Among Three Wetland Plants, Agronomy Journal, 113(2), 840-851, 2021.

[2] Singh, M., A Preliminary Assessment of Avifaunal Diversity in Parwati Arga Bird Sanctuary, Uttar Pradesh, India, Journal of Threatened Taxa, 17(11), 27976-27984, 2025.

[3] Nguyen, H. U., Phan, Q. N., Dang, H. T., Son, T. T. N., Nguyen, H. N. ve Nguyen, T. H. T., Morphology, Biology, and Damage Behaviors of Nutsedge Borer (Bactra venosana Zeller) in Tra Vinh Province, Vietnam, Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 23(2), 2022.

[4] Costa Neto, J., Silva, R. D., Amaral, P., Leão, M. R., Gomes, T. ve Sant'Ana, G., Extraction, Chemical Modification by Octenyl Succinic and Characterization of *Cyperus* esculentus Starch, Polímeros, 28, 319-322, 2018.

[5] Reynders, M., Huygh, W., Larridon, I., Muasya, A. M., Govaerts, R., Simpson, D. A. ve Goetghebeur, P. A., Nomenclature and Typification of Names of Genera and Subdivisions of Genera in the Cypereae (Cyperaceae): 3. Names in Segregate Genera of *Cyperus*, Taxon, 60(3), 885-895, 2011.

[6] Pereira-Silva, L., Trevisan, R., Rodrigues, A. C. ve Larridon, I., Combining the Small South American Genus Androtrichum into *Cyperus* (Cyperaceae), Plant Ecology and Evolution, 153(3), 446-454, 2020.

[7] Espinel, A. D., Papyrus. In The Encyclopedia of Ancient History (eds R.S. Bagnall, K. Brodersen, C.B. Champion, A. Erskine and S.R. Huebner). 2022.

[8] Clay, K., Comparative Demography of Three Graminoids Infected by Systemic, Clavicipitaceous Fungi, Ecology, 71(2), 558-570, 1990.

[9] Lauwers, M., De Cauwer, B., Nuyttens, D., Cool, S. R. ve Pieters, J. G., Hyperspectral Classification of *Cyperus* esculentus Clones and Morphologically Similar Weeds, Sensors, 20(9), 2504, 2020.

[10] Chadha, A., Florentine, S.K., Dhileepan, K., Turville, C. ve Dowling, K., Evaluation of Florpyrauxifen-benzyl for the Control of *Cyperus aromaticus* (Navua Sedge), *Advances in Weed Science*, 40, e0202200048, 2022.

[11] Al-Huqail, A. A., Taher, M. A., Širić, I., Goala, M., Adelodun, B., Choi, K. S., … ve Eid, E. M., Bioremediation of Battery Scrap Waste Contaminated Soils Using Coco Grass (*Cyperus* rotundus L.): A Prediction Modeling Study for Cadmium and Lead Phytoextraction, Agriculture, 13(7), 1411, 2023.

[12] Utomo, B., Ikhsan, C. ve Yanto, F. H., Greywater Pollutant Removal Efficiency Was Similar in Tropical Horizontal and Vertically Constructed Wetlands, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1462(1), 012012, 2025.

[13] Zhai, J., Rahaman, M. H., Ji, J., Luo, Z., Wang, Q., Xiao, H. ve Wang, K., Plant Uptake of Diclofenac in a Mesocosm-Scale Free Water Surface Constructed Wetland by *Cyperus alternifolius*, Water Science and Technology, 73(12), 3008-3016, 2016.

[14] Jiang, H., Lu, A., Li, J., Ma, M., Meng, G., Chen, Q. ve Yin, X., Effects of Aquatic Plant Coverage on Diversity and Resource Use Efficiency of Phytoplankton in Urban Wetlands: A Case Study in Jinan, China, *Biology*, 13(1), 44, 2024.

[15] Retta, B., Coppola, E., Ciniglia, C. ve Grilli, E., Constructed Wetlands for the Wastewater Treatment: A Review of Italian Case Studies, Applied Sciences, 13(10), 6211, 2023.

[16] Rahman, M. A., Reichman, S. M., De Filippis, L., Tavakoly Sany, S. B. ve Hasegawa, H., Phytoremediation of Toxic Metals in Soils and Wetlands: Concepts and Applications, Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils, 161-195, 2016.

[17] Ronquillo, C. I., Adarna, L. N. ve Castañares, J. M., Bioconcentration of Copper in *Cyperus alternifolius* L. (Umbrella Plant) in Butuanon River, KIMIKA, 25(1), 11-26, 2014.

[18] Darras, A. I., Implementation of Sustainable Practices to Ornamental Plant Cultivation Worldwide: A Critical Review, Agronomy, 10(10), 1570, 2020.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Mirabilis jalapa Linn. TOHUMLARINDA FARKLI ÖN İŞLEM UYGULAMALARININ ÇİMLENME BAŞARISINA ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi, Türker OĞUZTÜRK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
turker.oguzturk@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-9611-9959
Prof. Dr., Turan YÜKSEK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
turan.yuksek@erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-2964-1760
Melek KANDİŞ
melek_kandis23@ erdogan.edu.tr - https://orcid.org/0009-0005-2511-2337
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,

ÖZET

Bu araştırma, *Mirabilis jalapa* Linn. tohumlarında farklı ön işlem uygulamalarının çimlenme başarısına etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Her bir denemede 30 tohum kullanılmış ve toplam sekiz uygulama grubu oluşturulmuştur. Birinci grup kontrol, ikinci grup kabuğu soyulmuş tohumlar, üçüncü grup oda sıcaklığında suda 15 dakika bekletilen tohumlar, dördüncü grup oda sıcaklığında suda 30 dakika bekletilen tohumlar, beşinci grup 30 °C suda 15 dakika bekletilen tohumlar, altıncı grup 30 °C suda 30 dakika bekletilen tohumlar, yedinci grup sıvı solucan gübresinde 15 dakika bekletilen tohumlar ve sekizinci grup sıvı solucan gübresinde 30 dakika bekletilen tohumlardan oluşmuştur. Her gruptaki 30 tohum, 15'ar adetlik üç tekerrür halinde düzenlenmiştir. Ön işlem öncesi ve sonrası tohum ağırlıkları kaydedilmiş, çimlenme yüzdeleri belirlenmiştir. Kruskal–Wallis testi, hem ağırlık farkı hem de çimlenme oranlarında uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte Bonferroni düzeltilmiş ikili karşılaştırmalar çoğu grubun benzer performans sergilediğini ortaya koymuştur. Sıcak su uygulamalarında (özellikle 30 °C–30 dk) ağırlık artışı en yüksek değerlere ulaşmış, kabuğu soyma uygulaması ise en düşük performansı göstermiştir. Çimlenme oranlarında kontrol ve sıcak su uygulamalarının nispeten daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüş; ancak bu farklar çoklu karşılaştırma düzeltmesi sonrasında anlamlılığa ulaşmamıştır. Genel olarak sonuçlar, *M. jalapa* tohumlarının uygulanan ön işlemlere karşı sınırlı bir yanıt verdiğini, ancak sıcak su uygulamalarının belirli süre–sıcaklık kombinasyonlarında çimlenme eğilimini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : *Mirabilis jalapa*, tohum çimlenmesi, ön işlem, sıvı solucan gübresi, sıcak su uygulaması.

1. GİRİŞ

Mirabilis jalapa Linn., yaygın adıyla akşam sefası, Nyctaginaceae familyasına ait otsu bir çok yıllık bitkidir. Kökeni Orta ve Güney Amerika olmakla birlikte tropikal bölgelerden dünyanın birçok yerine yayılmış, farklı iklim koşullarında başarılı bir şekilde yetiştirilebilmiştir. Tür; beyaz, sarı, pembe ve iki renkli formlara sahip, geç öğleden sonra açan gösterişli huni biçimli çiçekleriyle tanınmakta ve bu özelliği nedeniyle estetik değeri yüksek süs bitkileri arasında yer almaktadır [1]. Akşam sefası, yalnızca dekoratif özellikleriyle değil, aynı zamanda geleneksel tıpta sahip olduğu kullanım geçmişiyle de dikkat çekmektedir. Peyzaj düzenlemelerinde düşük bakım gereksinimi ve fakir toprak koşullarına toleransı sayesinde sınır bitkisi, yer örtücü veya karışık dikimlerde yaygın biçimde tercih edilmektedir [2]. Bu türün sağlam kök sistemi ve geç saatlerde çiçeklenen yapısı, ona hem ekolojik hem de görsel açıdan ayrı bir değer kazandırmaktadır [3]. Ayrıca çiçeklerin gece aktif polinatörleri çekmesi, bitkinin ekosistemde oynadığı rolü güçlendirmektedir [4]. *Mirabilis jalapa*'nın geleneksel tıptaki kullanım alanları oldukça geniştir. Özellikle Meksika ve Güney Amerika'daki yerli topluluklar tarafından ishal ve dizanteri gibi gastrointestinal rahatsızlıkların tedavisinde uzun yıllardır kullanılmaktadır [5,6]. Bitkinin yaprak, kök ve çiçek ekstraktlarının antimikrobiyal özellikler taşıdığı da çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur [1]. Tohum biyolojisi ve çoğaltım yöntemleri açısından bakıldığında *M. jalapa*'nın önemli araştırma konularından biri olduğu görülmektedir. Tohumların yalnızca çoğalımda değil, aynı zamanda bünyelerindeki biyoaktif bileşikler nedeniyle biyoteknolojik uygulamalarda da değer taşıdığı bilinmektedir. Tohum bileşimindeki alkaloidler ve diğer biyolojik etkin maddeler, bitkinin tıbbi değerini artırmakta ve doğru yetiştirme stratejilerinin bu bileşenlerin verimini etkilediğini göstermektedir [7]. *Mirabilis jalapa*, genetik araştırmalar açısından da tarihsel bir öneme sahiptir. Kontrollü tozlaşma ile yürütülen klasik çalışmalar, Mendel'in kalıtım ilkelerini doğrulayan örnekler arasında yer almakta ve bitkinin genetik model organizma olarak önemini ortaya koymaktadır [8]. Bu nedenle türün tohum üretimi, çimlenme biyolojisi ve çevresel koşullara tepkisi, hem tarımsal hem de bilimsel açıdan güncel bir araştırma alanı olmayı sürdürmektedir. Tıbbi, aromatik ve süs bitkisi olarak çok yönlü değerlendirilebilmesi, akşam sefasının yetiştirilme teknikleri üzerine yapılan çalışmaları daha da önemli hale getirmektedir. Nitekim çevresel koşulların ve yetişme ortamı özelliklerinin tohum çimlenme oranlarını etkilediği; farklı substratlar ve yetiştirme tekniklerinin ise verim ve bitkisel kaliteyi belirlediği bilinmektedir. Aynı zamanda bitkinin ağır metal biriktirme kapasitesi, biyoremediasyon çalışmalarında kullanımını mümkün kılmakta; ancak tıbbi amaçlı kullanımda bu durumun dikkatle yönetilmesini gerektirmektedir [9]. Bu bağlamda, özellikle sert tohum kabuğu nedeniyle çimlenme güçlüğü yaşayan *M. jalapa* tohumlarının çimlenme yüzdesini artırmaya yönelik ön işlem uygulamaları büyük önem taşımaktadır. Literatürde sıcak su, mekanik skarifikasyon ve çeşitli kimyasal uygulamalar denenmiş olmakla birlikte, organik içerikli sıvı solucan gübresinin çimlenme üzerindeki etkisini inceleyen çalışma sayısı son derece sınırlıdır. Bu nedenle farklı ön işlem tekniklerinin çimlenme başarısına etkisini belirlemek, hem üretim hem de tıbbi kullanım açısından pratik ve bilimsel katkılar sağlayacaktır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2. MATERYAL

Bu araştırmada materyal olarak *Mirabilis jalapa* türüne ait olgun ve sağlıklı tohumlar kullanılmıştır. Ekim ortamı olarak 2 mm elekten elenmiş ticari torf tercih edilmiş ve tüm denemelerde aynı substrat kullanılmıştır. Tohumların dış ortamdan gelebilecek kirleticilerden korunması ve kontrollü bir mikroçevre oluşturulması amacıyla 15 litrelik kapaklı, şeffaf plastik bir kap çalışma ortamı olarak kullanılmıştır. Bu kap, 10 cm genişliğinde plastik şeritler yardımıyla 24 bölmeye ayrılmış ve her bölme tohum ekimi için birer ekim yastığı görevi görmüştür. Çalışmada kullanılan tüm materyaller ve ekipmanlar, uygulama koşullarının standardizasyonunu sağlamak amacıyla aynı fiziksel ortamda ve aynı prosedürler izlenerek hazırlanmıştır.

3. YÖNTEM

Bu araştırma, *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem uygulamalarının çimlenme üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada toplam sekiz farklı ön işlem grubu oluşturulmuş olup uygulamalar sırasıyla şu şekilde düzenlenmiştir: A: Kontrol, B: Kabuk soyma, C: Çeşme suyunda 60 dk., D: Çeşme suyunda 120 dk., E: 30 °C suda 60 dk., F: 30 °C suda 120 dk., G: Sıvı solucan gübresinde 60 dk., H: Sıvı solucan gübresinde 120 dk. Tüm ön işlemler 04.11.2025 tarihinde uygulanmıştır. Tohumlar, aynı yetişme sezonunda ve aynı anaç bitkiden toplanarak çalışma materyalinin homojenliği sağlanmıştır. Her uygulama grubu 3 tekerrür içerecek şekilde düzenlenmiş ve her tekerrürde 10 adet tohum kullanılmıştır. Böylece çalışma kapsamında toplam 240 adet tohum değerlendirilmiştir. Tohumlara ön işlem uygulanmadan önce ve uygulama sonrasında tohum ağırlıkları hassas terazi ile ölçülerek kaydedilmiştir. Ön işlemler tamamlandıktan sonra tohumlar aynı ortam koşullarında ekilmiştir. Ekim sonrası her bir tohumun çimlenme zamanı günlük olarak izlenmiş; çimlenme kriteri olarak kotiledon'un (tohum yaprağı) 1 cm olması esas alınmıştır. Her uygulama grubunda kaç gün sonra ilk çimlenmenin gerçekleştiği ve dört haftalık dönem boyunca toplam çimlenen tohum sayısı ayrıntılı biçimde kaydedilmiştir. Deneme süresince tüm ortamlar için toprak nemi, havadaki bağıl nem, toprak iletkenliği (EC), toprak pH'ı ve toprak sıcaklığı olmak üzere beş çevresel parametre ölçülmüştür. Bu ölçümler, dört hafta boyunca haftada dört gün (Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe) ve her gün aynı saatte gerçekleştirilmiştir. Böylece çevresel değişkenlerin çimlenme üzerindeki etkilerinin tutarlı bir şekilde izlenmesi sağlanmıştır. Çimlenme yüzdeleri, ön işlem gruplarına ait ağırlık değişimleri ve çevresel ölçüm verileri istatistiksel değerlendirme için SPSS 29 paket programına aktarılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde uygun istatistiksel testler kullanılmış; elde edilen sonuçlar anlamlılık düzeyleriyle birlikte yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Kruskal–Wallis testi sonuçları (Çizelge 1), uygulanan ön işlemlerin tohum ağırlık farkları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($H = 21.130$, $sd = 7$, $p = 0.004$). Bu bulgu, sekiz farklı ön işlem grubunun ağırlık değişimlerine ilişkin sıra ortalamalarının birbirinden anlamlı düzeyde farklılaştığını göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem uygulamalarına göre ağırlık farklarının Kruskal–Wallis testi sonuçları.

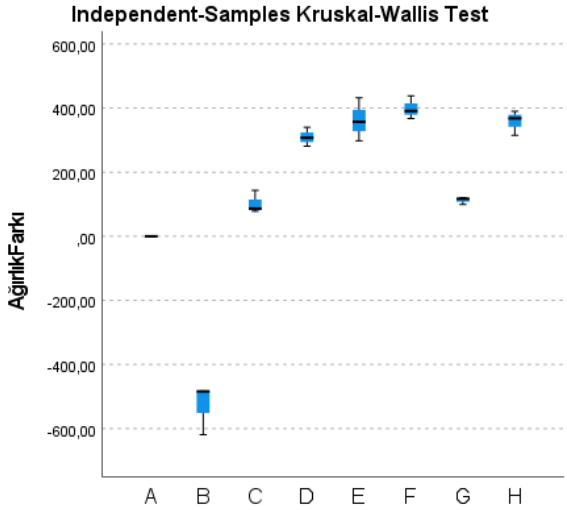
Test Statistics[a,b]

	Ağırlık Farkı
Kruskal-Wallis H	21,130
df	7
Asymp. Sig.	,004

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Ön İşlem

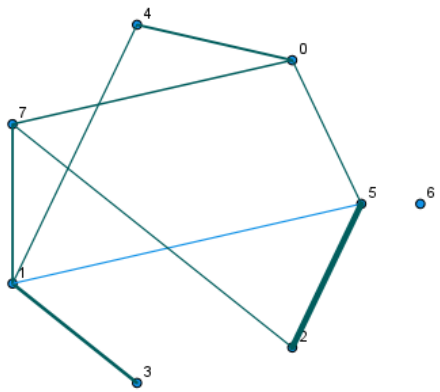
Ağırlık farkına ilişkin dağılımlar incelendiğinde, ön işlem grupları arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. Kabuk soyma işlemi (B grubu) ağırlık kaybının en yüksek olduğu grup olarak öne çıkarken, sıcak su ve sıvı solucan gübresi uygulamalarının yer aldığı D, E, F, G ve H gruplarında ağırlık artışlarının daha yüksek düzeyde seyrettiği gözlenmiştir. Özellikle sıcak su (30 °C) ve sıvı solucan gübresi uygulamalarının ağırlık artışında daha tutarlı ve yüksek dağılımlar ürettiği boxplot grafiğinde açıkça görülmektedir. Bu dağılımlar, Kruskal–Wallis testinin anlamlı sonucu ile uyumludur (Görsel 1).



Görsel 1. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem uygulamalarına göre ağırlık farkı dağılımlarını gösteren boxplot grafiği. A: Kontrol, B: Kabuk soyma, C–D: Oda sıcaklığında su uygulamaları, E–F: 30 °C sıcak su uygulamaları, G–H: sıvı solucan gübresi uygulamaları. Gruplar arasındaki dağılım farklılıkları Kruskal–Wallis testinde anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

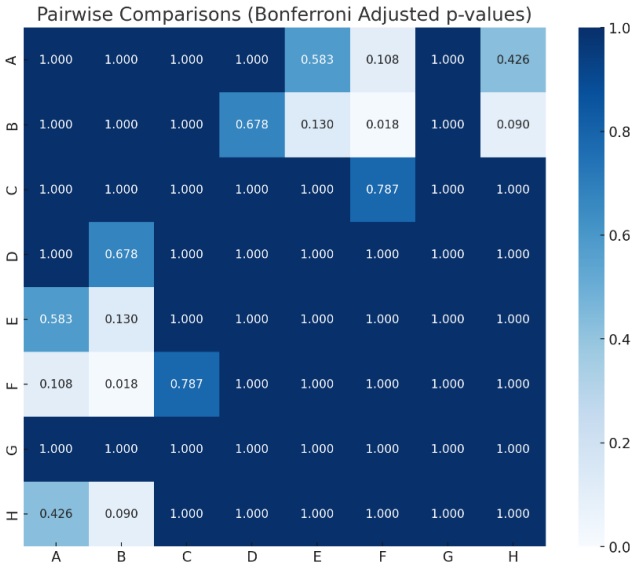
İkili karşılaştırmalara ilişkin ağ diyagramı, ön işlem gruplarının ortalama sıra değerleri arasındaki ilişkileri görsel olarak ortaya koymaktadır. Görsel özellikle F (30 °C–120 dk), E (30 °C–60 dk) ve H (solucan gübresi 120 dk) gruplarının ağırlık artışı bakımından birbirine yakın konumlandığı görülmektedir. Buna karşın kabuk soyma uygulaması (B grubu), diğer tüm uygulamalardan belirgin şekilde ayrılarak en düşük performansı göstermiştir. Ayrıca C, D ve G grupları orta düzeyde kümelenirken, dağılım yapıları ağ üzerinde farklı mesafelerle gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 2. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem uygulamaları arasındaki ikili karşılaştırmaların ortalama sıra değerlerine göre oluşturulan ağ diyagramı. Her bir düğüm ilgili ön işlem grubunu, düğümler arası çizgiler ise ortalama sıra değerlerinin birbirine yakınlığını göstermektedir. Yüksek ortalama sıra değerine sahip gruplar (E, F, H) diyagramda birbirine yakın kümelenirken, düşük değerli grup (B) diğerlerinden belirgin şekilde ayrılmıştır.

Kruskal–Wallis testi, ön işlem grupları arasında genel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir (H = 21.130, p = 0.004). Ancak yapılan ikili karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesinin oldukça katı olması nedeniyle düzeltilmiş p-değerlerinin hiçbiri 0.05 anlamlılık düzeyinin altına düşmemiştir. Bununla birlikte, B–F karşılaştırması (adj. p = 0.018) en düşük p-değerine sahip eşleşme olup, gruplar arasındaki farklılaşmaya en yakın sonucu ortaya koymuştur. B grubunun (kabuğu soyma) düşük performansı ile F grubunun (30 °C – 120 dk) yüksek performansı arasındaki bu fark, heatmap üzerinde açık biçimde görülmektedir.



Görsel 3. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem grupları arasındaki Bonferroni düzeltilmiş ikili karşılaştırma p-değerlerini gösteren ısı haritası. Renk skalası düşük p-değerlerini açık tonlarla, yüksek p-değerlerini koyu tonlarla göstermektedir. B–F eşleşmesi (kabuğu soyma vs. 30 °C–120 dk) en düşük adj. p-değerine (0.018) sahip olup, diğer karşılaştırmalar anlamlı olmayan düzeyde kalmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre, uygulanan ön işlemler *Mirabilis jalapa* tohumlarının çimlenme yüzdeleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir (H = 16.177, sd = 7, p = 0.024). Bu sonuç, sekiz ön işlem grubunun çimlenme performansının en az bir grupta diğerlerinden farklı olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem uygulamalarına göre çimlenme yüzdelerinin Kruskal–Wallis testi sonuçları.

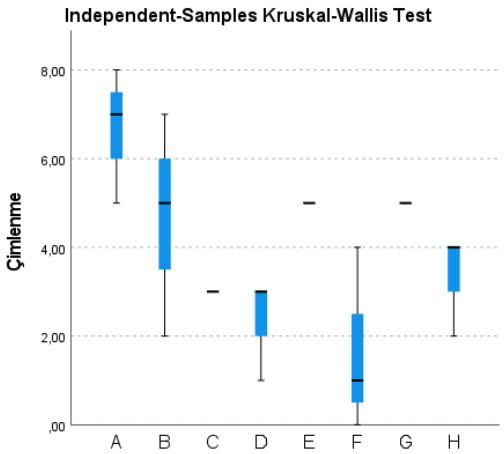
Test Statistics[a,b]

	Çimlenme
Kruskal-Wallis H	16,177
df	7
Asymp. Sig.	,024

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Önİşlem

Çimlenme yüzdelerine ilişkin boxplot grafiği, ön işlem grupları arasında belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir. A grubu (kontrol) en yüksek çimlenme değerlerini üretirken, B grubunda çimlenme değerlerinin daha geniş bir dağılım gösterdiği ve orta düzeyde seyrettiği görülmektedir. C ve D gruplarında çimlenme düzeyleri nispeten düşük ve daha dar bir dağılım sergilemiştir. E ve G gruplarında çimlenme değerleri orta seviyede toplanırken, özellikle F grubunda çimlenme değerlerinin en düşük seviyelere düştüğü ve dağılımın oldukça dar olduğu gözlenmektedir. H grubu ise orta–yüksek çimlenme aralığında yer almıştır (Görsel 4). Bu dağılım özellikleri, Kruskal–Wallis testinde gözlenen anlamlı farklılıkla (p = 0.024) uyumludur.

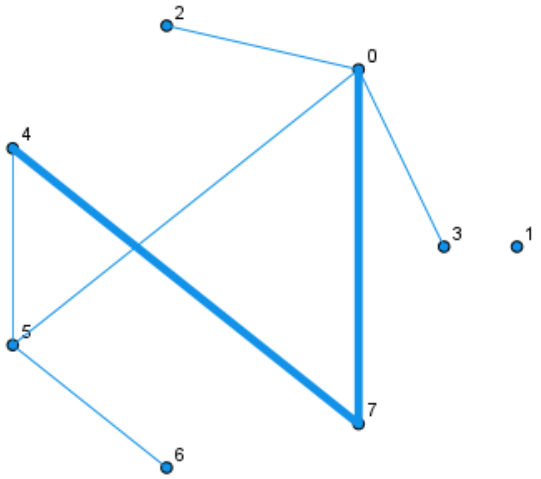


Görsel 4. *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem gruplarına göre çimlenme değerlerinin dağılımını gösteren boxplot grafiği. A: Kontrol, B: Kabuk soyma, C–D: Oda sıcaklığında su uygulamaları, E–F: 30 °C sıcak su uygulamaları, G–H: sıvı solucan gübresi uygulamaları. Ön işlem grupları arasında çimlenme açısından farklılıklar gözlenmiş olup bu farklılık Kruskal–Wallis testi ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p < 0.05).

Çimlenme değerlerine ilişkin ikili karşılaştırmaların ağ diyagramı, ön işlem gruplarının ortalama sıra değerleri arasındaki göreli yakınlık ve uzaklık ilişkilerini göstermektedir. Ağ yapısında özellikle A (kontrol) ve B (kabuk soyma) gruplarının daha yüksek ortalama sıra

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

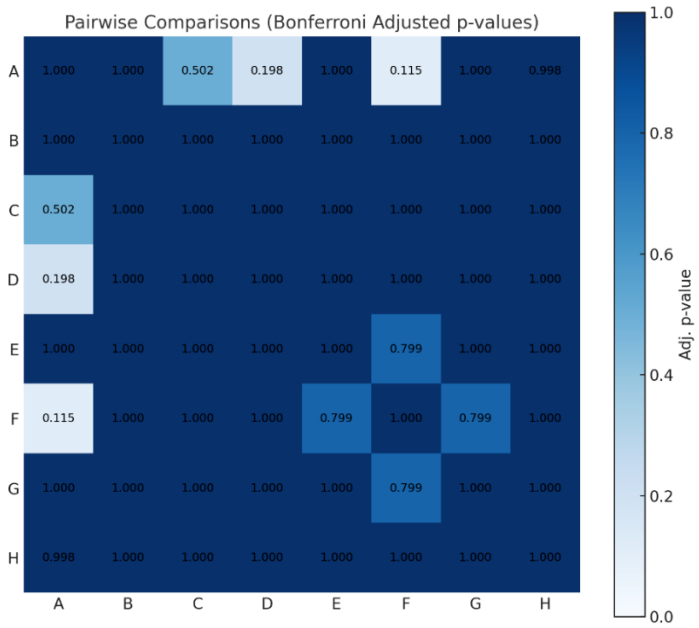
değerleriyle merkezde konumlandığı, buna karşılık F grubunun en düşük sıra değerine sahip olarak diğer gruplardan belirgin şekilde ayrıştığı görülmektedir. C ve D grupları birbirine daha yakın bir küme oluştururken; E, G ve H grupları orta düzeyde sıra değerleriyle diyagramın ara bölgelerinde yer almaktadır (Görsel 5). Bu görsel dağılım, çimlenme verilerinde gözlenen varyasyonun ön işlemler arasında düzensiz bir şekilde gerçekleştiğini ve Kruskal–Wallis testiyle belirlenen anlamlı farklılığı desteklediğini göstermektedir.



Görsel 5. ***Mirabilis jalapa*** **tohumlarında farklı ön işlem uygulamaları arasındaki ortalama sıra değerlerine göre oluşturulmuş pairwise karşılaştırma ağ diyagramı. Her bir düğüm (node) bir ön işlem grubunu, düğümler arası çizgiler ise gruplar arasındaki ortalama sıra ilişkisini göstermektedir. A ve B grupları yüksek sıra ortalamalarıyla merkezde yer alırken, F grubu en düşük sıra değerlerine sahip olarak diyagramın dış bölgesine konumlanmıştır.**

Bonferroni düzeltilmiş pairwise karşılaştırma sonuçlarına göre, sekiz ön işlem grubunun çoğu birbirine oldukça benzer çimlenme performansı göstermiştir (adj. $p > 0.50$). Isı haritasında koyu maviyle görülen geniş alanlar, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir.
Bununla birlikte bazı karşılaştırmalar, diğerlerine kıyasla daha düşük p-değerleri üretmiş ve farklılığa *yaklaşan* sonuçlara işaret etmiştir. Özellikle:
A–F karşılaştırması (adj. $p = 0.115$)
A–D karşılaştırması (adj. $p = 0.198$)
A–C karşılaştırması (adj. $p = 0.502$)
F–E ve F–G karşılaştırmaları (adj. $p = 0.799$)
gibi çiftlerde p-değerinin nispeten daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle A (kontrol) ve F (30 °C – 120 dk) grupları arasındaki çimlenme farkının diğer gruplara göre daha belirgin olduğunu, ancak Bonferroni düzeltmesi sonrası istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmadığını göstermektedir (Görsel 6).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 6. *Mirabilis jalapa* tohumlarında sekiz farklı ön işlem grubuna ait Bonferroni düzeltilmiş ikili karşılaştırma (pairwise comparison) p-değerlerinin ısı haritası. Her hücre, iki uygulama grubunun birbirinden istatistiksel olarak farklı olup olmadığını gösteren düzeltilmiş p-değerini ifade etmektedir. Renk yoğunluğu, p-değerinin büyüklüğüne göre artmakta olup koyu mavi alanlar yüksek p-değerlerini (fark yok), daha açık tonlar ise daha düşük p-değerlerini (gruplar arası farklılığa yakın sonuçları) temsil etmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, *Mirabilis jalapa* tohumlarında uygulanan farklı ön işlem tekniklerinin çimlenme başarısı üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bulgular, ön işlem grupları arasında genel olarak sınırlı düzeyde farklılık bulunduğunu göstermiş; Kruskal–Wallis analizi anlamlılık sınırına yakın bir sonuç vermiş olsa da ($p = 0.024$), Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar çoğu grubun benzer çimlenme performansı sergilediğini ortaya koymuştur. Bu durum, türün geniş çevresel toleransını vurgulayan literatürle uyumludur. Nitekim *M. jalapa*'nın düşük bakım gereksinimi, fakir topraklara dayanıklılığı ve değişken ekolojik koşullarda başarıyla gelişebilme yeteneği birçok çalışmada rapor edilmiştir [2,3,10]. Çalışmada özellikle kontrol grubu ile 30 °C–120 dk sıcak su uygulaması (F grubu) arasındaki çimlenme farkının diğer gruplara göre daha belirgin olduğu gözlenmiştir; ancak Bonferroni düzeltmesi sonrası anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Sıcak su uygulamalarının tohum kabuğunun geçirgenliğini artırarak çimlenme sürecini olumlu etkileyebileceği literatürde belirtilmiş olsa da [7], *M. jalapa* tohumlarında bu etkinin sınırlı kalması, türün sert kabuk yapısının sıcaklığa verdiği yanıtın oldukça değişken olabileceğini düşündürmektedir. Diğer yandan, organik içerikli girdi olan sıvı solucan gübresinin (G ve H grupları) etkisinin de sıcak su uygulamalarına benzer şekilde düşük düzeyde kalması, bu materyalin *M. jalapa* için çimlenme uyarıcısı olarak belirgin bir avantaj sağlamadığına işaret etmektedir. Literatürde bu türün çimlenme biyolojisine ilişkin çalışmalar genellikle mekanik skarifikasyon, sıcak su uygulamaları veya mikrobiyal

inokulasyon üzerinedir [7,11]. Organik sıvı gübre uygulamalarının sınırlı incelenmiş olması nedeniyle, bu bulgular gelecekte yapılacak deneysel çalışmalar için değerli bir karşılaştırma noktası oluşturmaktadır. Ayrıca *M. jalapa* tohumlarının biyoaktif bileşikler açısından zengin olması [5,10], tıbbi amaçlı üretim süreçlerinde çimlenme oranlarını iyileştirmenin önemini artırmaktadır. Ancak bu çalışmanın sonuçları, çimlenmeyi belirgin şekilde artıran tek bir ön işlem bulunmadığını, türün çimlenme yanıtının büyük ölçüde genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, bitkinin kalıtım çalışmalarında model olarak kullanılmasına yol açan genetik çeşitliliği ile de örtüşmektedir [8].

6. SONUÇLAR

Bu araştırmada *Mirabilis jalapa* tohumlarında farklı ön işlem tekniklerinin (kabuğu soyma, sıcak su uygulamaları ve sıvı solucan gübresi) çimlenme başarısı ve ağırlık artışı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Analizler, hem ağırlık farkı hem de çimlenme oranı açısından gruplar arasında genel bir farklılık olduğunu ($p < 0.05$) ortaya koymuştur. Bununla birlikte, Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar çoğu grubun benzer performans gösterdiğini ve farkların istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmadığını göstermiştir.

Ağırlık artışı açısından en yüksek ortalama sıralama sıcak su 30 °C–120 dk (F) ve 30 °C–60 dk (E) gruplarında görülmüş; kabuk soyma (B) uygulaması ise en düşük değerleri vermiştir. Çimlenme oranlarında ise kontrol (A) ile sıcak su uygulamalarının kısmen daha yüksek değerlere sahip olması, sıcak suyun sert tohum kabuğunun geçirgenliğini artırarak fizyolojik süreci destekleyebileceğini düşündürmektedir. Ancak bu artış Bonferroni düzeltmesi sonrasında istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır.

Genel olarak elde edilen sonuçlar, *M. jalapa* tohumlarının uygulanan ön işlemlere karşı sınırlı bir tepki verdiğini ve türün çimlenme fizyolojisinin yüksek oranda kendi içsel özelliklerine bağlı olduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte sıcak su uygulamalarının belirli süre sıcaklık kombinasyonlarında umut verici eğilimler oluşturduğu görülmektedir. Daha yüksek örneklem büyüklüğü, farklı sıcaklık-süre kombinasyonları ve organik uygulamaların konsantrasyonlarının çeşitlendirildiği çalışmalar, bu eğilimlerin doğrulanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Alam, T. ve Purnomo, A.T., Antimicrobial Activities of Synthesized Silver Nanoparticles Using Ethanol and Water Extract of *Mirabilis jalapa*, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 24(3), 70–76, 2021.

[2] Abdelnaby, A.S.I., Mewead, A.A., Gendy, A.S.H. ve Abdelkader, M.A.I., Landscape Use and Aesthetical Value of Surveyed Woody Ornamental Plants in Cairo Festival City–Cairo–Egypt in Landscape Gardening, *Plant Archives*, 21(1), 116–122, 2021.

[3] Showalter, H.M., Self Flower-Color Inheritance and Mutation in *Mirabilis jalapa* L., *Genetics*, 19(6), 568, 1934.

[4] Nores, M.J., López, H.A., Rudall, P.J., Anton, A.M. ve Galetto, L., Four O'clock Pollination Biology: Nectaries, Nectar and Flower Visitors in Nyctaginaceae from Southern South America, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171(3), 551–567, 2013.

[5] Aoki, K., Cortés, A.R., Ramirez, M.C., Gómez-Hernández, M. ve López-Muñoz, F.J., Pharmacological Study of Antispasmodic Activity of *Mirabilis jalapa* Linn Flowers, *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 96–101, 2008.

[6] Polito, L., Bortolotti, M., Maiello, S., Battelli, M.G. ve Bolognesi, A., Plants Producing Ribosome-Inactivating Proteins in Traditional Medicine, *Molecules*, 21(11), 1560, 2016.

[7] Kumar, S., Singh, V. ve Lakhanpaul, S., First Report of *Mirabilis* and *Chrysanthemum* Little Leaf Associated with 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia' in India, *Australasian Plant Disease Notes*, 7(1), 71–73, 2012.

[8] Zhang, H., Zhao, X., Zhao, F., Han, J. ve Sun, K., Mendel's Controlled Pollination Experiments in *Mirabilis jalapa* Confirmed His Discovery of the Gamete Theory of Inheritance in *Pisum*, *Hereditas*, 159(1), 19, 2022.

[9] Li, Q. ve Xu, F., Effects of *Mirabilis jalapa* L. Biological Characteristics Under Different Soil Substrates, *International Conference on Biomedical and Intelligent Systems (IC-BIS 2022)*, Vol. 12458, 121–128, 2022.

[10] Liya, F.I., Yasmin, M.F., Chowdhury, N.S., Charu, T.K. ve Fatema, I.B., *Mirabilis jalapa*: A Review of Ethno and Pharmacological Activities, *Advancement in Medicinal Plant Research*, 9(1), 1–10, 2021.

[11] Petriccione, M., Di Patre, D., Ferrante, P., Papa, S., Bartoli, G., Fioretto, A. ve Scortichini, M., Effects of *Pseudomonas fluorescens* Seed Bioinoculation on Heavy Metal Accumulation for *Mirabilis jalapa* Phytoextraction in Smelter-Contaminated Soil, *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(8), 1645, 2013.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE POLİAMİNLERİN KULLANIMI

Öğr. Gör. Dr. Selcan ÖZYALIN
Yozgat Bozok Üniversitesi,
selcan.ozyalin@yobu.edu.tr - 0000-0003-4831-8600

Doç. Dr. Hakan KELES
Yozgat Bozok Üniversitesi,
hakan.keles@yobu.edu.tr - 0000-0002-8225-931X

Doç. Dr. Murat GÜNEY
Yozgat Bozok Üniversitesi,
murat.guney@yobu.edu.tr - 0000-0003-2882-8347

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe AYDÖNER ÇOBAN
Yozgat Bozok Üniversitesi,
gokce.aydoner@yobu.edu.tr - 0000-0002-0851-8803

ÖZET

Poliaminler, bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve metabolizmasını düzenleyen, moleküler sinyal iletimi ve hücre bölünmesinde önemli roller oynayan azotlu bileşiklerdir. Bitkilerde yaygın olarak bulunan putresin, spermidin ve spermin poliaminleri, doku kültüründe dışsal uygulamalarıyla kallus oluşumu, rejenerasyon, embriyogenez ve organogenez verimliliğini artıran etkili biyoregülatörler olarak giderek daha fazla tanınmaktadır. Poliamin uygulamalarının ayrıca, oksidatif stresin azalması, fenolik salgının engellenmesi ve antioksidan sistemlerin düzenlenmesi gibi önemli etkileri de bilinmektedir. Bu çalışma, poliaminlerin bitki doku kültürünün başarısına nasıl katkıda bulunduğunu açıklamak için son deneysel çalışmalardan ve kapsamlı incelemelerden elde edilen bulguları bir araya getirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Büyümesi, Bitki Doku Kültürü, Poliaminler, Stres Toleransı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

USE OF POLYAMINES IN PLANT TISSUE CULTURE

Lecturer Dr. Selcan ÖZYALIN
Yozgat Bozok University,
selcan.ozyalin@yobu.edu.tr - 0000-0003-4831-8600

Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES
Yozgat Bozok University,
hakan.keles@yobu.edu.tr - 0000-0002-8225-931X

Assoc. Prof. Dr. Murat GÜNEY
Yozgat Bozok University,
murat.guney@yobu.edu.tr - 0000-0003-2882-8347

Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN
Yozgat Bozok University,
gokce.aydoner@yobu.edu.tr - 0000-0002-0851-8803

ABSTRACT

Polyamines are nitrogenous compounds that regulate plant growth, development, and metabolism, playing essential roles in molecular signaling and cell division. The polyamines putrescine, spermidine, and spermine, which are commonly found in plants, are increasingly recognized as effective bioregulators agents that enhance callus formation, regeneration, embryogenesis, and organogenesis efficiency through their exogenous applications in tissue culture. Polyamine treatments are also known to reduce oxidative stress, prevent phenolic exudation, and modulate antioxidant systems. This study compiles findings from recent experimental studies and comprehensive reviews to explain how polyamines contribute to the success of plant tissue culture.

Keywords: Plant Growth, Plant Tissue Culture, Polyamines, Stress Tolerance

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Poliaminler, iki veya daha fazla amino grubu içeren ve tüm canlı organizmalarda bulunan küçük, suda çözünür, alifatik bileşiklerdir. Serbest formda bulunabildikleri gibi fenolik asitler, nükleik asitler ve proteinler gibi diğer moleküllerle birleşmiş olarak da bulunabilirler. (Fazilati ve Forghani, 2015; Rakesh ve ark., 2021). Poliaminler canlı organizmalarda, putresin, spermidin, spermin ve kadaverin gibi farklı formlarda bulunmaktadırlar. 1678'de yapılan bir araştırmada, yaşlı insan sperminde bazı yıldız kristal benzeri yapılar gözlemlenmiş ve yaklaşık 200 yıl sonra, sperm içerisinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması nedeniyle bu yapıya "spermin" adı verilmiştir. 1920'lerin sonlarında ise kimyasal yapısı [N,N 1 -bis(3-aminopropil) bütan-1,4-diamin] açıklanmıştır. "Spermidin" ise sığır pankreasından kimyasal olarak sentezlenmiş ve "N-(3-aminopropil) bütan-1,4-diamin" olarak kimyasal yapısı açıklanmıştır. Doğal olarak oluşan iki diğer kokulu, uçucu poliamin, kadavranın çürüyen etinden izole edildiğinden "putresin [bütan-1,4-diamin]" ve "kadaverin [pentan-1,5-diamin]" olarak adlandırılmıştır. Bu poliaminler, kötü bir kokuya neden olan bakteriyel ayrışma bileşiklerinin sonucu oluşmuştur (Kusano ve ark., 2008). Putresin, spermidin ve spermin bitkilerde yaygın olarak bulunan ve üzerinde en çok çalışılan poliaminlerdir. Kadaverin, baklagillerde düşük miktarlarda bulunmaktadır (Rakesh ve ark., 2021). Spermidin ve spermin, pektin polisakkaritlerine bağlı hücre duvarında bulunmakta ve lignifikasyonu, hücre duvarı pH'ını vb. kontrol etmektedir. Putresin ise sitoplazmik özütlerde bulunmaktadır. Prokaryotlarda, putresin yüksek miktarlarda, spermidin düşük miktarlarda bulunurken, spermin genellikle yoktur. Ancak ökaryotlarda putresin çok düşük miktarda bulunurken, spermidin ve spermin yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Pal Bais ve Ravishankar, 2002).

Poliaminler, bitki büyümesinde, gelişiminde, stoma hareketlerinde etkili olmasının yanı sıra bitkilerin çeşitli çevresel (biyotik ve abiyotik) stresle mücadele etmelerine yardımcı olur. Stres koşullarında poliaminler, hücre turgorunu ve ozmotik potansiyeli koruyan belirli fonksiyonel koruyucu proteinleri ve uyumlu çözünenleri katabolize ederek hayati bir rol oynar (Rakesh ve ark., 2021). Spermin, reaktif oksijen türlerini temizleyerek ve DNA'yı mutasyonlardan koruyarak önemli bir rol oynarken (Takahashi ve Kakehi 2010), spermidin, antioksidan savunma sistemini aktive ederek hidrojen peroksit (H_2O_2) ve süper oksit (O_2^-) üretimini azaltmaktadır (Parvin ve ark., 2014).

Bitki doku kültürü, steril koşullarda, yapay bir besin ortamı içerisinde, bir bitkinin hücre, doku, organ gibi kısımları (eksplant) kullanılarak yeni bir doku, bitki veya sekonder metabolit üretilmesini sağlayan biyoteknolojik bir yöntemdir (Babaoğlu ve ark., 2001). Bitki doku kültürü, yıl boyunca az miktarda bitki materyalinden, kısa sürede milyonlarca sağlıklı, tek tip ve yüksek kaliteli yeni bitkilerin elde edilmesine imkan vermekle birlikte, yeni çeşit geliştirmek (somaklonal varyasyon), gen transferi, seleksiyon, nesli tükenmekte olan türlerin korunması ve çoğaltılması zor olan türlerin üretilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Doku kültüründe başarıyı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri, uygun eksplantın seçilmesi, bitkinin büyüme ve gelişmesi için ihtiyaç duyduğu bileşenleri içeren besin ortamının belirlenmesi ve kültür koşullarıdır (Babaoğlu ve ark., 2001). Bu süreçleri önemli ölçüde etkileyen faktörler arasında, hücresel düzeyde büyüme düzenleyici görevi gören, pozitif yüklü azotlu bileşikler olan poliaminler de bulunmaktadır.

Poliaminler (putresin, spermidin ve spermin), bitki doku kültüründe hücre bölünmesi, embriyogenez ve köklenme gibi morfogenetik süreçlerde önemli rol oynamaktadır (Minocha ve Minocha, 1995; Rakesh ve ark., 2021). Poliaminlerin ayrıca antioksidan aktivite, hormonal denge (oksin ve absisik asit seviyeleri), nitrik oksit üretimi ve stresle ilişkili protein ekspresyonu dahil olmak üzere temel fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri düzenlediği bildirilmiştir. Ek olarak, poliaminlerin arginin dekarboksilaz ve ornitin dekarboksilaz gibi temel enzimlerin aktivitesini düzenlediği ve etilen biyosentez yollarıyla etkileşime girdiği bildirilmektedir (Minocha ve Minocha 1995). Ayrıca, dışsal uygulanan poliaminler, içsel poliamin seviyesini etkilemekte ve antioksidan savunma sistemlerinin düzenlenmesine katkıda bulunarak kültür dokularındaki oksidatif hasarı azaltmaktadır.

Bu çalışma, bitki doku kültürü uygulamalarında poliaminlerin etkinliği üzerine yapılan son bulguları değerlendirmektedir. Çalışmanın amacı, poliaminlerin doku kültüründe biyodüzenleyici olarak potansiyelini vurgulamak ve tarımsal açıdan önemli türlerde kullanımları hakkında daha fazla araştırma yapılmasını sağlamaktır.

2. BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Poliaminler, farklılaşmayı ve organ oluşumunu etkileyerek bitki *in vitro* morfogenezinde önemli bir düzenleyici rol oynamaktadır (Minocha ve Minocha, 1995; Rakesh ve ark., 2021). Çok sayıda çalışma, poliaminlerin dışsal uygulamasının çok çeşitli bitki türlerinde kallus oluşumunu, sürgün rejenerasyonunu, somatik embriyogenezi ve köklenmeyi önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (Coşkun ve Yaman, 2024; Kıymaz ve Acemi, 2025). Poliaminlerin etkileri, konsantrasyonlarına, türlerine ve kültür ortamının bileşimine büyük ölçüde bağlıdır (Carman ve ark., 2005). Yapılan bir çalışmada, yüksek konsantrasyonlardaki poliamin uygulamalarının *Verbascum bugulifolium* türünün tohum çimlenmesi ve organ gelişimi üzerinde olumsuz etki yaptığı, düşük konsantrasyonlardaki uygulamaların ise daha etkili olduğu bildirilmiştir (Kıymaz ve Acemi, 2025).

Putresinin kallus büyümesini, sürgün çoğalmasını ve köklenme verimliliğini artırdığı sıklıkla bildirilirken, spermidin ve sperminin genellikle somatik embriyogenezi desteklediği ve sürgün kalitesini iyileştirdiği ifade edilmektedir. Ancak, daha yüksek poliamin konsantrasyonları, doku kahverengileşmesine ve rejenerasyon kapasitesinin azalmasına yol açan inhibitör etkiler gösterebilmektedir (Carman ve ark., 2005).

Poliaminler *in vitro* koşullarda abiyotik stres toleransına katkıları açısından da yaygın olarak incelenmiştir. Bu kapsamda, kuraklık (Fu ve ark., 2014; Sundararajan ve ark., 2022) , tuzluluk (Yavuzlar ve Ünal, 2021), ağır metal (Mandal ve ark., 2013) gibi stres koşullarında poliamin uygulamasının stresle ilişkili morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri baskılayarak oksidatif hasarı önemli ölçüde hafiflettiği bildirilmiştir.

Genel olarak yapılan çalışmalarda, poliaminlerin bitki doku kültüründe önemli biyoregülatörler olarak işlev gördüğü ve optimum konsantrasyonlarda ve bitki büyüme düzenleyicileriyle birlikte uygulandığında *in vitro* rejenerasyon verimliliğini ve morfogenetik tepkileri iyileştirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceği ifade edilmektedir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Poliaminler, bitki doku kültüründe morfogenezi ve stres toleransını artırmada önemli düzenleyici moleküllerdir. Yapılan çoğu çalışma model türlere veya tıbbi bitkilere odaklanmaktadır; nispeten az sayıda araştırma tarımsal açıdan önemli meyve veya sebze bitkilerini hedef almaktadır. Çok az çalışma, doku kültüründe poliamin uygulamasını abiyotik stres koşullarıyla (tuzluluk, kuraklık, aşırı sıcaklıklar vb.) kombine etmektedir. Poliaminlerin optimum konsantrasyonları, bitki büyüme düzenleyicileri veya stres ajanlarıyla etkileşimleri ve türe özgü tepkiler sistematik bir değerlendirme gerektirmektedir. Poliamin uygulamaları sonrasında rejenerasyona uğrayan bitkilerin uzun vadeli stabilitesi, genetik ve epigenetik etkileri ve fizyolojik kalitesinin değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Geleceğe yönelik öneriler:

- Genetik ve moleküler düzeyde poliamin metabolizmasının araştırılması,
- Meyve ve sebze türlerinde spesifik uygulamaların artırılması,
- Kombine uygulamaların (örneğin poliamin + antioksidan) test edilmesi.

KAYNAKÇA

Babaoğlu, M., Yorgancılar, M., Akbudak, M.A. *Doku Kültürü: Temel Laboratuvar Teknikleri.* Bitki Biyoteknolojisi, Doku Kültürü ve Uygulamaları. Editörler: Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S., Selçuk Üniversitesi, Konya: Sel-Ün Yayınları, 2001.

Carman, J. G., Reese, G., Fuller, R. J., Ghermay, T., & Timmis, R. Nutrient and hormone levels in Douglas-fir corrosion cavities, megagametophytes, and embryos during embryony. Canadian Journal of Forest Research, 35(10), 2447-2456, 2005.

Coskun, Y., & Yaman, V. Enhancing phenolic compounds in caper through the incorporation of polyamines in In Vitro cultures from various explant sources. South African Journal of Botany, 165, 43-48, 2024.

Fazilati, M., & Forghani, A. H. The role of polyamine to increasing growth of plant: As a key factor in health crisis. International Journal of Health System and Disaster Management, 3, 89-94, 2015.

Fu, X. Z., Xing, F., Wang, N. Q., Peng, L. Z., Chun, C. P., Cao, L., Ling, L.L. & Jiang, C. L. Exogenous spermine pretreatment confers tolerance to combined high-temperature and drought stress in vitro in trifoliate orange seedlings via modulation of antioxidative capacity and expression of stress-related genes. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 28(2), 192-198, 2014.

Kıymaz, G., & Acemi, A. Effects of polyamines and optimized culture medium on in vitro organ development and accumulation of root phenolics in endangered *Verbascum bugulifolium*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 162(2), 33, 2025.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., & Takahashi, Y. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta, 228(3), 367-381, 2008.

Mandal, C., Ghosh, N., Maiti, S., Das, K., Gupta, S., Dey, N., & Adak, M. K. Antioxidative responses of Salvinia (*Salvinia natans* Linn.) to aluminium stress and it's modulation by polyamine. Physiology and Molecular Biology of Plants, 19(1), 91-103, 2013.

Minocha, S. C., & Minocha, R. *Role of polyamines in somatic embryogenesis.* In Somatic embryogenesis and synthetic seed I (Eds. Y.P.S Bajaj), pp. 53-70, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995.

Pal Bais, H., & Ravishankar, G. A. Role of polyamines in the ontogeny of plants and their biotechnological applications. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 69(1), 1-34, 2002.

Parvin, S., Lee, O. R., Sathiyaraj, G., Khorolragchaa, A., Kim, Y. J., & Yang, D. C. Spermidine alleviates the growth of saline-stressed ginseng seedlings through antioxidative defense system. Gene, 537(1), 70-78, 2014.

Rakesh, B., Sudheer, W. N., & Nagella, P. Role of polyamines in plant tissue culture: An overview. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 145(3), 487-506, 2021.

Sundararajan, S., Shanmugam, R., Rajendran, V., Sivakumar, H. P., & Ramalingam, S. Sodium nitroprusside and putrescine mitigate PEG-induced drought stress in seedlings of *Solanum lycopersicum*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22(1), 1019-1032, 2022.

Takahashi, T., & Kakehi, J. I. Polyamines: ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. Annals of Botany, 105(1), 1-6, 2010.

Yavuzlar, E. E., & Ünal, N. In vitro koşullarda farklı poliamin uygulamalarının çilekte tuzluluk stresi üzerine etkileri. Meyve Bilimi, 10(1), 173-183, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MEYVE TÜRLERİNDE KURAKLIK STRESİ TOLERANSINA DIŞSAL UYGULAMALARIN ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. Selcan ÖZYALIN
Yozgat Bozok Üniversitesi,
selcan.ozyalin@yobu.edu.tr - 0000-0003-4831-8600

Doç. Dr. Müjgan GÜNEY
Yozgat Bozok Üniversitesi,
mujgan.guney@yobu.edu.tr - 0000-0001-5491-1430

Doç. Dr. Servet ARAS
Yozgat Bozok Üniversitesi,
servet.aras@yobu.edu.tr - 0000-0002-0347-6552

Doç. Dr. Hakan KELES
Yozgat Bozok Üniversitesi,
hakan.keles@yobu.edu.tr - 0000-0002-8225-931X

ÖZET

Günümüzde değişen iklim koşulları bitkiler üzerinde birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Özellikle sıcaklıkların artması ile birlikte kuraklık kaçınılmaz hale gelmektedir. Bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyen bu durum bitkilerde, strese neden olmaktadır. Stres sonucunda bitkilerde, bir dizi morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişiklikler meydana gelmekte ve özellikle stres, meyve verimliliğini ciddi şekilde sınırlandırmaktadır. Meyvecilikte kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak için birçok organik, inorganik maddeler ile mikroorganizmalar dışsal olarak uygulanmakta ve bu maddelerin kuraklık stresini hafifletmede etkili oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada, bazı meyve türlerinin kuraklık stresi toleransının arttırılmasında yapılan dışsal uygulamalar literatür çalışmaları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik Stres, Dışsal Uygulamalar, Kuraklık Stresi, Meyvecilik

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EFFECT OF EXOGENOUS APPLICATIONS ON DROUGHT STRESS TOLERANCE IN FRUIT SPECIES

Lecturer Dr. Selcan ÖZYALIN
Yozgat Bozok University,
selcan.ozyalin@yobu.edu.tr - 0000-0003-4831-8600

Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY
Yozgat Bozok University,
mujgan.guney@yobu.edu.tr - 0000-0001-5491-1430

Assoc. Prof. Dr. Servet ARAS
Yozgat Bozok University,
servet.aras@yobu.edu.tr - 0000-0002-0347-6552

Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES
Yozgat Bozok University,
hakan.keles@yobu.edu.tr - 0000-0002-8225-931X

ABSTRACT

The changing climate conditions of today have numerous negative effects on plants. Drought, in particular, becomes inevitable as temperatures rise. This negatively affects plant growth and development, causing stress in plants. Plants undergo a series of morphological, physiological, biochemical, and molecular changes due to stress, which severely limits fruit productivity. To enhance drought tolerance in fruit cultivation, various organic and inorganic substances, as well as microorganisms, have been applied exogenously, and these agents have been found to be effective in alleviating drought stress. This study evaluated exogenous applications used to increase drought stress tolerance in some fruit species.

Keywords: Abiotic Stress, Exogenous, Drought Stress, Fruit Growing

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışının yanı sıra, ekonomik önemi ve insan sağlığı açısından önemli bileşiklere sahip olması ile meyve üretimi yıldan yıla artmaktadır. Dünyada 2023 yılında meyve ve sebze üretimi 2022 yılına göre %1 artarak 2.1 milyar tona ulaşmış ve bu üretimin 1 milyar tonu meyve üretimi olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2025). Ülkemizde ise, 2023 yılında, bir önceki yıla göre meyveler, içecek ve baharat bitkilerinde %2.3 oranında artış olmuş ve yaklaşık 27.4 milyon ton üretim gerçekleşmiştir (TÜİK, 2025).

Kuraklık, bitkilerin büyümesini, gelişmesini, verimliliğini ve hayatta kalmasını sınırlandıran önemli çevresel sorunlardan biridir (Büyük ve ark., 2012; Kacar ve ark., 2013; Li ve Liu, 2016). Artan kuraklık ve susuzluk; küresel kurak alanların genişlemesine, toprak neminin azalmasına, arazilerin bozulma hızlarının artmasına, ekosistemdeki karbon emiliminin azalmasına, aşırı

sıcaklıkların artmasına, sıcak hava dalgalanmalarına ve orman yangınlarına neden olmaktadır (Yavaşlı ve Erlat, 2023). Yapılan araştırmalarda, gelecekte kuraklığın önemli bir tehdit olacağı bildirilmektedir. Kuraklığa karşı mücadele yöntemlerinin ve stratejilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir (Yavaşlı ve Erlat, 2023).

Kuraklık stresi, bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. Bu doğrultuda, bitkilerde büyüme ve gelişme gerilemekte, ürünün nitelik ve niceliği azalmakta ve meyveler küçük kalmaktadır (Kacar ve ark., 2013). Kuraklık koşulları altında, hücrelerdeki turgor basıncı ve yaprak su potansiyeli azalmakta ve daha küçük hücreler oluşmaktadır (Jaleel ve ark., 2008; Kacar ve ark., 2013; Khalid ve ark., 2022). Hücrelerin küçük kalması aynı zamanda hücre duvarlarının oluşumunu da azaltmaktadır. Sonuç olarak, yaprak boyutu küçülür ve bu da fotosentez ve solunum gibi temel fizyolojik süreçleri olumsuz etkileyerek yaprak kıvrılmasına, bodur bitki büyümesine, yaprakların sararmasına ve solmasına neden olur (Khalid ve ark., 2022; Feng ve ark., 2024). Bu bütünleşik etkiler bitkinin büyümesini ve gelişimini baskılayarak sonuçta hem verimi hem de ürün kalitesini düşürür. Kuraklık stresi ayrıca protein ve klorofil biyosentezini de bozar ve çeşitli enzimlerin aktivitesini ve miktarını değiştirir (Kacar ve ark., 2013).

Yapılan çalışmalarda, birçok abiyotik stres koşullarında, dışsal uygulamaların olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Bitkisel üretimde, dışsal madde kullanımının, tohum çimlenmesi, kök ve sürgün gelişimi, verim ve kalite artışı, yaprakların yaşlanmasını geciktirme gibi birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Dışsal uygulamalar, antioksidanları, absisik asidi, bağıl su içeriğini ve reaktif oksijen türlerin temizlenmesini artırarak bitki stres toleransını artırır böylece, büyüme parametrelerini ve klorofil içeriğini iyileştirir (Khalid ve ark., 2022). Kuraklık stresi koşullarında uygulanan dışsal maddelerin temel etkilerinden biri su kullanım verimliliğini artırmak ve bu uygulamalar ile bitkilerin sulama miktarını azaltmaktır (Feng ve ark., 2024). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde bazı poliamin, polisakkarit, poliol, aminoasit, organik asit, fitohormon, bitki büyümeyi düzenleyici, element, bileşik, nanopartikül, mikroorganizma ve deniz yosunu gibi maddelerin strese dayanımı arttırdığı yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Shan ve Liang, 2010; Özelçi, 2020; Mansinhos ve ark., 2022; Biareh ve ark., 2022; Daler ve Uygun, 2024; Feng ve ark., 2024; Özyalın, 2025). Bu kapsamda meyve türlerinde kullanılan dışsal maddelere ve yapılan çalışmalara ait bazı bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı meyve türlerinde kuraklık stresine toleransı artırmak için kullanılan dışsal maddeler

Biyostimülanlar	Türleri	Uygulama Yapılan Meyve Türleri	Referans
Poliaminler	Putresin	Üzüm Turunçgil	Zhao ve ark., 2021 Mahdavian ve ark., 2021
	Spermidin	Mango	Liu ve ark., 2025
	Spermin	Üç yapraklı portakal	Fu ve ark., 2014
Aminoasitler	Glisin Betain	Elma (*Malus robusta*)	Zhang ve ark., 2013
	γ -aminobütirik asit	Elma	Chen ve ark., 2022 Cheng ve ark., 2023
Organik asitler	Hümik asit	Elma (*Malus robusta*)	Zhang ve ark., 2013
	Salisilik asit	Çilek *Morus alba*	Ghaderi ve ark., 2015 Zafar ve ark., 2023

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1 devamı.

Biyostimülanlar	Türleri	Uygulama Yapılan Meyve Türleri	Referans
Fitohormonlar	Absisik asit	Kivi Üzüm	Wang ve ark., 2011; Quiroga ve ark., 2012
	Melatonin	Elma Üzüm Kivi Turunç Karadut Limon Zeytin Armut Kiraz Şeftali Ahududu Çilek	Wang ve ark., 2013 Meng ve ark., 2014 Liu ve ark., 2021 Korkmaz ve ark., 2022 Özelçi ve ark., 2022 Jafari ve ark., 2022 Gholami ve ark., 2022 Ebtedaei ve ark., 2024 Hojjati ve ark., 2024 Iqbal ve ark., 2024 Özyalın, 2025 Anwar ve ark., 2025
	Strigolaktonlar	Üzüm	Wang ve ark., 2021
	Jasmonik asit	Çilek Nar	Yosefi ve ark., 2020 Faizy ve ark., 2025
Yağ asidi	Laurik asit	Şeftali	Zhang ve ark., 2023
Bitki Büyüme Düzenleyicisi	α -naftalinasetik asit	Üzüm	Khandani ve ark., 2024
Sinyal Molekülü	Nitrik oksit	Elma	Zhang ve ark., 2016
Elementler	Selenyum	Zeytin	Proietti ve ark., 2013
Bileşikler	Potasyum nitrat	Myrobalan 29C anacı (*Prunus cerasifera* Ehrh.)	Bolat ve ark., 2024
Mikroorganizmalar	Antarctic fungal endofit	Çilek	Morales-Quintana ve ark., 2022
Diğer	Selenyum nanopartükülü (Se-NP)	Çilek Nar	Zahedi ve ark., 2020 Zahedi ve ark., 2021 Liu ve ark., 2024 Partovi ve ark., 2025

2. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Literatür incelendiğinde yapılan çalışmaların, daha çok tahıllar, endüstri bitkileri ile sebzeler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Meyveler üzerinde yapılan çalışmalar daha az olup son yıllarda artış eğilimindedir. Bu çalışmaların yoğunlaşması, hem dünya hem de ülkemiz ekonomisi, meyve verim ve kalitesi açısından önem kazanacaktır. Özellikle arazi koşullarında uzun süreli yapılan çalışmalar stres toleransı açısından çok değerli olacaktır.

Meyve türlerinin kuraklık stresine karşı farklı fizyolojik ve biyokimyasal yanıtlar verdiği, toleransı sağlamak için ise dışsal uygulamaların, meyve türlerinde umut verici ve çok yönlü bir strateji sunduğu bilinmektedir. Stres toleransı geliştirilmiş bitkiler, daha yüksek verim ve kalite sağlayabilir.

Farklı stres faktörleri ile farklı osmoprotektanlar (örneğin, prolin veya glisin betain), antioksidanlar ayrı ayrı ya da kombine olarak bitkilere uygulanarak stres koşullarına

dayanıklılık artırılabilir. Ayrıca, fitohormon tedavileri (örneğin, absisik asit, jasmonik asit) de denenerek tolerans belirlenebilir.

Kuraklığa eğilimli bölgelerdeki yetiştiricilik için, bu uygulamaların su yönetim planlarına entegre edilmesi, su kısıtlamaları altında verimin ve meyve kalitesinin sürdürülmesine yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

Anwar, T., Safdar, A., Qureshi, H., Siddiqi, E. H., Ullah, N., Naseem, M. T., & Soufan, W. Synergistic effects of Vachellia nilotica-derived zinc oxide nanoparticles and melatonin on drought tolerance in *Fragaria* × *ananassa*. BMC Plant Biology, 25(1), 82, 2025.

Biareh, V., Shekari, F., Sayfzadeh, S., Zakerin, H., Hadidi, E., Teixeira Beltrão, J. G., & Mastinu, A. Physiological and qualitative response of *Cucurbita pepo* L. to salicylic acid under controlled water stress conditions. Horticulturae, 8(79), 1-13, 2022.

Bolat, I., Korkmaz, K., Dogan, M., Turan, M., Kaya, C., Seyed Hajizadeh, H., & Kaya, O. Enhancing drought, heat shock, and combined stress tolerance in Myrobalan 29C rootstocks with foliar application of potassium nitrate. BMC Plant Biology, 24(1), 140, 2024.

Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., & Aras, S. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69(2), 97-110, 2012.

Chen, X., Li, N., Liu, C., Wang, H., Li, Y., Xie, Y., ... & Li, C. Exogenous GABA improves the resistance of apple seedlings to long-term drought stress by enhancing GABA shunt and secondary cell wall biosynthesis. Tree Physiology, 42(12), 2563-2577, 2022.

Cheng, P., Yue, Q., Zhang, Y., Zhao, S., Khan, A., Yang, X., ... & Guan, Q. Application of γ-aminobutyric acid (GABA) improves fruit quality and rootstock drought tolerance in apple. Journal of Plant Physiology, 280, 153890, 2023.

Daler, S., & Uygun, E. Effects of putrescine application against drought stress on the morphological and physiological characteristics of grapevines. Applied Fruit Science, 66(4), 1569-1578, 2024.

Ebtedaei, M., Arzani, K., & Abdollahi, H. Unraveling the effects of melatonin on drought-stressed pear rootstocks: a comparative analysis of Dargazi and Pyrodwarf. Plant Stress, 11, 100393, 2024.

Faizy, W. S., Alsawaf, A., Al-Zuhairi, F., Mustafa, Z. A., Sanam, M. A., & Meftahizade, H. Jasmonic acid enhances pomegranate resilience to drought: Insights Into leaf and fruit traits. Food Science & Nutrition, 13(8), e70695, 2025.

Feng, D., Liu, W., Chen, K., Ning, S., Gao, Q., Chen, J., Liu, J., Sun, X., & Xu, W. Exogenous substances used to relieve plants from drought stress and their associated underlying mechanisms. International Journal of Molecular Sciences, 25(17), 9249, 2024.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2025). Agricultural production statistics 2010–2023,

https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/df90e6cf-4178-4361-97d4-5154a9213877/content (Erişim tarihi: 20.11.2025)

Fu, X. Z., Xing, F., Wang, N. Q., Peng, L. Z., Chun, C. P., Cao, L., ... & Jiang, C. L. Exogenous spermine pretreatment confers tolerance to combined high-temperature and drought stress in vitro in trifoliate orange seedlings via modulation of antioxidative capacity and expression of stress-related genes. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 28(2), 192-198, 2014.

Ghaderi, N., Normohammadi, S., & Javadi, T. Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria× ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. Journal of Agricultural Science and Technology, 17(1), 167-178, 2015.

Gholami, R., Hoveizeh, N. F., Zahedi, S. M., Gholami, H., & Carillo, P. Melatonin alleviates the adverse effects of water stress in adult olive cultivars (*Olea europea* cv. Sevillana & Roughani) in field condition. Agricultural Water Management, 269, 107681, 2022.

Hojjati, M., Jahromi, M. G., Abdossi, V., & Torkashvand, A. M. Exogenous melatonin modulated drought stress by regulating physio-biochemical attributes and fatty acid profile of sweet cherry (*Prunus avium* L.). Journal of Plant Growth Regulation, 43(1), 299-313, 2024.

Iqbal, S., Hayat, F., Hussain, M., Mushtaq, N., Rehman, M., Asif, A., Khan, U., & Shahid, M. A. Melatonin supplementation alleviates drought stress in peach (*Prunus persica*) seedlings by improving photosynthesis, root morphological traits, and antioxidant defense system. Acta Physiologiae Plantarum, 46(2), 18, 2024.

Jafari, M., Shahsavar, A. R., Talebi, M., & Hesami, M. Exogenous melatonin protects lime plants from drought stress-induced damage by maintaining cell membrane structure, detoxifying ROS and regulating antioxidant systems. Horticulturae, 8(3), 257, 2022.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Lakshmanan, G. M. A., Gomathinayagam, M., & Panneerselvam, R. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids and surfaces B: Biointerfaces, 61(2), 298-303, 2008.

Kacar, B., Katkat, A. V., & Öztürk, Ş. *Bitki fizyolojisi (5. Basım).* Nobel Akademik Yayıncılık, 2013.

Khalid, M., Rehman, H. M., Ahmed, N., Nawaz, S., Saleem, F., Ahmad, S., Uzair, M., Rana I. A., Atif, R. M., Zaman, Q. U. & Lam, H. M. Using exogenous melatonin, glutathione, proline, and glycine betaine treatments to combat abiotic stresses in crops. International Journal of Molecular Sciences, 23(21), 12913, 2022.

Khandani, Y., Sarikhani, H., Gholami, M., Rad, A. C., Yousefi, S., Sodini, M., & Sivilotti, P. Exogenous auxin improves the growth of grapevine (*Vitis vinifera* L.) under drought stress by mediating physiological, biochemical and hormonal modifications. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24(2), 3422-3440, 2024.

Korkmaz, N., Aşkın, M. A., Altunlu, H., Polat, M., Okatan, V., & Kahramanoğlu, İ. The effects of melatonin application on the drought stress of different citrus rootstocks. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46(4), 585-600, 2022.

Li, X., & Liu, F. *Drought stress memory and drought stress tolerance in plants: biochemical and molecular basis.* In: Hossain, M., Wani, S., Bhattacharjee, S., Burritt, D., Tran, LS. (eds), Drought stress tolerance in plants, Vol 1. (pp. 17-44). Springer, 2016.

Liu, A., Xiao, W., Lai, W., Wang, J., Li, X., Yu, H., & Zha, Y. Potential application of selenium and copper nanoparticles in improving growth, quality, and physiological characteristics of strawberry under drought stress. Agriculture, 14(7), 1172, 2024.

Liu, X. L., Peng, Y. T., Wang, Y. M., Xia, H., Liang, D., & Hu, R. P. Effects of exogenous melatonin and abscisic acid on physiological characteristics in kiwifruit seedlings under drought stress. Agricultural Research in the Arid Areas, 39(4), 95-101, 2021.

Liu, X., Wang, M., Yan, J., Cheng, F., Liao, W., Xiao, Y., ... & Liang, Q. Exogenous Spermidine Enhances Drought Resistance of Mango Seedlings by Regulating Physiological and Biochemical Metabolism. Horticulturae, 11(9), 1102, 2025.

Mahdavian, M., Sarikhani, H., Hadadinejad, M., & Dehestani, A. Exogenous application of putrescine positively enhances the drought stress response in two citrus rootstocks by increasing expression of stress-related genes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(3), 1934-1948, 2021.

Mansinhos, I., Gonçalves, S., Rodríguez-Solana, R., Duarte, H., Ordóñez-Díaz, J. L., Moreno-Rojas, J. M., & Romano, A. Response of *Thymus lotocephalus* in vitro cultures to drought stress and role of green extracts in cosmetics. Antioxidants, 11, 1475, 1-25, 2022.

Meng, J. F., Xu, T. F., Wang, Z. Z., Fang, Y. L., Xi, Z. M., & Zhang, Z. W. The ameliorative effects of exogenous melatonin on grape cuttings under water-deficient stress: antioxidant metabolites, leaf anatomy, and chloroplast morphology. Journal of Pineal Research, 57(2), 200-212, 2014.

Morales-Quintana, L., Moya, M., Santelices-Moya, R., Cabrera-Ariza, A., Rabert, C., Pollmann, S., & Ramos, P. Improvement in the physiological and biochemical performance of strawberries under drought stress through symbiosis with Antarctic fungal endophytes. Frontiers in Microbiology, 13, 939955, 2022.

Özelçi, D. *In vitro ortamda kuraklık stresine maruz bırakılan Morus nigra L. (Karadut)'da melatoninin etkisinin biyokimyasal ve fizyolojik cevaplarla değerlendirilmesi* (Tez No. 653959). Doktora tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2020.

Özelçi, D., Akbulut, G. B., & Yiğit, E. Effects of melatonin on *Morus nigra* cv. 'Eksi Kara' exposed to drought stress. Journal of Agricultural Sciences, 28(4), 555-569, 2022.

Özyalın, S. *In vitro koşullarda çoğaltılan ahududu (Rubus idaeus L.) bitkilerine dışsal melatonin uygulamalarının kuraklık stresi üzerine etkilerinin belirlenmesi* (Tez No.

972499). Doktora tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat, 2025.

Partovi, A., Arshad, M., & Nazarideljou, M. J. Enhancing strawberry production under drought stress: the impact of the foliar application of nanoselenium and nanosilicon. Journal of Plant Nutrition, 48(20), 3706-3721, 2025.

Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E., & Businelli, D. Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. Scientia Horticulturae, 164, 165-171, 2013.

Quiroga, A. M., Deis, L., Cavagnaro, J. B., Bottini, R., & Silva, M. F. Water stress and abscisic acid exogenous supply produce differential enhancements in the concentration of selected phenolic compounds in Cabernet Sauvignon. Journal of Berry Research, 2(1), 33-44, 2012.

Shan, C., & Liang, Z. Jasmonic acid regulates ascorbate and glutathione metabolism in agropyron cristatum leaves under water stress. Plant Science, 178(2), 130-139, 2010.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025). Bitkisel üretim istatistikleri, 2023. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535 (Erişim tarihi: 20.11.2025)

Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D., & Ma, F. Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple. Journal of Pineal Research, 54(3), 292-302, 2013.

Wang, W. N., Min, Z., Wu, J. R., Liu, B. C., Xu, X. L., Fang, Y. L., & Ju, Y. L. Physiological and transcriptomic analysis of Cabernet Sauvginon (*Vitis vinifera* L.) reveals the alleviating effect of exogenous strigolactones on the response of grapevine to drought stress. Plant Physiology and Biochemistry, 167, 400-409, 2021.

Wang, Y., Ma, F., Li, M., Liang, D., & Zou, J. Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. Plant Growth Regulation, 64(1), 63-74, 2011.

Yavaşlı, D. D., & Erlat, E. Climate model projections of aridity patterns in Türkiye: A comprehensive analysis using CMIP6 models and three aridity indices. International Journal of Climatology, 43(13), 6207-6224, 2023.

Yosefi, A., Mozafari, A. A., & Javadi, T. Jasmonic acid improved in vitro strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) resistance to PEG-induced water stress. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 142(3), 549-558, 2020.

Zafar, Z., Rasheed, F., Mushtaq, N., Khan, M. U., Mohsin, M., Irshad, M. A., ... & Gailing, O. Exogenous application of salicylic acid improves physiological and biochemical attributes of Morus alba saplings under soil water deficit. Forests, 14(2), 236, 2023.

Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Daneshvar Hakimi Meybodi, N., & Peijnenburg, W. Mitigation of the effect of drought on growth and yield of pomegranates by foliar spraying of different sizes of selenium nanoparticles. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(12), 5202-5213, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., & Padervand, M. Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. Scientific Reports, 10(1), 17672, 2020.

Zhang, B., Du, H., Yang, S., Wu, X., Liu, W., Guo, J., Xiao, Y. & Peng, F. Physiological and transcriptomic analyses of the effects of exogenous lauric acid on drought resistance in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). Plants, 12(7), 1492, 2023.

Zhang, L., Gao, M., Zhang, L., Li, B., Han, M., Alva, A. K., & Ashraf, M. Role of exogenous glycinebetaine and humic acid in mitigating drought stress-induced adverse effects in *Malus robusta* seedlings. Turkish Journal of Botany, 37(5), 920-929, 2013.

Zhang, L., Li, X., Li, X., Wei, Z., Han, M., Zhang, L., & Li, B. Exogenous nitric oxide protects against drought-induced oxidativestress in Malus rootstocks. Turkish Journal of Botany, 40(1), 17-27, 2016.

Zhao, J., Wang, X., Pan, X., Jiang, Q., & Xi, Z. Exogenous putrescine alleviates drought stress by altering reactive oxygen species scavenging and biosynthesis of polyamines in the seedlings of Cabernet Sauvignon. Frontiers in Plant Science, 12, 767992, 2021.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

NANOPARTICLE APPLICATIONS IN PLANT TISSUE CULTURE

Ziraat Mühendisi, EBRU BAŞKIR
University of Selçuk, Institute of Science, Konya, Türkiye,
ebrubaskir02@gmail.com – 0009-4916-4972
Prof. Dr. Muzaffer İPEK
Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye,
mipek@selcuk.edu.tr, 0000-0002-5773-7236

ÖZET

In vitro culture techniques, one of the fundamental applications of plant biotechnology, enable processes such as micropropagation, callogenesis, organogenesis, and somatic embryogenesis to be carried out under controlled and reproducible conditions. Recent advances in nanotechnology have increased interest in the use of nanoparticles as regulatory agents in these culture systems. Due to their high surface area-to-volume ratio and unique physicochemical properties, nanoparticles can have significant effects on cell proliferation, nutrient uptake, metabolic activity, and modulation of stress responses.

This study comprehensively evaluates different types of nanoparticles used in in vitro plant culture media, their cellular uptake and transport mechanisms, and their effects on physiological and biochemical processes. Literature findings indicate that nanoparticles increase organogenesis efficiency in culture media, promote shoot and root morphogenesis, regulate oxidative stress parameters, and improve overall culture success. In conclusion, nanoparticle applications stand out as an innovative approach with the potential to increase the efficiency of in vitro culture techniques and are anticipated to make significant contributions to plant biotechnology and sustainable production strategies in the future.

Keywords: Nanotechnology, in vitro, plant biotechnology, organogenesis, micropropagation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. NANOPARTICLES

The word nanotechnology is based on the Greek prefix nano, meaning dwarf. As a technical term, nano is expressed as one billionth. For example, a virus is approximately 100 nanometers (nm) in size. Nanotechnology is used for sizes between 0.1 and 100 nm. Nanotechnological materials exhibit properties that are very different from micrometric or larger molecules as a result of their size. These include properties such as optical, physical durability, chemical reactivity, electrical conductivity, and magnetism (Joseph and Morrison, 2006). Nanotechnology focuses on producing, characterizing, and functionalizing biological and non-biological structures smaller than 100 nm. Research in this field has rapidly increased in recent years. The advantages of nanotechnology have been recognized in many fields, such as pharmaceutical sciences and the electronics industry, and commercial products have begun to be produced. The development of nanotechnology requires multidisciplinary work in physics, engineering, medicine, chemistry, biology, agriculture, food, and materials science. However, in the food industry, considering food safety and new synthetic products, nanotechnological applications have been limited (Chen et al., 2006). Nanotechnology allows scientists to control, modify, and measure these modifications at the nanoscale (Weiss et al., 2006). Nanotechnology is one of the most important tools of modern agriculture, and agricultural food nanotechnology is expected to become an economic force in the near future. Agricultural food themes focus on the sustainability and protection of agriculturally produced foods, including products for human consumption and animal feed. Nanotechnology provides new agricultural chemicals and new delivery mechanisms to increase product efficiency and promises to reduce pesticide use. Nanotechnology can increase agricultural production and its applications include:

• Nanoformulations of agricultural chemicals for pesticide and fertilizer applications to improve products.
• Application of nanosensors/nanobiosensors in product protection for the identification of diseases and residues of agricultural chemicals.
• Nano-devices for genetic manipulation of plants.
• Diagnosis of plant diseases.
• Animal health, animal husbandry, poultry production.
• Post-harvest management.

Precision farming techniques can be used to further improve crop yields, avoid damaging the soil and water, reduce nitrogen loss from leaching and emissions, and also increase the long-term incorporation of nutrients by soil microorganisms. Applications of nanotechnology include nanoparticle-mediated gene or DNA transfer in plants to develop insect-resistant varieties, food processing and storage, nano feed additives, and increased product shelf life. The nanoscale generally refers to dimensions between approximately 1–100 nm (or more appropriately 0.2–100.0 nm), because at this scale the physical, chemical, and biological properties of materials differ from those at larger scales. A single nanometer (nm) is one billionth of a meter. Nanotechnology refers to the understanding and control of matter at the nanoscale, where unique phenomena enable new applications. However, limiting nanotechnology to the 1–100 nm size range excludes numerous materials and devices, particularly in the pharmaceutical and agricultural fields. Any type of material with one or more dimensions at the nanoscale is known as a nanomaterial (Sekhon, 2014). These nanoparticles, obtained from different sources and exhibiting various properties, have become increasingly commercially important today. The

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

European Commission defines nanomaterials as follows: Natural, accidental, or manufactured; substances in which at least 50% of the particles have one or more external dimensions in the range of 1–100 nm. In this context, the generally accepted size definition for nanoparticles is 1–100 nm (Creutzenberg, 2021; Barhoum et al., 2022). The nanometer scale, which is the characteristic size of nanoparticles, gives them unique properties. These include high specific surface area, high surface energy, and quantum confinement effects, which increase the biochemical reactivity of nanoparticles. These unique properties are the main reason why nanoparticles have different environmental impacts and behaviors compared to larger particles. However, these properties also raise serious concerns about their environmental impacts and widespread use. The ineffectiveness of traditional pesticides in most cases necessitates the development of metal oxide nanoparticles or functional metallic nanoparticles such as silver copper oxide (Phong et al.), titanium dioxide (TiO_2), zinc oxide (ZnO), and silicon dioxide (SiO_2). The global nanotechnology market is expected to exceed US$125 billion by 2024, with nanoparticles accounting for approximately 85% of this market (Lateef, 2021; Badrie, 2024). The use of nanoparticles in agriculture, industry, biomedicine, and household products is increasing exponentially. When released into the environment, nanoparticles behave differently than bulk forms; instead of forming larger structures, they retain their unique size and shape. Silver, CuO, TiO_2, ZnO, and SiO_2 nanoparticles are used in agriculture as pesticides, fungicides, herbicides, or fertilizers.

2. CLASSIFICATION OF NANOPARTICLES

Organizing and classifying NPs based on their chemical and physical properties is essential for understanding the diversity of NPs (Barhoum and Makhlouf, 2018). NPs can generally be classified in different ways, such as by dimensionality, morphology, state, and chemical composition (Gleiter, 2000). First, NPs are divided into two categories based on their origin: natural and anthropogenic. Natural nanomaterials can be formed in the atmosphere, hydrosphere, lithosphere, and biosphere covering the Earth, either separately or through a combination of several natural processes, by chemical, photochemical, mechanical, thermal, and biological means. Anthropogenic nanomaterials are referred to as accidental or engineered nanomaterials, depending on whether their formation is intentional. Examples of natural nanomaterials include volcanic eruptions, deserts, sandstorms, and cosmic dust (Dolez, 2015). Depending on the synthesis method, the morphology or shape of NPs varies. The basic characteristics of morphology include flatness, sphericity, and aspect ratio. Small aspect ratio morphologies are generally spherical, oval, cubic, prismatic, helical, or columnar. High aspect ratio morphologies take the form of zigzags, helices, and belts. Based on their size, NPs are classified into four categories: Zero-Dimensional Nanoparticles (0D), One-Dimensional Nanoparticles (1D), Two-Dimensional Nanoparticles (2D), and Three-Dimensional Nanoparticles (3D). Based on their chemical composition, NPs are divided into two main classes: organic-based NPs and inorganic-based NPs (Barhoum and Makhlouf, 2018; Makhlouf and Barhoum, 2018). Inorganic nanoparticles include silver, gold, iron oxide, alloys, magnetic, and quantum dots (Orive et al., 2009).

2.1. Carbon-based Nanoparticles, play a key role in science and nanotechnology (Saleh and Gupta, 2016). Carbon is the main element in carbon-based NPs (Barhoum and Makhlouf, 2018). Materials such as hydrocarbons, graphite, graphene, and coal, which are often carbon-based, are used in the synthesis of carbon NPs. Coal has been found to be one of the low-cost and

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

abundant precursors for the production of carbon nanostructured materials compared to other materials (Barhoum and Makhlouf, 2018).

2.2. Metal Nanoparticles have become the focus of scientists in recent years due to their great potential in nanotechnology. The possibility of synthesis in different sizes, shapes, and with various surface modifications allows MNPs to be conjugated with antibodies, target ligands, and drugs. These properties give them a wide range of applications (Khan, 2020). They include gold, silver, quantum, iron oxide, and organic nanoparticles.

2.3. Organic Nanoparticles

This NP class primarily consists of materials made from organic compounds such as carbohydrates, lipids, or polymers ranging from 10 nm to 1 µm. Polymeric NPs have attracted significant interest from researchers due to their greater structural stability, integrity, and controllability (Hadinoto et al., 2013). Organic NPs have recently gained increasing attention in various application areas in materials, sensing, biomedicine, and other fields due to their exceptional physico-optical properties and ease of synthesis. Organic nanoparticles include micelles, liposomes, dendrimers, polymeric and albumin-bound NPs (Choudhury and Das, 2021).

3. APPLICATIONS OF PLANT TISSUE CULTURE

Micropropagation is the continuous propagation of plants in vitro using explants such as axillary shoots, nodes, or shoot tips. The process consists of selecting parent plants, sterilizing them, and transferring suitable explants to a nutrient medium (Espinosa-Leal et al., 2018). Nanotechnology is a rapidly developing field, and its applications in plant tissue culture (PTC) are still limited. PTC is a system that enables the rapid propagation of different plant species and the production of numerous plantlets from meristem tissues. These cultures can also be adapted for nanoparticle (NP) production by adjusting growth regulators and precursors. Nanoparticles are classified into groups such as organic (carbon dots, fullerenes), metal oxides (ZnO, MgO, Fe_2O_3, TiO_2, CuO), and precious metal NPs (AgNP, AuNP, PdNP, PtNP) (Mattiello, 2016). Tissue culture-based "green chemistry" methods offer an important alternative in NP biosynthesis due to their environmentally friendly, low-cost, and scalable nature. Silver, gold, copper, palladium, platinum, and Fe_2O_3–SiO_2 NPs have been successfully produced from plant extracts. The first isolation of a gold-binding peptide from Petroselinum crispum is also a noteworthy development in this field. However, NP biosynthesis processes and biocompatibility tests are still not sufficiently understood. Although the hyperaccumulation properties of plants for toxic elements are well known, studies on the use of these elements as precursors in NP synthesis are limited. Plant-based NPs exhibit lower toxicity, which is particularly advantageous in biomedical applications.This study aims to summarize current approaches in nanoparticle biosynthesis and research on plant-based NP production using toxic elements.

4. USES OF NANOPARTICLES IN VITRO CULTURE

In vitro culture is a fundamental plant tissue culture technique widely used in the production of disease-free plants, clones, protoplasts, secondary metabolites, and hybrid plants. It increases productivity by supporting shoot and root formation and increasing the number of mitotically dividing cells. These systems also play an important role in seedling production and the propagation of tuberous species such as potatoes. Nanoparticles (NPs) synthesized by chemical or biological means have been evaluated alongside natural pharmacological compounds as

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

alternatives to pesticides and fungicides commonly used in agriculture. Silver (Ag) and zinc oxide (ZnO) NPs have gained importance as growth-regulating agents in in vitro cultures because they promote adventitious shoot and root formation in many plant species. Non-metallic NPs such as silicon dioxide (SiO_2) and titanium dioxide (TiO_2) have also been used, but studies in this area are more limited (Arshad et al., 2022). NPs have also increased secondary metabolite production in the in vitro regeneration of medicinal plants; drug-carrying, agonist, and antagonist-effective NPs have modulated the phytochemical profile in the culture medium. Some heavy metal NPs have inhibited root growth while promoting callus formation. In these systems, different cell lines have been directed toward specific applications by optimizing the ratios of IAA, BAP, and NAA. Studies examining the properties and mechanisms of action of AgNPs and ZnONPs have emphasized that AgNPs can exhibit bactericidal, fungicidal, and insecticidal effects (Zafar et al., 2016).

4.1 Antimicrobial Effect

Micropropagation processes are carried out in aseptic cabinets; agents such as $HgCl_2$, NaClO, and ethanol are used for explant sterilization (Regina Franzolin et al., 2022). Although plant extracts, killers, copper oxides, and essential oils have been reported to have antimicrobial effects, off-target effects and high raw material requirements limit their use. Metal NPs are widely used due to their strong antimicrobial properties; AgNPs function as fungicides and increase germination by eliminating pathogens on the seed surface. LTP-AgNP applications have been tested in species such as guava, R. websteri, and Pteridium aquilinum; AgNPs ranging from 3–50 nm in size have been shown to provide protection against pathogens in explants grown in different MS + BAP formulations.

4.2 Growth-Promoting Effects

Thermo-metal complex NPs (TMC-NPs) did not adversely affect plant nutrition and were found to be as effective as traditional supplements. When applied to leaves or used only in tissue culture, they synergized with TM-39®; seedlings grown with TMC-NPs exhibited high marketability, strong turgor, and increased secondary rooting. Papaver somniferum L. seedlings increased their stress tolerance with short-term TMC-NP application (Ferrari et al., 2021).The co-culture of selenium- and copper-based NPs with saffron was successful; it has been reported that NPs can perform a cellular fermentation function. Although the inhibitory effects on germination could not be eliminated in some encapsulation systems, PNP + biofertilizer combinations significantly increased plant growth. Non-abrasive silica PNPs, in particular, provided the best results. Silica-based PNPs are thought to function as an environmental biofertilizer by suppressing the degradation of biofertilizer bacteria. Due to their reliable toxicity values and high efficacy, PNPs have the potential to mitigate climate change and support urban biodiversity.

4.3 Nutrient Uptake and Physiological Support

Nanogutters have been developed to increase nutrient efficiency using micro- or nano-sized particles (Taran et al., 2014). $FePO_4$ nanospheres produced from volcanic ash enabled 100% Fe (III) uptake even at low concentrations due to their size below 100 nm, and no precipitation was observed (Sega et al., 2020). Nanocarrier systems provide targeted effects by increasing solubility and membrane permeability. Magnetite and CeO_2 NPs increased physiological, biochemical, and morphological development; hydroxyapatite nanorods supported nano-biochemical processes by promoting nutrient uptake. These are related to high surface area,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

active functional groups, and efficient nutrient transport capacity. Furthermore, it has been reported that NPs improve chloroplast compartmentalization, preserve chlorophyll content, and increase catalase activity; while enhancing the transport of Zn, Mn, and Fe to leaf tissues, they can limit transport to roots. Therefore, NPs are powerful tools for enhancing plant nutrient uptake due to their physicochemical and biological properties.

4.4 Genetic Stability and Stress Tolerance

Plant tissue culture is an important tool for developing plants with superior traits that can be used alongside traditional breeding programs. In recent years, the critical importance of genetic stability in determining stress tolerance has been emphasized. Extensive clonal variability studies conducted on flax (Linum usitatissimum) have shown that genetic differences are closely related to stress responses. Pectins, which play an important role in plant immunity, play a regulatory role in the early stages of stress responses. During interaction with Botrytis cinerea, pectin methylesterase (PME) enzymes, which alter pectin structure, have been found to shape the first steps of the defense mechanism. Furthermore, the Mlo gene family, which provides resistance to powdery mildew, not only reduces susceptibility but also enhances induced immunity against some pathogens. The discovery of a novel pectin-based resistance mechanism mediated by the Pme3 gene in aphid-resistant flax genotypes supports the central regulatory role of pectins in multi-pathogen resistance. Although pectin research on abiotic stresses is still limited, pectins are known to be important regulatory molecules in environmental stress responses (Kokina et al., 2017). Nanoparticles (NPs) are structures that can be effective at all levels of biological organization, from the nucleic acid level to the ecosystem scale. Plants are considered suitable models for studying NP interactions due to their long-lived and stable nature. Nanobiotechnology offers significant potential in areas such as new cultivation strategies, improving pesticide and fertilizer applications, and developing transport systems for biopesticides and active compounds (Mattiello, 2016). Scientific studies have examined in detail the effects of exposure routes, concentrations, coating properties, and shapes of nanomaterials on seed germination and seedling development. In addition, specialized measurement systems have been developed to determine NP size and behavior in soil solutions; transport and toxicity tests have been conducted on soil worms and C. elegans. Current findings indicate that nanoparticles offer significant opportunities in agriculture and the environment, but research is still in its early stages and more comprehensive studies are needed.

5. APPLICATIONS OF NANOPARTICLES IN IN VITRO CULTURE OF FRUIT TYPES

Advances in nanotechnology have enabled the manipulation of materials in the 1–100 nm size range, leading to the emergence of new physicochemical phenomena that have had a significant impact across a wide range of applications. Recent studies on the passage of nanoparticles through plant tissues have revealed that these particles can overcome cellular barriers and be transported into the plant's vascular system without exhibiting toxic effects (Corredor et al., 2009). Nanotechnology enables the development of new generation biopesticides, biofertilizers, and agrochemicals that can offer economical and safe solutions in agriculture. The knowledge gained about the transport mechanisms and engineering properties of nanoparticles within plants will significantly contribute to the development of new-generation agricultural chemicals for plant nutrition and protection.

5.1 NP Use in fruit species under in vitro culture conditions

Nanoparticles (NPs) have attracted widespread interest in research due to their natural properties such as green synthesis, environmental friendliness, compatibility with substrates, and cost-effectiveness (Mthana et al., 2022). Zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) were successfully synthesized using Capsicum chinense (Habanero pepper) fruit extract, and both green and conventionally synthesized ZnO-NPs were characterized by UV-vis spectrophotometry; absorption peaks were observed at 302 and 481 nm, respectively. The morphology of the nanoparticles was analyzed using transmission and scanning electron microscopy (TEM and SEM), and X-ray diffraction (XRD) studies showed that a hexagonal wurtzite phase with a high crystalline structure was obtained. Electron dispersion X-ray analysis (EDX) demonstrated the purity of the ZnO-NPs, and cytotoxicity tests of biosynthesized and conventionally synthesized ZnO-NPs were evaluated using human embryonic kidney (HEK 293) and cervical carcinoma cell lines and showed reasonable activity. The antioxidant activity of ZnO-NPs was measured using the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH) assay, and green ZnO-NPs showed higher activity compared to conventional ZnO-NPs. These findings demonstrate that aqueous extracts of C. chinense fruit are effective for the biosynthesis of ZnO-NPs with anticancer and antioxidant potential (Mthana et al., 2022; Corredor et al., 2009).

Prunus serrulata (Ornamental Cherry) fresh fruit extract was used to sustainably achieve the green synthesis of silver (P-AgNPs) and gold nanoparticles (P-AuNPs). The nanoparticles were rapidly and effectively synthesized at 80 °C for 50 minutes and 30 seconds, respectively, and the reduction of metal salts with fruit extract was visually monitored. After synthesis, the nanoparticles were purified by centrifugation and filtration and pelletized by air drying (Singh et al., 2018). Zero-valent iron nanoparticles (nZVI) have been evaluated in in vitro studies for their effects on supporting plant growth as well as purifying contaminants in groundwater. The effects of different nZVI concentrations (12.5–100 mg L^{-1}) on micropropagation, total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant activity of cherry laurel plants were investigated. Although the highest shoot tip proliferation rate (85.15%) was observed at a concentration of 75 mg L^{-1}, the maximum phenolic and flavonoid contents and SFC index value were obtained at 25 mg L^{-1}. The same concentration ensured the highest levels of antioxidant activity and the maximum amount of chlorogenic acid, the main phenolic compound in cherry laurel, was recorded. As a result, the optimal nZVI concentration was determined to be 25 mg L^{-1}, and it was revealed that nZVI has the potential to promote growth and provide alternative benefits in in vitro plant tissue culture (Kılıç et al., 2025).

Effects of commercial zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) on Navajo blackberry (Rubus fruticosus L.) plants, with 0.6 mg dm^{-3} BA, 0.1 mg dm^{-3} IBA, and 0.01 mg dm^{-3} GA_3. The morphological and biological characteristics of the seedlings were measured two and three months after the start of the culture, and it was observed that an increase in ZnONP concentration negatively affected the number and length of shoots and roots and the fresh weight of the seedlings. Although the total phenolic content was lower than that of the control plants, the total antioxidant capacity measured by the ABTS method increased. High ZnONP concentration reduced chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoid contents, increased zinc content in seedlings, and decreased iron content. ZnONP concentrations of 10–30 mg dm^{-3} increased potassium, calcium, magnesium, zinc, manganese, and copper concentrations, while at 40 mg dm^{-3}, most minerals remained at levels similar to the control. ZnONP-treated in vitro plantlets, when acclimated to ex vitro conditions, showed shoot and

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

root growth and fresh weight increase in Bacillus thuringiensis-inoculated substrate (Krzepiłko et al., 2024).

The green synthesis of gold (Au-NP) and silver (Ag-NP) nanoparticles using Prunus armeniaca (apricot) fruit extract was performed, and their in vitro free radical scavenging capacity was evaluated. $HAuCl_4$ and $AgNO_3$ solutions were reduced with apricot fruit extract, and no stabilizer or pH adjuster was used. The resulting nanoparticles were confirmed by UV–Vis spectroscopy, TEM images showed mostly spherical particles <20 nm in size, and DLS and zeta potential analyses confirmed colloidal stability. XRD and FTIR analyses showed that the nanoparticles were of high purity and had a face-centered cubic structure, and that the proteins in the fruit extract contributed to stabilization. In free radical scavenging activities evaluated by DPPH and ABTS tests, Au-NPs showed higher activity than Ag-NPs (Dauthal and Mukhopadhyay, 2013). These results demonstrate that apricot fruit is not only effective as a reducing and stabilizing agent but also enhances the free radical scavenging potential of the synthesized nanoparticles.

The antibacterial and antifungal effects of silver nanoparticles (Nano-silver, NS) were evaluated to reduce microbial contamination during tissue culture propagation of G×N15 rootstock hybrids of almond × peach, and two different experiments were conducted. In the first experiment, explants were incubated in NS solutions at different NS concentrations (0–200 ppm) and incubation times (3–7 minutes). In the second experiment, NS was added directly to the culture medium. The results showed that NS applications of 100–150 ppm significantly reduced bacterial and fungal contamination and preserved plant viability in both methods. High concentrations (200 ppm) caused phytotoxic effects, which were more pronounced in explants soaked in NS. NS added directly to the culture medium was more effective than the immersion method and had less adverse effects on plant viability. Therefore, NS can be safely used as an environmentally friendly alternative to toxic chemicals such as mercury chloride in the micropropagation of woody plants (Arab et al., 2014).

The use of nanoparticles in in vitro fruit tissue culture provides multifaceted benefits, including promoting plant growth, increasing phenolic and flavonoid content, enhancing antioxidant capacity, and reducing microbial contamination. This approach offers a more sustainable and environmentally friendly alternative to traditional propagation methods, opening new perspectives for advanced biotechnology and nanotechnology applications (Corredor et al., 2009; Singh et al., 2018; Mthana et al., 2022; Kılıç et al., 2025; Krzepiłko et al., 2024; Dauthal and Mukhopadhyay, 2013; Arab et al., 2014).

6. THE FUTURE OF NANOPARTICLES IN IN VITRO TISSUE CULTURE

Nanoengineering has enabled the design of “smart” nanostructured materials that facilitate the controlled cultivation of plant tissues. Polymeric micelles and liposome nanoparticles have been used to transfer DNA plasmids into plant tissues, and it has been shown that these nanoparticles can be taken up by many plant species (D. Rajput et al., 2021). Rosette plants grown in vitro were transfected, and transgene expression was maintained for more than two months. Plants grown in microfluidic devices were genetically transformed by continuous exposure to DNA-loaded nanoparticles; protein nanoparticles created using directed evolution techniques improved the transport of nucleic acids. New computational design platforms promise significant advances in plant biotechnology by enabling nanoparticles to release their cargo only under specific conditions within plant cells.

6.1. Controlled Release Systems

The uneven distribution of traditional fertilizers and pesticides in plants leads to yield loss and environmental pollution (Hou et al., 2023). Nanoformulations increase efficacy by enabling selective transport of substances, reduce application frequency, and minimize environmental leakage. Nanofertilizers can overcome biological barriers by utilizing the physicochemical properties of metal nanoparticles. The metal-coded lipid nanoparticle platform has made it possible to quantitatively measure the biodistribution of nanoparticles in roots, stems, and leaves. The lack of commercialization of nanopesticides stems from deficiencies in safety, environmental distribution, and toxicity data. For example, ferromagnetic nZVI–LA nanoparticles have been developed to target soybean root-knot nematodes and are safe in plant tissue culture.

6.2. Development of Biocompatible and Smart Nanoparticles

Bioconjugated nanoparticles play an important role in pharmaceutical and plant biotechnology applications by improving controlled release and biological distribution. Biomolecules such as amino acids, proteins, glucose, peptides, nucleic acids, and polysaccharides can be conjugated to enhance nanoparticle functionality and efficacy. Carbon dot nanoparticles have been effective in delivering drugs to phloem elements in Sorghum bicolor cells; Zn, Au, and Ag biogenic nanoparticles have been successfully used in gene delivery applications. Further work is needed on natural polymers such as chitosan, PLGA, gelatin, and protein, peptide, and DNA-based systems (Tarroum et al., 2023).

6.3. Mechanisms of Action at the Molecular Level

Plant nanomedicine has not yet been sufficiently developed to utilize multifunctional structures. In vivo studies conducted on living plants are critical for understanding the mechanisms of action. Nanoparticles contribute to the development of cell wall interaction, pest control, biostimulation, and highly bioavailable fertilizers (Mattiello, 2016).

Metal oxide nanoparticles, ceramic structures, quantum dots, and organic nanoparticles offer structural, chemical, optical, and biocompatible properties. Fluorescence imaging, mass spectrometry, and microscopy techniques can be used to monitor the biodistribution of nano-agrochemicals in plants; however, systematic analysis methods are still lacking.

6.4. Regulatory and Biosafety Concerns

The potential effects of nanomaterials on the environment and human health remain uncertain (Mattiello, 2016). Phytotoxicity studies in soil-plant systems are insufficient; systematic research is needed to quantitatively assess plant responses to ENPs.

The degradation processes of nanoparticles in soil and plant tissues play a major role in plant development, photosynthesis, nutrient uptake, and interactions with soil organisms. Furthermore, there is insufficient information about the effects of silver nanoparticles in terrestrial ecosystems after their antimicrobial use, which increases market risk for the industry.

7. CONCLUSION

As is well known, the literature on the toxicity of nanoparticles in aquatic and terrestrial ecosystems is quite extensive. These studies target organisms involved in the evolutionary development process of the biosphere and consider not only living organisms at the ecosystem level, but also the abiotic environmental parameters in which these organisms live. In this context, plants are not merely the sum of metabolic processes; they are also organisms that perceive environmental signals and can rearrange their developmental programs according to

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

these signals. The ecological impact of nanoparticles can be better understood through detailed studies that also consider these morphogenesis-specific variations. Experiments with aquatic microalgae systems offer a path that could encourage scientific investment in this field. As a first step, the role of components in microalgae systems in nanoparticle uptake and toxicity should be investigated. Following this step, the roles these components play in the evolutionary process of terrestrial plants can be evaluated. For example, the role of exudates in the initial stages of nanoparticle uptake should be clarified. From a broader perspective, the compatibility between the size distributions of nanoparticles in emission and exposure environments and the uptake pathways in plants should be addressed, and the properties controlling these uptake events should be identified. Furthermore, close collaboration should be established between experimental laboratory studies and theoretical computational approaches. In this context, Molecular Dynamics simulations, quantum chemistry, and multiscale modeling can provide valuable insights into the interaction of nanoparticles with both biotic and abiotic components.

8. REFERENCES

Aich, N., Flora, J. R., & Saleh, N. B. (2012). Preparation and characterization of stable aqueous higher-order fullerenes. *Nanotechnology*, *23*(5), 055705.

Al-Mayahi, A. M. W. (2021). The effect of humic acid (HA) and zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPS) on in vitro regeneration of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Quntar. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *145*(2), 445–456.

Am, S., Kk, C., Sw, Z., Gx, X., Jl, Q., Coquet, P., Kt, Y., & Xy, C. (2019). *Nanocarbons for biology and medicine: Sensing, imaging, and drug delivery*.

Arab, M. M., Yadollahi, A., Hosseini-Mazinani, M., & Bagheri, S. (2014). Effects of antimicrobial activity of silver nanoparticles on in vitro establishment of G× N15 (hybrid of almond× peach) rootstock. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, *12*(2), 103–110.

Badrie, N. (2024). Using inorganic nanoparticles for sustainable food safety and quality control. In *Food safety* (pp. 197–220). CRC Press.

Barhoum, A., & Makhlouf, A. S. H. (2018). *Emerging applications of nanoparticles and architecture nanostructures*. Elsevier.

Barhoum, A., García-Betancourt, M. L., Jeevanandam, J., Hussien, E. A., Mekkawy, S. A., Mostafa, M., Omran, M. M., S. Abdalla, M., & Bechelany, M. (2022). Review on natural, incidental, bioinspired, and engineered nanomaterials: History, definitions, classifications, synthesis, properties, market, toxicities, risks, and regulations. *Nanomaterials*, *12*(2), 177.

Beg, S., Rizwan, M., Sheikh, A. M., Hasnain, M. S., Anwer, K., & Kohli, K. (2011). Advancement in carbon nanotubes: Basics, biomedical applications and toxicity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *63*(2), 141–163.

Chen, H., Weiss, J., & Shahidi, F. (2006). Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technology (Chicago)*, *60*(3), 30–36.

Chen, H., & Yada, R. (2011). Nanotechnologies in agriculture: New tools for sustainable development. *Trends in Food Science & Technology*, *22*(11), 585–594.

Chen, X., & Schluesener, H. J. (2008). Nanosilver: A nanoproduct in medical application. *Toxicology Letters*, *176*(1), 1–12.

Choudhury, P., & Das, P. K. (2021). Progress and trends in self-assembly driven fluorescent organic nanoparticles: A brief overview. *Journal of the Indian Chemical Society*, *98*(9), 100123.

Coles, D., & Frewer, L. J. (2013). Nanotechnology applied to European food production–A review of ethical and regulatory issues. *Trends in Food Science & Technology*, *34*(1), 32–43.

Creutzenberg, O. (2021). Nanoparticles and their regulation. In *Regulatory toxicology* (pp. 1093–1108). Springer.

Das, P., Ganguly, S., Banerjee, S., & Das, N. C. (2019). Graphene based emergent nanolights: A short review on the synthesis, properties and application. *Research on Chemical Intermediates*, *45*, 3823–3853.

Dauthal, P., & Mukhopadhyay, M. (2013). In-vitro free radical scavenging activity of biosynthesized gold and silver nanoparticles using *Prunus armeniaca* (apricot) fruit extract. *Journal of Nanoparticle Research*, *15*, 1–11.

Davis, M. E., Chen, Z., & Shin, D. M. (2008). Nanoparticle therapeutics: An emerging treatment modality for cancer. *Nature Reviews Drug Discovery*, *7*(9), 771–782.

de Oliveira Timoteo, C., Paiva, R., dos Reis, M. V., da Silva, D. P. C., da Silva, B. R., & de Oliveira, J. E. (2018). Silver nanoparticles on dragon fruit in vitro germination and growth. *Plant Cell Culture & Micropropagation*, *14*(1), 18–25.

Dedejani, S., Mozafari, A. A., & Ghaderi, N. (2021). Salicylic acid and iron nanoparticles application to mitigate the adverse effects of salinity stress under in vitro culture of strawberry plants. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, *45*(3), 821–831.

Dolez, P. I. (2015). Nanomaterials definitions, classifications, and applications. In *Nanoengineering* (pp. 3–40). Elsevier.

El-Mahdy, M., & Elazab, D. (2020). Impact of zinc oxide nanoparticles on pomegranate growth under in vitro conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, *67*, 162–167.

Elsayh, S. A., Arafa, R. N., Ali, G. A., Abdelaal, W., Sidky, R. A., & Ragab, T. I. (2022). Impact of silver nanoparticles on multiplication, rooting of shoots and biochemical analyses of date palm Hayani cv. by in vitro. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *43*, 102400.

Erdem, S., Mutluay, M., Karaer, M., & Gültaş, H. (2025). The effect of Fe3O4 nanoparticle applications on seedling development in water-stressed strawberry (*Fragaria* × *ananassa* 'Albion') plants. *Applied Fruit Science*, *67*(2).

Espinosa-Leal, C. A., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). In vitro plant tissue culture: Means for production of biological active compounds. *Planta*, *248*, 1–18.

Ghareb, H. E.-S., Mustafa, S. S., Ibrahim, S. D., Abd Alhady, M. R., & Gabr, M. F. (2025). In vitro propagation and assessment of genetic stability in *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. as affected by zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 1–15.

Ghormade, V., Deshpande, M. V., & Paknikar, K. M. (2011). Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnology Advances*, *29*(6), 792–803.

Gleiter, H. (2000). Nanostructured materials: Basic concepts and microstructure. *Acta Materialia*, *48*(1), 1–29.

Goodarzi, S., Da Ros, T., Conde, J., Sefat, F., & Mozafari, M. (2017). Fullerene: Biomedical engineers get to revisit an old friend. *Materials Today*, *20*(8), 460–480.

Gupta, A. K., & Gupta, M. (2005). Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications. *Biomaterials*, *26*(18), 3995–4021.

Hadinoto, K., Sundaresan, A., & Cheow, W. S. (2013). Lipid–polymer hybrid nanoparticles as a new generation therapeutic delivery platform: A review. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, *85*(3), 427–443.

Joseph, T., & Morrison, M. (2006). Nanotechnology in agriculture and food. *Nanoforum Report*, *2*(2), 3.

Kang, P., Wang, M. C., & Nam, S. (2016). Bioelectronics with two-dimensional materials. *Microelectronic Engineering*, *161*, 18–35.

Kaur, A., Kaur, J., & Singh, R. C. (2018). Graphene aerogel based room temperature chemiresistive detection of hydrogen peroxide: A key explosive ingredient. *Sensors and Actuators A: Physical*, *282*, 97–113.

Khan, S. A. (2020). Metal nanoparticles toxicity: Role of physicochemical aspects. In *Metal nanoparticles for drug delivery and diagnostic applications* (pp. 1–11). Elsevier.

Khani, S., Keyhanfar, F., & Amani, A. (2016). Design and evaluation of oral nanoemulsion drug delivery system of mebudipine. *Drug Delivery*, *23*(6), 2035–2043.

Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R., & Schuster, E. W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Protection*, *35*, 64–70.

Kılıç, G. Ç., Şeker, M. G., Gutul, T., Süzerer, V., Dursun, İ., & Çiftçi, Y. Ö. (2025). The influence of nanosized zero-valent iron (nZVI) on the micropropagation, antioxidant activity, and phenolic compound content of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *160*(3), 68.

Krzepiłko, A., Prażak, R., & Matyszczuk, K. (2024). Influence of zinc oxide nanoparticles in in vitro culture and bacteria *Bacillus thuringiensis* in ex vitro conditions on the growth and development of blackberry (*Rubus fruticosus* L.). *Applied Sciences*, *14*(9), 3743.

Kumar, N., Salehiyan, R., Chauke, V., Botlhoko, O. J., Setshedi, K., Scriba, M., Masukume, M., & Ray, S. S. (2021). Top-down synthesis of graphene: A comprehensive review. *FlatChem*, *27*, 100224.

Kurt, Z., & Ateş, S. (2024). Application of silicon iron and silver nanoparticles improve vegetative development and physiological characteristics of boysenberry plants grown under salinity stress in vitro cultivation conditions. *Horticulturae*, *10*(10), 1118.

Lateef, A. (2021). The next big thing is very small: The paradox of diminutive microbes and nanoparticles. *Nano Plus: Science and Technology of Nanomaterials*, *2*(1), 27–65.

Mahmoud, L. M., Dutt, M., Shalan, A. M., El-Kady, M. E., El-Boray, M. S., Shabana, Y. M., & Grosser, J. W. (2020). Silicon nanoparticles mitigate oxidative stress of in vitro-derived banana (*Musa acuminata* 'Grand Nain') under simulated water deficit or salinity stress. *South African Journal of Botany*, *132*, 155–163.

Makhlouf, A. S. H., & Barhoum, A. (2018). *Emerging applications of nanoparticles and architectural nanostructures: Current prospects and future trends*.

Malkoch, M., Malmström, E., & Nyström, A. (2012). Dendrimers: Properties and applications. In *Polymer science: A comprehensive reference* (pp. 113–176).

Mayorov, A. S., Gorbachev, R. V., Morozov, S. V., Britnell, L., Jalil, R., Ponomarenko, L. A., Blake, P., Novoselov, K. S., Watanabe, K., & Taniguchi, T. (2011). Micrometer-scale ballistic transport in encapsulated graphene at room temperature. *Nano Letters*, *11*(6), 2396–2399.

Mazaheri-Tirani, M., & Dayani, S. (2022). Growth, flowering and physiological response of *Trachyspermum ammi* L. to zinc oxide micro-and nanoparticles. *Russian Journal of Plant Physiology*, *69*(1), 14.

Mignani, S., Shi, X., Guidolin, K., Zheng, G., Karpus, A., & Majoral, J.-P. (2021). Clinical diagonal translation of nanoparticles: Case studies in dendrimer nanomedicine. *Journal of Controlled Release*, *337*, 356–370.

Mozafari, A.-A., Ghadakchi Asl, A., & Ghaderi, N. (2018). Grape response to salinity stress and role of iron nanoparticle and potassium silicate to mitigate salt induced damage under in vitro conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *24*, 25–35.

Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*, *179*(3), 154–163.

Nejatzadeh, F. (2021). Effect of silver nanoparticles on salt tolerance of *Satureja hortensis* L. during in vitro and in vivo germination tests. *Heliyon*, *7*(2).

Nozik, A. J., Beard, M. C., Luther, J. M., Law, M., Ellingson, R. J., & Johnson, J. C. (2010). Semiconductor quantum dots and quantum dot arrays and applications of multiple exciton generation to third-generation photovoltaic solar cells. *Chemical Reviews*, *110*(11), 6873–6890.

Orive, G., Anitua, E., Pedraz, J. L., & Emerich, D. F. (2009). Biomaterials for promoting brain protection, repair and regeneration. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(9), 682–692.

Özkara, A. (2025). Nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri. *Nanopartiküller*, *71*.

Öztürk, D. Ö. H., Küçükyıldırım, H., & Aydemir, S. (2025). Nano gübreler ve tarımsal verimlilik: Geleceğin gübre teknolojisi. In *Tarımda inovasyon ve sürdürebilirlik: Güncel yaklaşımlar ve uygulamalar* (p. 27).

Phong, T. H., Hieu, T., Tung, H. T., Mai, N. T. N., Khai, H. D., Cuong, D. M., Luan, V. Q., Nam, N. B., & Nhut, D. T. (2023). Silver nanoparticles enhance the in vitro plant regeneration via thin cell layer culture system in purple passion fruit. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *155*(2), 403–415.

Pinelli, F., Pizzetti, F., Rossetti, A., Posel, Z., Masi, M., Sacchetti, A., Posocco, P., & Rossi, F. (2021). Effect of surface decoration on properties and drug release ability of nanogels. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *614*, 126164.

Radi, A. A., Farghaly, F. A., Al-Kahtany, F. A., & Hamada, A. M. (2018). Zinc oxide nanoparticles-mediated changes in ultrastructure and macromolecules of pomegranate callus cells. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *135*(2), 247–261.

Regni, L., Del Buono, D., Micheli, M., Facchin, S. L., Tolisano, C., & Proietti, P. (2022). Effects of biogenic ZnO nanoparticles on growth, physiological, biochemical traits and antioxidants on olive tree in vitro. *Horticulturae*, *8*(2), 161.

Roduner, E. (2006). Size matters: Why nanomaterials are different. *Chemical Society Reviews*, *35*(7), 583–592.

Saito, N., Usui, Y., Aoki, K., Narita, N., Shimizu, M., Hara, K., Ogiwara, N., Nakamura, K., Ishigaki, N., & Kato, H. (2009). Carbon nanotubes: Biomaterial applications. *Chemical Society Reviews*, *38*(7), 1897–1903.

Saleh, T. A., & Gupta, V. K. (2016). *Nanomaterial and polymer membranes: Synthesis, characterization, and applications*. Elsevier.

Sardar, R., Funston, A. M., Mulvaney, P., & Murray, R. W. (2009). Gold nanoparticles: Past, present, and future. *Langmuir*, *25*(24), 13840–13851.

Sekhon, B. S. (2014). Nanotechnology in agri-food production: An overview. *Nanotechnology, Science and Applications*, 31–53.

Sharoyko, V. V., Shemchuk, O. S., Meshcheriakov, A. A., Vasina, L. V., Iamalova, N. R., Luttsev, M. D., Ivanova, D. A., Petrov, A. V., Maystrenko, D. N., & Molchanov, O. E. (2022). Biocompatibility, antioxidant activity and collagen photoprotection properties of C60 fullerene adduct with L-methionine. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, *40*, 102500.

Singh, P., Ahn, S., Kang, J.-P., Veronika, S., Huo, Y., Singh, H., Chokkaligam, M., El-Agamy Farh, M., Aceituno, V. C., & Kim, Y. J. (2018). In vitro anti-inflammatory activity of spherical silver nanoparticles and monodisperse hexagonal gold nanoparticles by fruit extract of *Prunus serrulata*: A green synthetic approach. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, *46*(8), 2022–2032.

Tejada-Alvarado, J. J., Meléndez-Mori, J. B., Ayala-Tocto, R. Y., Goñas, M., & Oliva, M. (2023). Influence of silver nanoparticles on photosynthetic pigment content and mineral uptake in pineapple seedlings grown in vitro under aluminum stress. *Agronomy*, *13*(5), 1186.

Tung, H. T., Thuong, T. T., Cuong, D. M., Luan, V. Q., Hien, V. T., Hieu, T., Nam, N. B., Phuong, H. T. N., Van The Vinh, B., & Khai, H. D. (2021). Silver nanoparticles improved explant disinfection, in vitro growth, runner formation and limited ethylene accumulation during micropropagation of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *145*(2), 393–403.

Weiss, J., Takhistov, P., & McClements, D. J. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science*, *71*(9), R107–R116.

Wojcieszek, J., Jiménez-Lamana, J., Ruzik, L., Szpunar, J., & Jarosz, M. (2020). To-do and not-to-do in model studies of the uptake, fate and metabolism of metal-containing nanoparticles in plants. *Nanomaterials*, *10*(8), 1480.

Yang, H., Wang, S., Bian, H., Xing, X., Yu, J., Wu, X., Zhang, L., Liang, X., Lu, A., & Huang, C. (2022). Extracellular matrix-mimicking nanofibrous chitosan microspheres as cell micro-ark for tissue engineering. *Carbohydrate Polymers*, *292*, 119693.

Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., & Padervand, M. (2020). Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Scientific Reports*, *10*(1), 17672.

Zhang, R., Wang, S., Huang, X., Yang, Y., Fan, H., Yang, F., Li, J., Dong, X., Feng, S., & Anbu, P. (2020). Gold-nanourchin seeded single-walled carbon nanotube on voltammetry sensor for diagnosing neurogenerative Parkinson's disease. *Analytica Chimica Acta*, *1094*, 142–150.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FARKLI KESİTLİ İKİ BORUDAKİ TÜRBÜLANSLI İÇ AKIŞIN ISI TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜŞÜNÜN HAD İLE ANALİZİ

Mustafa CANER
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
mustafacaner@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0002-3674-7881

ÖZET

Borulu ısı değiştiriciler ısıl sistemlerde ve çeşitli diğer endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel tasarımlarda genellikle dairesel kesitli borular kullanılır. Ancak özellikle alanın sınırlı olduğu mühendislik sistemlerinde kullanılmak üzere alternatif geometriler araştırılmaktadır. Bu çalışma, sayısal analiz kullanarak eşdeğer çevre ve uzunluğa sahip dairesel kesitli borularda ve 34/26 özel eksen oranına sahip eliptik borularda akışı araştırmayı amaçlamaktadır. Analizler 10.000, 20.000 ve 30.000 Reynolds sayılarında türbülanslı akış koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Amaç ısı transfer performans ve hidrolik performans olmak üzere iki kriteri karşılaştırarak geometrik şeklin performans üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Sonuçlar, eliptik kesitin ısı transferinde nispeten düşük bir artış sağlarken basınç düşüşünde daha belirgin bir artış oluşturduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Isı transferi, basınç düşüşü, eliptik boru

1. GİRİŞ

Sanayileşme, kentleşme ve teknolojik gelişmeler sonucunda enerjiye olan ihtiyaç her geçen yıl daha da yükselmektedir. Enerji talebindeki bu artışa karşın fosil yakıt kaynakları sınırlı olmasının yanında bu kaynakların kullanımlarının iklim ve çevre üzerinde çok önemli etkileri vardır [1-2]. Bu nedenle enerji sistemlerinde verimlilik, yenilenebilir kaynaklara yönelim ve atık ısının değerlendirilmesi artık stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir[3].

Isıl kaynaklı sistemler akışkan ve katı yüzey arasında verimli konvektif ısı transferine dayanır. Isı transfer teknolojilerindeki son gelişmeler kompakt ısı eşanjörlerinin yüksek ısı transfer performansı nedeniyle giderek daha fazla öne çıktığını göstermektedir [4].

Isı değiştiricilerde akış ve ısı transferi performansı kritik tasarım parametreleridir [5]. Boru içindeki ısı transferinin artırılması sistemin enerji verimliliğini doğrudan etkilemektedir ancak

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

basınç düşüşü bu iyileştirmelerin maliyetini belirleyen önemli bir faktördür. Boru geometrisinin değiştirilmesi akış yapısını ve dolayısıyla ısı transferi ile basınç düşümünü önemli ölçüde etkilemektedir.

Meng vd. [6] kesiti periyodik olarak değişen alternatif eliptik eksenli borularda konvektif ısı transferi ve akış karakteristiklerini deneysel olarak inceleyerek Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü korelasyonları elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre düşük Reynolds sayılarında daha yüksek performans değerlendirme kriteri (PEC) sergilediğini ve geometrik değişimlerin akışta daha erken türbülans geçişine neden olduğunu ortaya koyduğunu bildirmişlerdir. Al-Tajer vd. tarafından gerçekleştirilen çalışmada [7] çevresi ve yüzey alanı eşit olan dairesel ve eliptik (0.75 en-boy oranı) kesitli borularda Al_2O_3–saf su nanoakışkanının Re = 3000–9230 aralığındaki zorlanmış türbülanslı akışı deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Eliptik kesitli boru dairesel boruya kıyasla yalnızca hafif bir ısı transferi artışı sağlamış buna karşın basınç düşümü ve sürtünme faktörü biraz daha yüksek bulunmuştur. Shariat vd. [8] tarafından gerçekleştirilen çalışmada sabit ısı akısı altında Al_2O_3–su nanoakışkanının eliptik kesitli kanallardaki laminer karışık taşınımı iki fazlı karışım modeliyle sayısal olarak incelenmiştir. Eliptik borularda en-boy oranının artması sürtünme faktörünü belirgin biçimde düşürürken, Nusselt sayısında düzenli bir değişim gözlenmediği belirtilmiştir. Bununla birlikte 0,75 oranına sahip eliptik boruların en yüksek ısı transferi ve en düşük sürtünme değerlerini sağlaması nedeniyle dairesel borulara kıyasla daha avantajlı olduğu bildirilmiştir. Gerçekleştirilen bir diğer çalışmada [9] turbülanslı akış altında eliptik borularda zorlanmış konveksiyon sayısal olarak incelenmiş ve boru etrafına sabit ısı akısı uygulanmıştır. Sonuçlar eliptik borunun dairesel boruya kıyasla Nusselt sayısını yaklaşık %9, sürtünme faktörünü %6 artırdığını nanoparçacık hacim oranı arttıkça ve çapı küçüldükçe ısı transferi ve sürtünme faktörünün yükseldiğini göstermiştir.

Literatür araştırması sonucunda eliptik kesitin daha yüksek ısı transfer hızlarına ulaşabildiği sonucuna varılmaktadır. Ancak bu iyileşmenin beraberinde ne kadar basınç kaybı getirdiği konusu geometriye ve akış rejimine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca Türkçe literatürde eliptik boru üzerine gerçekleştirilen çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile eşdeğer çevre ve uzunluğa sahip 30 mm çapındaki dairesel kesitli boru ve 34/26 özel eksen oranına sahip eliptik borularda meydana gelen ısı transferi ve basınç düşüşleri karşılaştırılmıştır. Analizler 10.000, 20.000 ve 30.000 Reynolds sayılarında türbülanslı akış koşulları altında gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

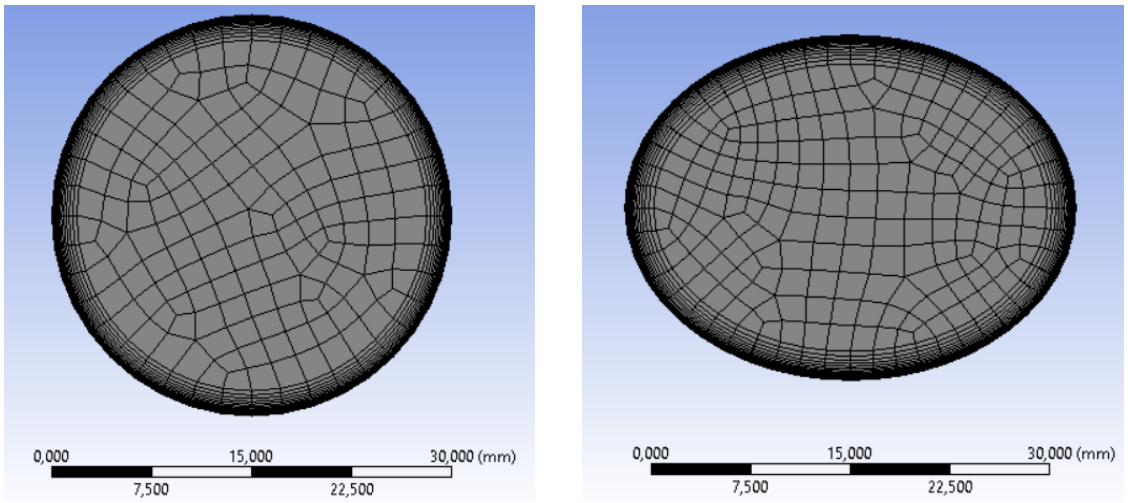
2. SAYISAL ANALİZ

Eşdeğer çevre uzunluğuna ve yüzey alanına sahip farklı kesitli boruların aynı koşullar altında ısı transferi ve basınç düşüşü performansının kararlı durumda sayısal olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla analizlerde 3 m uzunluğunda 30 mm çapında dairesel kesitli boru ve aynı uzunlukta 34/26 eksen oranına sahip eliptik boru kullanılmıştır. Analizi gerçekleştirilen boruların boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada analiz edilen boruların boyutları

Kesit	Dairesel	Eliptik
Boru çapı/ Çap oranı	30 mm	34 mm / 26 mm
Boru uzunluğu	3 m	3 m
Çevre uzunluğu	94,25 mm	94,67 mm
Yüzey alanı	282.743 mm^2	284.035 mm^2

Sayısal analizler hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) paket programı (ANSYS Fluent 18.2) [10] kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan ağ yapıları Görsel 1'de görülmektedir.

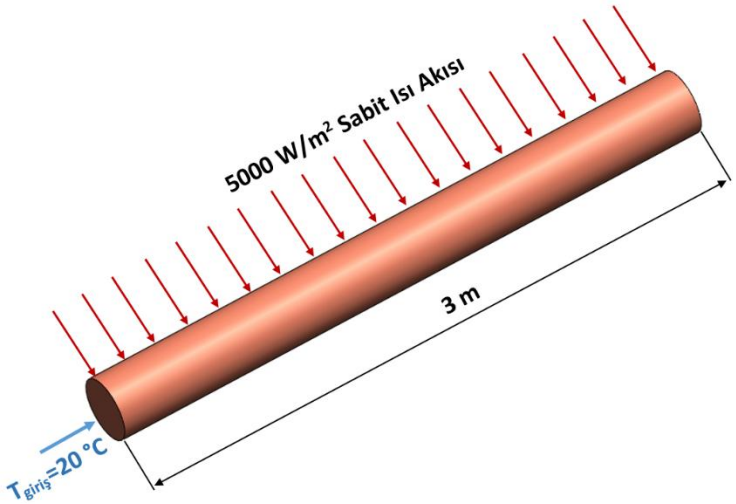


(a) (b)

Görsel 1. Oluşturulan ağ yapıları a) Dairesel kesitli boru b) Eliptik kesitli boru

Akışkan olarak su seçilmiş ve suyun termofiziksel özellikleri sabit kabul edilmiştir. Suyun her iki boruya giriş sıcaklığı 20 °C olarak belirlenmiş ve boru yüzeyine 5.000 W/m^2 sabit ısı akısı sınır şartı olarak uygulanmıştır. Ayrıca analizler 10.000, 20.000 ve 30.000 olmak üzere üç farklı Re sayısında türbülanslı akış koşullarında gerçekleştirilmiştir. Sınır koşulları Görsel 2'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 2. Sınır koşulları

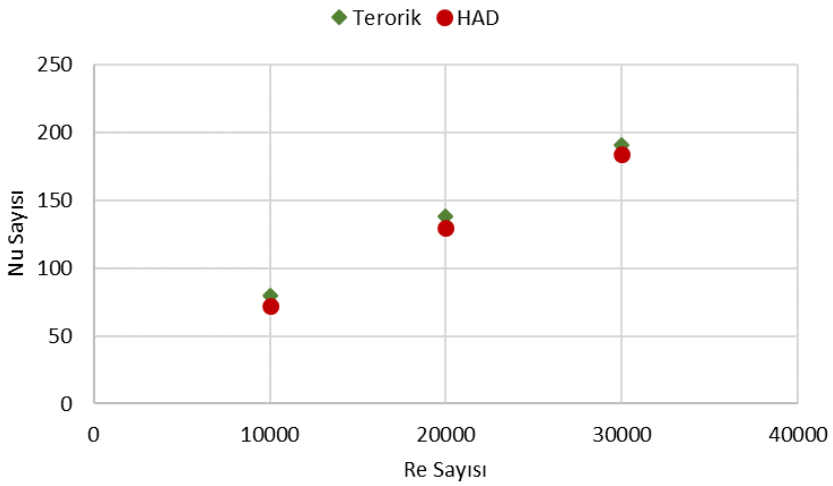
Yakınsama kriteri, süreklilik ve x, y ve hız bileşenleri için 10^{-4}, enerji denklemi için ise 10^{-6} olarak belirlenmiştir. Ayrıca k-ω SST türbülans modeli kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde analizler sonucunda elde edilen ısı transfer katsayıları, basınç düşüşler ve performans değerlendirme kriterleri karşılaştırılmıştır. İlk olarak dairesel kesitli boru için teorik Nu sayısı Dittus-Boelter eşitliği kullanılarak belirlenmiştir [11].

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{4/5} Pr^{0,4}$$

Görsel 3'de dairesel kesitli bir boru için teorik hesaplamalar ve HAD analizi sonucunda elde edilen Nu sayılarının karşılaştırması sunulmuştur.

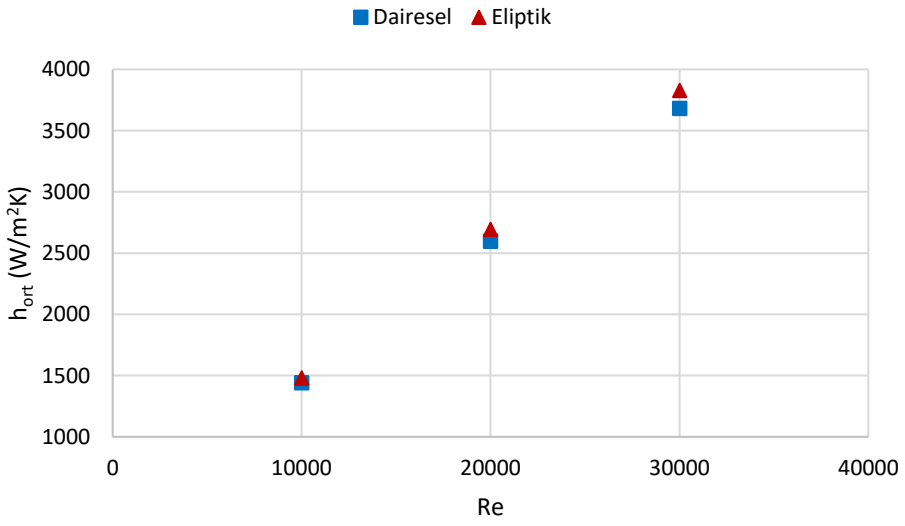


Görsel 3. Dairesel kesitli boruda Nu sayısının teorik ve sayısal olarak karşılaştırılması

Analizler sonucunda beklendiği üzere eliptik kesitli boruda daha küçük hidrolik çap ve daha yüksek hız nedeniyle ısı transfer katsayısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Eliptik boru

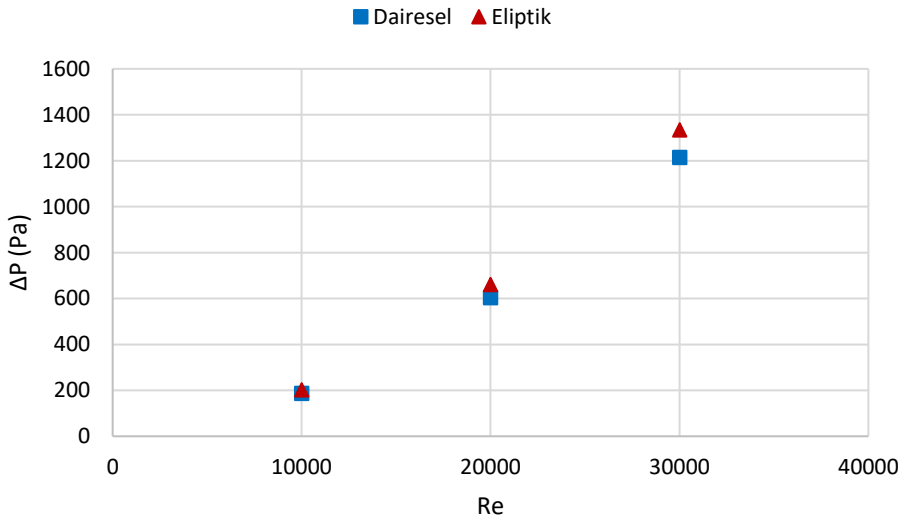
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

kullanımı ile birlikte 10.000, 20.000 ve 30.000 Re sayısında ısı transfer katsayısında sırasıyla %2,71, %3,70 ve %3,97 artış meydana gelmiştir. Farklı Re sayılarında dairesel kesitli boru ile eliptik boruda elde edilen ısı transfer katsayılarının karşılaştırılması Görsel 4'de verilmiştir.



Görsel 4. Isı katsayısının karşılaştırılması

Görsel 5 incelendiğinde eliptik kesitli boruda basınç düşüşünün daha fazla olduğu görülmektedir. Üç farklı Re sayısında elde edilen sonuçların ortalaması alındığında basınç düşüşünde ortalama %9,41 artış meydana gelmiştir.



Görsel 5. Basınç düşüşünün karşılaştırılması

Performans değerlendirme kriteri (PEC) sabit pompalama gücü için karşılaştırma olanağı sağlamaktadır ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [7,12].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

$$PEC = \frac{\left(\frac{Nu_e}{Nu_d}\right)}{\left(\frac{f_e}{f_d}\right)^{1/3}}$$

Hesaplanan performans değerlendirme kriteri değerleri Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı Re sayılarında performans değerlendirme kriterleri

Re Sayısı	PEC
10.000	0,9992
20.000	1,005
30.000	1,007

4. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen bazı sonuçlar aşağıda vurgulanmıştır.

1. Isı transferi uygulamalarında kullanılan boru kesiti ısıl ve hidrodinamik performans üzerinde kayda değer bir etkiye sahiptir.

2. Bu çalışmada değerlendirilen eliptik boru kesiti ortalama %3,46 oranında ısıl performans iyileşmesi sağlamıştır. Ancak bu kesitin kullanılması durumunda ortalama %9,41 oranında daha yüksek basınç düşüşü ile karşılaşılacaktır.

3. PEC > 1 olduğu durumlar eliptik borunun sabit pompalama gücü koşulunda dairesel borudan daha verimli olduğunu gösterir. Ancak elde edilen değerler 1'e çok yakın olduğundan pratikte kayda değer bir avantaj sağlamayabilir.

4. Eliptik kesit ısı transferinin son derece kritik olduğu ve basınç kaybının ikincil öneme sahip olduğu belirli elektronik soğutma uygulamaları veya fiziksel alan kısıtlamalarının oluşması gibi özel durumlarda önemli bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

5. Enerji verimliliğinin ve işletme maliyetlerinin ön planda olduğu genel ve yaygın uygulamalar için dairesel kesitli borular tercih edilen bir seçim olmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

[1] Horzela-Miś, A., Semrau, J., Wolniak, R., Grebski, W. W. Energy Transformation in the Construction Industry: Integrating Renewable Energy Sources, Energies, 2025, 18(9), 2363.

[2] Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Yap, P. S. Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate, Environmental Chemistry Letters, 21(2), 741-764, 2023.

[3] Togun, H., Basem, A., Jweeg, M. J., Anqi, A. E., Abed, A. M., Mohammed, H. I., Abdulrazzaq, T. Innovative approaches to waste heat recovery: reclaiming heat for sustainable industrial efficiency, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2025, 1-31.

[4] Deepakkumar, R., Jayavel, S. Air side performance of finned-tube heat exchanger with combination of circular and elliptical tubes, Applied Thermal Engineering, 119, 360–372, 2017.

[5] Warnakulasuriya, F. S. K.; Worek, W. M. Heat transfer and pressure drop properties of high viscous solutions in plate heat exchangers, International Journal of Heat and Mass Transfer, 51(1–2), 52–67, 2008.

[6] Meng, J. A., Liang, X. G., Chen, Z. J., Li, Z. X. Experimental study on convective heat transfer in alternating elliptical axis tubes, Experimental Thermal and Fluid Science, 29(4), 457-465, 2005.

[7] Al-Tajer, A. M., Kramallah, A. A., Mohsen, A. M., Mahmoud, N. S. Experimental Investigation of Heat Transfer of Nanofluid in Elliptical and Circular Tubes, Mathematical Modelling of Engineering Problems, 8(4), 2021.

[8] Shariat, M., Akbarinia, A., Nezhad, A. H., Behzadmehr, A., Laur, R. Numerical study of two phase laminar mixed convection nanofluid in elliptic ducts, Applied Thermal Engineering, 31(14-15), 2348-2359, 2011.

[9] Hussein, A. M., Bakar, R. A., Kadirgama, K., Sharma, K. V. Heat transfer enhancement with elliptical tube under turbulent flow TiO2-water nanofluid, Thermal Science, 20(1), 89-97, 2016.

[10] ANSYS, ANSYS Fluent 18.2. ANSYS Inc., 2016.

[11] Incropera, F. P., De Witt, D. P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley, New York, 1985.

[12] Wang, D., Zhang, H., Wang, G., Yuan, H., Peng, X. Experimental and numerical study on the heat transfer and flow characteristics of convex plate heat exchanger based on multi-objective optimization, International Journal of Heat and Mass Transfer, 202, 123755, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

OPTIMIZING ANN PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR BODY FAT PREDICTION

Şahin YILDIRIM
Erciyes University,
sahiny@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7149-3274
Mehmet Safa BİNGÖL
Nigde Omer Halisdemir University,
msbingol@ohu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4188-2025

ABSTRACT

Body fat percentage is an important indicator for determining individuals' health status and physical fitness levels. Since traditional body fat measurement methods require expensive equipment or are cumbersome, machine learning based methods that can estimate body fat percentage using anthropometric measurements are gaining importance. In this study, Artificial Neural Networks (ANN) optimized with the Artificial Bee Colony (ABC) algorithm were used to estimate body fat percentage in men. The dataset used in the study contains 14 different anthropometric measurements (age, weight, height, neck circumference, chest circumference, waist circumference, hip circumference, thigh circumference, knee circumference, ankle circumference, biceps circumference, forearm circumference, and wrist circumference) from 252 male individuals. The dataset was divided into three groups: 70% training, 15% validation, and 15% testing. The ABC algorithm was used to optimize the hyperparameters of the ANN. The proposed ANN model has a feedforward network architecture consisting of two hidden layers and was trained using the Levenberg-Marquardt training algorithm. The results show that the ANN model optimized with the ABC algorithm is a reasonable and effective method for predicting body fat percentage.
Keywords: Artificial bee colony, Artificial neural network, Body fat, Optimization.

1. INTRODUCTION

Body fat percentage is considered a critical indicator for assessing individuals' overall health status and the risk of various chronic diseases [1]. Accurate determination of body fat percentage is of great importance in the diagnosis and monitoring of health problems such as

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

obesity, diabetes, cardiovascular diseases, and metabolic syndrome. Traditional body fat measurement methods include underwater weighing (hydrostatic weighing), dual-energy X-ray absorptiometry, bioelectrical impedance analysis, and skinfold caliper measurements. However, most of these methods require expensive equipment and specialized personnel. Therefore, there is a growing need for alternative, fast, low cost, and reliable methods that can estimate body fat percentage [2].

In recent years, machine learning and artificial intelligence techniques have begun to be widely used in solving medical diagnosis and prediction problems [3, 4]. Artificial Neural Networks (ANNs), in particular, have yielded successful results in areas such as body composition estimation, disease diagnosis, and health status assessment, thanks to their ability to model complex nonlinear relationships. However, the performance of ANNs is largely dependent on the correct selection of hyperparameters such as network architecture (number of layers, number of neurons), learning rate, momentum coefficient, and activation functions.

Chiong et al. propose a support vector machine (SVM) model developed to estimate body fat percentage based on easily measurable body measurements [5]. The proposed method enhances prediction accuracy by adding an error control term to obtain unbiased predictions and using feature selection to eliminate unnecessary features. Results and statistical tests demonstrate that this method performs significantly better than other estimation models and provides an effective solution for obesity assessment without requiring expensive equipment. Lai et al. present a hybrid feature selection method that uses the VIKOR-based multi-filter ensemble technique (VMFET) and improved simplified swarm optimization (iSSO) to estimate body fat percentage with low error [6]. The method first uses VMFET to filter the most informative features. It then applies improved iSSO with biased random initialization and effect based feature pruning schemes to select the optimal feature subset and enhance prediction performance. Simulations and statistical results on nine datasets demonstrate that the proposed hybrid model is a promising tool.

Fan et al. investigated the effectiveness of feature extraction when estimating body fat percentage from easily accessible body measurements [7]. For this purpose, they compared three different feature extraction approaches with four well known prediction models. Experimental results on two different datasets reveal that prediction models perform better in terms of mean absolute error, standard deviation, root mean square error, and robustness when feature extraction is applied. Statistical analyses show that feature extraction significantly improves the performance of prediction methods. In another study, Fan et al. proposed a Fuzzy Weighted Gaussian Kernel-based Relative Error SVM (RE-SVM) to accurately predict body fat percentage [8]. The proposed method applies fuzzy weights to the error constraints of the RE-SVM to reduce the effect of noisy data and improves the Gaussian kernel by considering the importance of different samples. Computational experiments and statistical tests confirmed that the proposed approach significantly outperformed the other models compared in terms of different performance metrics.

Choppin et al. investigated whether body shape measurements obtained from 3D body scanners, in addition to traditional anthropometric measurements, improve the performance of predicting

body fat mass and distribution [9]. Analyses conducted on 93 male participants revealed that prediction models incorporating body shape data exhibited a higher adjusted R^2 value and lower mean square error. Hussain et al. proposed a hybrid machine learning model combining support vector regression and emotional artificial neural networks (SVR-EANN) to accurately predict body fat percentage [10]. SVR was applied as a consistent feature selection model on seven features and measurements, followed by the use of EANN's regression capability in the prediction stage. The proposed hybrid model demonstrated superior performance when compared to seven benchmark models. It revealed that waist circumference is the most important factor for BFP estimation, while age has a smaller effect, offering a low-cost solution for obesity treatment. Mitu and others developed multiple linear regression (MLR) and ANN models to estimate abdominal fat and lean mass, which are closely related to cardiometabolic risks [11]. Experiments conducted on 104 healthy participants with high adiposity or waist circumference revealed that ANN models performed significantly better than MLR models (R^2 = 0.96-0.98 vs. R^2 = 0.80-0.94). Using a maximum of five anthropometric inputs, these algorithms predicted body fat mass with an error margin of 1.84 kg and body lean mass with an error margin of 1.48 kg.

The aim of this study is to develop an ANN model optimized with the ABC algorithm to estimate body fat percentage in male individuals using anthropometric measurements. The study utilized a dataset containing 14 different anthropometric measurements from 252 male individuals. The ABC algorithm was applied to optimize critical hyperparameters of the ANN, such as the number of hidden layer neurons, and the model was trained using the Levenberg-Marquardt training algorithm. The model's performance was evaluated using standard metrics, and it was demonstrated that the proposed hybrid approach is a practical and effective method that provides high accuracy in body fat percentage estimation.

2. MATERIAL AND METHODS

ANNs are computational systems developed based on the information processing mechanism of the human brain. ANNs have a multilayered structure consisting of an input layer, one or more hidden layers, and an output layer [12]. The output of a neuron is calculated as shown in Equation 1.

$$y_j = f\sum_{i=1}^{n} w_{ij}x_i + b_j \tag{1}$$

Here, y_j represents the output of the jth neuron, x_i represents the input value of the ith neuron (e.g., anthropometric parameters such as age, height, weight, waist circumference), w_{ij} represents the connection weight from the i(th) input to the j(th) neuron, b_j represents the bias value of the j(th) neuron, f represents the activation function, and n represents the total number of inputs.

The bias term adjusts the activation threshold of the neuron and increases the flexibility of the model. Weights (w_{ij}) and bias values (b_j) are learned from the data set and optimized during the training process [13]. In a multilayer network, the output of one layer becomes the input of the

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

next layer. For example, the output of the kth neuron in the hidden layer is given in Equation 2, while the prediction in the final output layer is given in Equation 3.

$$h_k = f_{hidden} \sum_{j=1}^{m} w_{jk}^{(1)} x_j + b_k^{(1)} \tag{2}$$

$$y = f_{output} \sum_{k=1}^{p} w_k^{(2)} h_k + b^{(2)} \tag{3}$$

Here, h_k represents the output of the kth neuron in the hidden layer, m represents the number of neurons in the input layer, p represents the number of neurons in the hidden layer, $w^{(1)}$ and $w^{(2)}$ denote the weights of the first and second layers, respectively, while f_{hidden} and f_{output} denote the activation functions of the hidden and output layers, respectively.

3. SIMULATION RESULTS

In this study, the body fat percentage of male individuals was predicted using an ANN algorithm optimized with ABC. The Body Fat Prediction Dataset was used for this purpose [14, 15]. The Body Fat Prediction Dataset consists of body fat percentage estimates determined by underwater weighing and various body circumference measurements of 252 men. The dataset contains 14 different features and body fat percentage for each male. The features in the dataset and their value ranges are given in Table 1.

Table 1. Features and value ranges of dataset

Features	Value Range
Density determined from underwater weighing	0.99 – 1.11
Age (years)	22 – 81
Weight (lbs)	119 – 363
Height (inches)	29.5 – 77.8
Neck circumference (cm)	31.1 – 51.2
Chest circumference (cm)	79.3 – 136
Abdomen 2 circumference (cm)	69.4 – 148
Hip circumference (cm)	85 – 148
Thigh circumference (cm)	47.2 – 87.3
Knee circumference (cm)	33 – 49.1
Ankle circumference (cm)	19.1 – 33.9
Biceps (extended) circumference (cm)	24.8 – 45
Forearm circumference (cm)	21 – 34.9
Wrist circumference (cm)	15.8 – 21.4
Percent body fat from Siri's (1956) equation	0 – 47.5

In training the ANN model used in this study, 14 anthropometric measurements were used as input, and body fat percentage was used as output. Min-max normalization was used as the data preprocessing method. The dataset was divided into three parts: 70% training (176 samples), 15% validation (38 samples), and 15% testing (38 samples).

In the ABC algorithm, the number of iterations is set to 50 and the bee population is set to 20. The number of parameters optimized with ABC is selected as 4. These parameters are: the

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

number of neurons in the first hidden layer [between 5 and 20], the number of neurons in the second hidden layer [between 5 and 20], the activation function in the first hidden layer [tansig, logsig, purelin], and the activation function in the second hidden layer [tansig, logsig, purelin].

A feedforward multilayer neural ANN was used. The most successful ANN model obtained as a result of optimization had 12 neurons in the first hidden layer, 5 neurons in the second hidden layer, and a purelin activation function in both layers. The results for the performance metrics Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and Coefficient of Determination (R^2) are presented in Table 2.

Table 2. Results of ANN predictions

Dataset	MSE	RMSE	MAE	R^2
Train	15.9192	3.9899	3.2712	0.7670
Validation	23.8835	4.8871	4.2660	0.6356
Test	20.0183	4.4742	3.5664	0.7490

Table 2 shows that R^2=0.7490, RMSE=4.4742, and MAE=3.5664 values were obtained in the test set. These results indicate that the model can explain approximately 75% of the body fat variance and can make predictions with an MAE of 3.57. The high consistency between the R^2 values of the training set (R^2=0.7670) and the test set (R^2=0.7490) indicates that the model does not have an overfitting problem and can successfully generalize to new data. The fact that the difference in R^2 between the two sets is only 0.0180 (1.8%) is proof that the model achieved balanced and reliable learning. The closeness of the RMSE and MAE values indicates that the prediction errors exhibit a characteristic close to a normal distribution and that the model produces consistent results. Figure 1 shows the prediction graph for the test set.

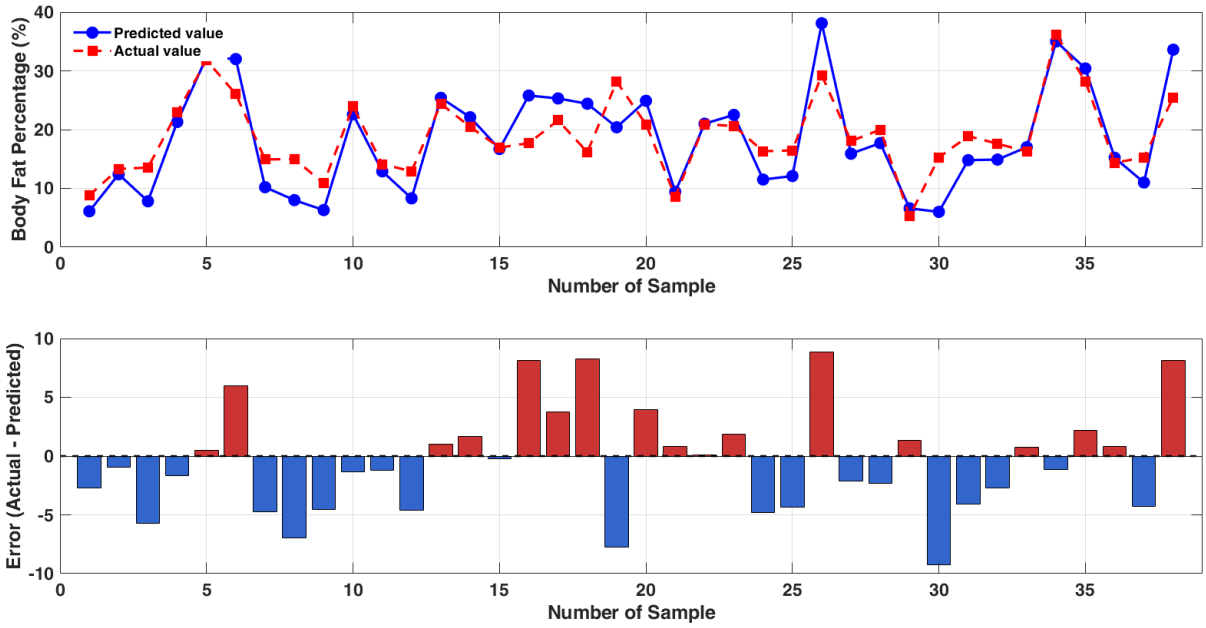


Figure 1. Confusion matrix of the ABC-SVM model's test set

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Figure 1 shows the actual and predicted body fat percentages and the error distribution for 38 samples from the test set. The blue line represents the predicted values, while the red line represents the actual values. The close proximity of the two lines indicates the model's high prediction accuracy. Examining the error graph below reveals that the distribution of errors doesn't show a systematic deviation. Negative errors (blue) indicate that the model overestimates the true value, while positive errors (red) indicate underestimation. The balanced distribution of errors demonstrates that the model is unbiased.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this study, an ANN optimized with the ABC algorithm was successfully applied to estimate body fat percentage in men. The proposed ABC-ANN model achieved performance metrics of R^2=0.7490, RMSE=4.4742%, and MAE=3.5664% on the test set, explaining approximately 75% of the body fat variance. The high consistency between the training (R^2=0.7670) and test (R^2=0.7490) sets demonstrated that the model did not suffer from overfitting and could successfully generalize to new data. The ABC algorithm's heuristic optimization capability enabled the discovery of the optimal model configuration by performing an efficient search in the complex hyperparameter space. ABC optimization systematically determined the number of neurons and activation functions of the two-hidden-layer ANN, providing a significant advantage over manual hyperparameter tuning. The proposed model offers fast and accurate predictions from simple anthropometric measurements as an alternative to expensive body fat measurement methods. This feature indicates its potential for use as a practical tool, particularly in resource constrained environments, health screening programs, and fitness centers. This study demonstrates that the ABC-ANN hybrid approach is an effective and reliable method for body fat estimation and contributes significantly to anthropometric measurement based health assessment systems.

REFERENCES

[1]. Santhanam, P., Nath, T., Peng, C., Bai, H., Zhang, H., Ahima, R. S., & Chellappa, R. (2023). Artificial intelligence and body composition. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 17(3), 102732.

[2]. Helforoush, Z., & Sayyad, H. (2024). Prediction and classification of obesity risk based on a hybrid metaheuristic machine learning approach. *Frontiers in Big Data*, 7, 1469981.

[3]. Hirani, R., Noruzi, K., Khuram, H., et al. (2024). Artificial Intelligence and Healthcare: A Journey through History, Present Innovations, and Future Possibilities. *Life*, 14, 557.

[4]. Najjar, R. (2023). Redefining Radiology: A Review of Artificial Intelligence Integration in Medical Imaging. *Diagnostics*, 13, 2760.

[5]. Chiong, R., Fan, Z., Hu, Z., & Chiong, F. (2021). Using an improved relative error support vector machine for body fat prediction. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 198, 105749.

[6]. Lai, C. M., Chiu, C. C., Shih, Y. C., & Huang, H. P. (2022). A hybrid feature selection algorithm using simplified swarm optimization for body fat prediction. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 226, 107183.

[7]. Fan, Z., Chiong, R., Hu, Z., Keivanian, F., & Chiong, F. (2022). Body fat prediction through feature extraction based on anthropometric and laboratory measurements. *Plos one*, 17(2), e0263333.

[8]. Fan, Z., Chiong, R., & Chiong, F. (2022). A fuzzy-weighted Gaussian kernel-based machine learning approach for body fat prediction. *Applied Intelligence*, 52(3), 2359-2368.

[9]. Choppin, S., Bullas, A., & Thelwell, M. (2022). Torso shape improves the prediction of body fat magnitude and distribution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8302.

[10]. Hussain, S. A., Cavus, N., & Sekeroglu, B. (2021). Hybrid machine learning model for body fat percentage prediction based on support vector regression and emotional artificial neural networks. *Applied Sciences*, 11(21), 9797.

[11]. Mitu, I., Dimitriu, C. D., Mitu, O., Preda, C., Mitu, F., & Ciocoiu, M. (2023). Artificial neural network models for accurate predictions of fat-free and fat masses, using easy-to-measure anthropometric parameters. *Biomedicines*, 11(2), 489.

[12]. Kupusinac, A., Stokić, E., & Doroslovački, R. (2014). Predicting body fat percentage based on gender, age and BMI by using artificial neural networks. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(2), 610-619.

[13]. Haykin, S. (2009). Neural networks and learning machines, 3/E. Pearson Education India.

[14]. Penrose, K., Nelson, A. and Fisher, A. (1985) Generalized Body Composition Prediction Equation for Men Using Simple Measurement Techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 189.

[15]. Body Fat Prediction Dataset, https://www.kaggle.com/datasets/fedesoriano/body-fat-prediction-dataset (Access Date: 07.11.2025)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

OPTIMIZING SVM PARAMETERS WITH ABC ALGORITHM FOR HEART DISEASE PREDICTION

Şahin YILDIRIM
Erciyes University,
sahiny@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7149-3274
Mehmet Safa BİNGÖL
Nigde Omer Halisdemir University,
msbingol@ohu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4188-2025

ABSTRACT

Heart disease is one of the most common causes of death worldwide. Making early diagnosis and risk assessment critically important. Traditional diagnostic methods require invasive tests or are costly. Therefore machine learning based methods that can predict heart disease risk using clinical data are gaining importance. In this study, Support Vector Machines (SVM) optimized with the Artificial Bee Colony (ABC) algorithm were used to predict heart disease risk in individuals. The dataset used in the study contains 11 different clinical characteristics (age, gender, chest pain type, resting blood pressure, cholesterol level, fasting blood sugar, resting ECG results, maximum heart rate, exercise angina, ST depression, and ST segment slope) for 918 individuals. The dataset was divided into three groups: 60% training, 20% validation, and 20% testing. The ABC algorithm was used to optimize the hyperparameters (C and Sigma) of the SVM. The proposed SVM model was trained using a Radial Basis Function (RBF) kernel function and performed binary classification (normal/heart disease risk). The results demonstrate that the SVM model optimized with the ABC algorithm is an effective method for predicting heart disease risk with high accuracy, precision, and recall values.
Keywords: Artificial bee colony, Heart disease, Optimization, Support vector machine.

1. INTRODUCTION

Heart disease is one of the most common causes of death worldwide, claiming millions of lives each year [1]. According to World Health Organization (WHO) data, heart disease accounts for approximately 31% of global deaths [2]. This rate is even higher in developing countries. Early diagnosis and risk assessment of heart disease are critical to preventing the progression of the disease and improving patient outcomes [3]. Traditional diagnostic methods require invasive

tests, expensive imaging techniques, and specialist evaluation, increasing the need for faster, more economical, and more accessible alternative methods [4].

In recent years, machine learning and artificial intelligence techniques have made significant advances in the field of medical diagnosis and risk assessment [5]. In particular, the application of classification algorithms to clinical data has enabled the development of decision support systems for disease diagnosis, risk assessment, and treatment planning [6]. Machine learning methods are increasingly being used in cardiology due to their ability to extract meaningful patterns from complex data structures and make highly accurate predictions [7].

Hao et al. proposed a hybrid model that combines CNN's ability to detect local features for heart disease diagnosis with Transformer's capacity to perceive global relationships [8]. The proposed model successfully identified heart disease risk factors from high dimensional lifestyle data, outperforming traditional benchmark models such as support vector machines (SVM), Convolutional Neural Network (CNN), and Long Short Term Memory (LSTM) in terms of accuracy, precision, and sensitivity. Experiments showed that the combined use of both CNN and Transformer modules is critical for improving the model's performance.

Kumar et al. performed heart disease prediction on 503 samples from the Cleveland heart disease dataset [9]. For this purpose, they used the KNN, Logistic Regression (LR), Random Forest (Rf), and XGBoost algorithms. Data imbalance was addressed using SMOTE, and model transparency was enhanced using SHAP explainable AI tools. The XGBoost model showed the highest performance with an accuracy rate of 97.57%. Liza et al. used the Cleveland heart disease dataset, which contained 303 patient records and 14 features for each patient [10]. Machine learning models such as LR, RF, and XGBoost were used in the study. The XGBoost model showed the best performance with high training and test accuracy. Narasimhan and Victor proposed a new method to reduce the increasing diagnostic costs due to the fact that current diagnostic methods are only 57% effective in emergency situations in heart diseases [11]. The proposed method is an intelligent prediction model that combines machine learning and metaheuristic optimization algorithms. The SelectKBest feature selection was applied to the Cleveland heart disease dataset used in the study. It was optimized using the RF algorithm, Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization, and Ant Colony Optimization. It was found that the model optimized with the Genetic Algorithm achieved the highest accuracy rate compared to the others, demonstrated better performance in disease prediction, and could contribute to reducing mortality rates due to heart disease through early diagnosis. Rachel et al. attempted to predict heart disease using SVM [12]. The dataset was used with an 80% training and 20% testing ratio. In the first stage, an overall accuracy of 88% was achieved, but due to class imbalance, only 30% success was achieved in “Yes” (heart disease present) predictions. After data balancing using the Random Under Sampler technique, the model showed balanced performance and achieved an accuracy rate of 72.52%. The study was developed as a user-friendly web application using the Flask web framework and has laid the foundation for future studies by providing a low-cost, accessible heart disease risk assessment tool, especially in resource-constrained environments, that categorizes patients' risk levels (low, medium, high, very high) into more detailed categories.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Hyperparameter optimization is a critical step in maximizing the performance of machine learning models [13]. Traditional optimization methods, such as grid search and random search techniques, can be computationally expensive and do not guarantee finding the global optimum [14]. Therefore, the use of metaheuristic optimization algorithms has gained popularity in recent years. The Artificial Bee Colony (ABC) algorithm is a metaheuristic optimization algorithm inspired by the foraging behavior of honeybees and is known for its simple structure, few control parameters, and strong global search capability [15].

This study aims to predict the risk of heart disease using the SVM method optimized with the ABC algorithm. For this purpose, the critical hyperparameters (C and Sigma) of the RBF kernel function were optimized using the ABC algorithm. The proposed model was comprehensively evaluated using different performance metrics. As a result, the potential of the proposed model for use in clinical decision support systems was assessed.

2. MATERIAL AND METHODS

SVM is a powerful supervised learning algorithm developed by Vapnik and Cortes [16]. The main goal of SVM is to find the optimal hyperplane that separates data points belonging to different classes. This hyperplane is determined in a way that maximizes the margin between classes. SVM uses kernel functions to solve non-linear problems and can work effectively in high-dimensional feature spaces. In this study, the Radial Basis Function (RBF) kernel was used. The RBF kernel is effective in modeling nonlinear relationships and is defined by Equation 1.

$$\mathrm{K}(x_i, x_j) = \exp(-\gamma\, ||x_i - x_j||^2) \tag{1}$$

Here, $\gamma = 1/(2\sigma^2)$, where σ represents the Kernel Scale parameter. The performance of SVM depends on two critical hyperparameters: Box Constraint (C) and Kernel Scale (Sigma). The C parameter controls the balance between training error and model complexity, while the Sigma parameter determines the influence domain of each training example.

The ABC algorithm is a population-based metaheuristic optimization algorithm proposed by Karaboga in 2005 and inspired by the foraging behavior of honeybees [17]. The ABC algorithm is designed to solve complex optimization problems using swarm intelligence principles. The algorithm's fundamental philosophy is based on the emergence of intelligent collective behavior through the collective interaction of simple individual behaviors.

The ABC algorithm has been successfully applied in various optimization problems and has yielded effective results, particularly in the hyperparameter optimization of machine learning models [18]. ABC's balance between exploration and exploitation reduces the risk of getting stuck in local minima during the optimization process and increases the probability of reaching the global optimum [19]. These features make ABC a suitable option for SVM hyperparameter optimization.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3. SIMULATION RESULTS

In this study, heart disease risk of individuals was predicted using SVM algorithm optimized with ABC. Heart failure dataset was used for this purpose [20]. This dataset contains clinical information for predicting heart disease in people based on their cardiovascular and health characteristics. The class variable heart disease risk is used to classify the data using binary values of 0 (normal) and 1 (heart disease risk). There are a total of 2 classes in the dataset. The distributions of 2 classes are provided in Table 1. The data comprises 918 records and 12 attributes collected from various medical sources. The features in the dataset and their value ranges are given in Table 2.

Table 1. Distributions of 2 classes

Class	Number of Sample	Percentage (%)
Normal	410	44.7
Heart Disease Risk	508	55.3

Table 2. Features in the heart failure dataset and their value ranges

Feature	Description	Value Range
Age	Age of the patient	28-77 years
Sex	Gender	M (Male), F (Female)
ChestPainType	Type of chest pain	ASY, ATA, NAP, TA
RestingBP	Resting blood pressure	0-200 mm Hg
Cholesterol	Serum cholesterol	0-603 mg/dl
FastingBS	Fasting blood sugar	0 (≤120 mg/dl), 1 (>120 mg/dl)
RestingECG	Resting electrocardiogram results	Normal, ST, LVH
MaxHR	Maximum heart rate achieved	60-202 bpm
ExerciseAngina	Exercise-induced angina	Y (Yes), N (No)
Oldpeak	ST depression induced by exercise	-2.6 to 6.2
ST_Slope	Slope of peak exercise ST segment	Up, Flat, Down
HeartDisease	Target variable (output)	0 (Normal), 1 (Heart Disease)

The dataset used for classification with SVM has been divided into three subsets: 60% training, 20% validation, and 20% testing. In order to improve the performance of the SVM classifier, two critical hyperparameters of the Radial Basis Function (RBF) kernel function have been optimized. The box constraint (C) parameter was optimized in the range of 0.01-250, and the kernel scale (sigma) parameter was optimized in the range of 0.001-20 using the ABC algorithm. In the ABC algorithm, the colony size was set to 100, and the maximum iteration was set to 25. The optimization was completed in 54.11 seconds. The optimal hyperparameters obtained as a result of the optimization are given in Table 3.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Table 3. The obtained optimal hyperparameters

Hyperparameter	Value
C (box constraint)	61.3448
Sigma (kernel scale)	7.7865

The validation accuracy value was obtained as 86.89%, and the test accuracy value as 85.87%. For the binary classification problem, the optimized SVM model achieved a precision of 85.85%, recall of 89.22%, specificity of 81.71%, and F1-score of 87.50% on the test dataset. Test results are given Table 4.

Table 4. Performance metric results

Performance Metric	Value
Validation Accuracy	86.89
Test Accuracy	85.87
Precision	85.85
Recall	89.22
Specificity	81.71
F1-score	87.5

Table 4 presents the performance metrics of the ABC-SVM model on both validation and test datasets. The model achieved a validation accuracy of 86.89% and a test accuracy of 85.87%, indicating consistent performance across different data splits with minimal overfitting. The high recall value of 89.22% demonstrates the model's strong ability to correctly identify individuals with heart disease risk, which is particularly crucial in medical diagnosis applications where missing positive cases can have serious consequences. The balanced F1-score of 87.50% and the specificity of 81.71% further confirm that the model maintains good performance in both positive and negative class predictions, making it a reliable tool for heart disease risk assessment. Confusion matrix of the ABC-SVM model's test set is given in Figure 1.

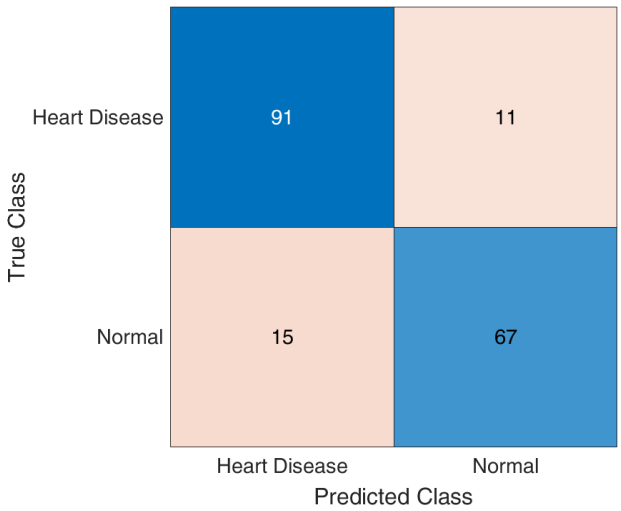


Figure 1. Confusion matrix of the ABC-SVM model's test set

ABC-SVM model correctly classified 91 out of 102 heart disease cases (true positives) and 67 out of 82 normal cases (true negatives), demonstrating strong predictive performance for both

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

classes. However, the model misclassified 11 heart disease cases as normal (false negatives) and 15 normal cases as heart disease (false positives), with the higher recall rate (89.22%) indicating that the model is more effective at identifying heart disease risk than incorrectly flagging healthy individuals. Receiver Operating Characteristic (ROC) curve of the ABC-SVM model's test set is given in Figure 2.

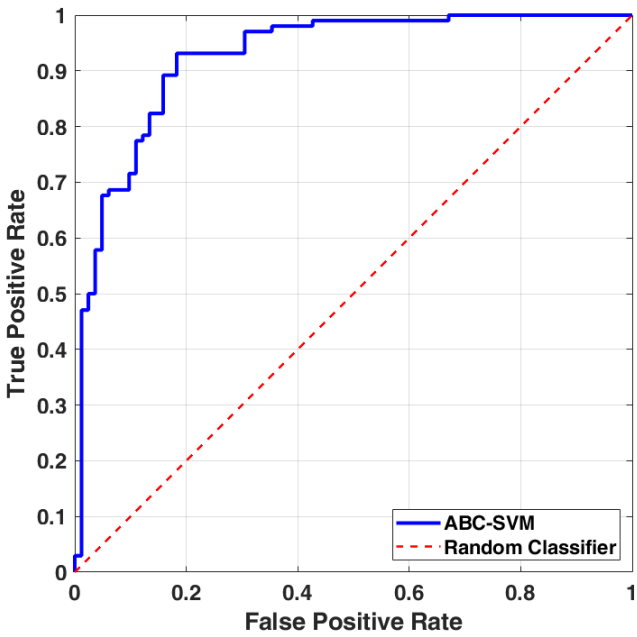


Figure 2. ROC curve of the ABC-SVM model's test set

ROC curve of the ABC-SVM model, which achieved an Area Under the Curve (AUC) value of 0.9256, indicating excellent discriminative ability between heart disease and normal cases. The ROC curve is significantly elevated above the random classifier diagonal line, demonstrating that the model performs substantially better than random guessing across all classification thresholds. The high AUC value of 92.56% confirms the model's strong capability to distinguish between positive and negative classes, making it a highly reliable tool for clinical decision support in heart disease risk assessment.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this study, the SVM method optimized with the ABC algorithm was successfully applied for the classification of heart disease risk. On a dataset consisting of 918 individuals, the ABC algorithm optimized the critical hyperparameters of SVM (C: 61.34, Sigma: 7.79) in approximately 54 seconds, achieving 86.89% accuracy on the validation set. The proposed ABC-SVM model achieved an accuracy rate of 85.87% on an unseen test set. The model's precision (85.85%), recall (89.22%), specificity (81.71%), and F1-score (87.50%) values demonstrate balanced and consistent classification performance for binary classification of heart disease risk. The confusion matrix analysis revealed that the model correctly identified 91 out of 102 heart disease cases (89.22% recall) and 67 out of 82 normal cases (81.71% specificity). The high recall rate is particularly important in medical diagnosis, as it minimizes the number of false negatives (11 cases), thereby reducing the risk of missing patients who require medical intervention. The results demonstrate the potential of the proposed ABC-SVM method to be used as an effective tool in clinical decision support systems for heart disease

screening. Furthermore, the use of 11 easily measurable clinical features (age, sex, chest pain type, resting blood pressure, cholesterol, fasting blood sugar, resting ECG, maximum heart rate, exercise angina, oldpeak, and ST slope) makes the model accessible and cost effective compared to more invasive diagnostic procedures. Limitations of the study include the moderate dataset size (918 samples). Future research could explore larger and more diverse datasets from multiple geographical regions to improve the generalizability of the model. Incorporating additional clinical features such as family history, lifestyle factors, and biomarkers may also improve prediction accuracy. This study has demonstrated that metaheuristic optimization algorithms are valuable tools for improving the performance of machine learning models in medical diagnosis and can contribute to the development of decision support systems for important public health issues such as heart diseases.

REFERENCES

[1]. Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., ... & GBD-NHLBI-JACC Global Burden of Cardiovascular Diseases Writing Group. (2020). Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: update from the GBD 2019 study. *Journal of the American college of cardiology*, 76(25), 2982-3021.

[2]. World Health Organization. (2021). Cardiovascular diseases (CVDs). WHO Fact Sheet. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds) (Access Date: 05.11.2025)

[3]. Virani, S. S., Alonso, A., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., ... & American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2020). Heart disease and stroke statistics—2020 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 141(9), e139-e596.

[4]. Dey, D., Slomka, P. J., Leeson, P., Comaniciu, D., Shrestha, S., Sengupta, P. P., & Marwick, T. H. (2019). Artificial intelligence in cardiovascular imaging: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(11), 1317-1335.

[5]. Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347-1358.

[6]. Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Big data and machine learning in health care. *Jama*, 319(13), 1317-1318.

[7]. Johnson, K. W., Torres Soto, J., Glicksberg, B. S., Shameer, K., Miotto, R., Ali, M., ... & Dudley, J. T. (2018). Artificial intelligence in cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2668-2679.

[8]. Hao, R., Xiang, Y., Du, J., He, Q., Hu, J., & Xu, T. (2025). A Hybrid CNN-Transformer Model for Heart Disease Prediction Using Life History Data. arXiv preprint arXiv:2503.02124.

[9]. Kumar, R., Garg, S., Kaur, R., Johar, M. G. M., Singh, S., Menon, S. V., ... & Lozanović, J. (2025). A comprehensive review of machine learning for heart disease prediction: challenges, trends, ethical considerations, and future directions. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1583459.

[10]. Liza, I. A., Hossain, S. F., Saima, A. M., Akter, S., Akter, R., Al Amin, M., ... & Marzan, A. (2025). Heart Disease Risk Prediction Using Machine Learning: A Data-Driven Approach for Early Diagnosis and Prevention. *British Journal of Nursing Studies*, 5(1), 38-54.

[11]. Narasimhan, G., & Victor, A. (2025). A hybrid approach with metaheuristic optimization and random forest in improving heart disease prediction. *Scientific Reports*, 15(1), 10971.

[12]. Rachel, S., Monicka, S., Abirami, B., & Kiruthika, A. (2025, April). Heart Disease Prediction of an Individual Using SVM Algorithm. In 2025 International Conference on Computing and Communication Technologies (ICCCT) (pp. 1-4). IEEE.

[13]. Feurer, M., & Hutter, F. (2019). Hyperparameter optimization. *In Automated Machine Learning* (pp. 3-33). Springer, Cham.

[14]. Yang, L., & Shami, A. (2020). On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice. *Neurocomputing*, 415, 295-316.

[15]. Karaboga, D., & Basturk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. *Journal of Global Optimization*, 39(3), 459-471.

[16]. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20(3), 273-297.

[17]. Karaboga, D., & Basturk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. *Journal of Global Optimization*, 39(3), 459-471.

[18]. Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A comparative study of artificial bee colony algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 214(1), 108-132.

[19]. Akay, B., & Karaboga, D. (2012). A modified artificial bee colony algorithm for real-parameter optimization. *Information Sciences*, 192, 120-142.

[20]. Heart failure dataset, https://www.kaggle.com/datasets/tan5577/heart-failure-dataset (Access Date: 05.11.2025)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

S355J2C+N YAPI ÇELİĞİNDE FARKLI ROBOTLARLA YAPILAN GAZ ALTI KAYNAKLARININ MIKROYAPISAL ANALIZI

Eren TURHAN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi – Makine Mühendisliği
erenturhan26@gmail.com - 0009-0008-3211-0606
Dr. Öğr. Üyesi, Feridun KARAKOÇ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi – Makine Mühendisliği
feridun.karakoc@dpu.edu.tr - 0000-0002-6210-4070

ÖZET

Bu çalışmada, endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan S355J2C+N yapı çeliğinin, farklı robotik sistemlerle gerçekleştirilen gaz altı kaynak işlemleri sonrasında mikroyapısal özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, Fanuc ve OTC marka altı eksenli endüstriyel kaynak robotları kullanılarak yürütülmüştür. Kaynak işlemlerinde, koruyucu gaz olarak %82 argon ve %18 karbondioksit karışımı tercih edilmiş. 2 farklı robot aynı kaynak hızlarında (26cm/dk) çalıştırılmıştır. Dolgu malzemesi olarak SG3 (⌀1.2 mm) tel kullanılmıştır. Numuneler, ISO 9018:2015 “Welded joints in metallic materials Fracture test” ve ISO 9015 - 2 “Destructive tests on welds in metallic materials — Hardness testing” standartlarına uygun olarak hazırlanmış ve test edilmiştir.

Mikroyapısal analiz öncesinde numuneler zımparalama, parlatma ve alkol ile temizleme aşamalarından geçirilmiş, ardından HCl–su çözeltisi ile yaklaşık 30 saniye dağlama işlemi uygulanmıştır. Metalografik incelemeler sonucunda, farklı robot sistemlerinin oluşturduğu ısı girdisi ve kaynak parametrelerinin, ergiyik bölgesi (FZ) ve ısıdan etkilenen bölge (HAZ) mikro yapılarında belirgin farklılıklar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, robot sistemlerinin kontrol hassasiyeti ve parametre stabilitesinin kaynak dikişi kalitesi üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışma, endüstriyel robot kaynak uygulamalarında sistem seçiminin mikroyapısal kalite ve mekanik dayanım üzerindeki önemini vurgulayarak, otomasyon tabanlı üretim süreçlerinin optimizasyonuna katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Robotik Kaynak, Mikro Yapısal Analiz, S355J2C+N Çeliği

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Microstructural Analysis of Gas Metal Arc Welds on S355J2C+N Structural Steel Performed by Different Industrial Robots

Eren TURHAN
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi – Makine Mühendisliği
erenturhan26@gmail.com - 0009-0008-3211-0606
Dr. Öğr. Üyesi, Feridun KARAKOÇ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi – Makine Mühendisliği
feridun.karakoc@dpu.edu.tr - 0000-0002-6210-4070

ABSTRACT

In this study, the change in the microstructural properties of S355J2C+N structural steel, which is commonly used in industrial applications, was investigated after Gas Metal Arc Welding processes performed by different robotic systems. Experimental studies were carried out using six-axis industrial welding robots of Fanuc and OTC brands. A mixture of 82% argon and 18% carbon dioxide was preferred as the shielding gas in the welding processes. 2 different robots were operated at the same welding speeds (26 cm/min). SG3 (⌀1.2 mm) wire was used as the filler material. The samples were prepared and tested in accordance with ISO 9018:2015 “Welded joints in metallic materials Fracture test” and ISO 9015-2 “Destructive tests on welds in metallic materials — Hardness testing” standards.

Before microstructural analysis, the samples went through stages of grinding, polishing, and cleaning with alcohol, followed by an etching process with an HCl–water solution for approximately 30 seconds. As a result of the metallographic examinations, it was observed that the heat input and welding parameters created by different robotic systems caused significant differences in the microstructures of the Fusion Zone (FZ) and the Heat-Affected Zone (HAZ). The findings revealed that the control precision and parameter stability of the robotic systems have a direct effect on the weld bead quality. This study aims to contribute to the optimization of automation-based production processes by emphasizing the importance of system selection in industrial robot welding applications on microstructural quality and mechanical strength.

Keywords: Robotic Welding, Microstructural Analysis, S355J2C+N Steel

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. Giriş

Yapı çelikleri, yüksek mukavemetleri, iyi kaynaklanabilirlikleri ve tokluk özellikleri nedeniyle modern mühendislik uygulamalarında, özellikle iş makineleri, köprüler ve çelik konstrüksiyon yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Bu çelikler arasında S355 serisi (özellikle S355J2C+N), dinamik yükler altındaki performansı ve düşük sıcaklıklardaki darbe dayanımı sayesinde endüstriyel imalat sektöründe kritik bir yere sahiptir [2].

Günümüz imalat süreçlerinde verimliliği artırmak ve kalite standardizasyonunu sağlamak amacıyla manuel kaynak yöntemlerinin yerini hızla robotik kaynak sistemleri almaktadır. Metal Aktif Gaz (MAG) kaynağı, yüksek metal yığma hızı ve otomasyona uygunluğu nedeniyle robotik uygulamalarda en sık tercih edilen yöntemdir [3]. Ancak, robotik kaynak süreçlerinde ısı girdisi (heat input), torç açısı ve kaynak hızı gibi parametrelerin hassas kontrolü, birleşme bölgesinin mikroyapısal evrimini doğrudan etkilemektedir. Literatürdeki çalışmalar, kaynak dikişindeki hızlı soğumanın Isı Tesiri Altındaki Bölge'de (ITAB) sertleşmeye ve dolayısıyla mekanik özelliklerde değişimlere yol açabileceğini göstermektedir [4].

Farklı robotik manipülatörlerin kinematik yapılarının ve yörünge hassasiyetlerinin kaynak kalitesi üzerindeki etkileri ise nispeten daha az çalışılmış bir alandır. Benzer kaynak parametreleri kullanılsa dahi, robot markaları arasındaki servo motor tepkileri ve titreşim karakteristikleri, kaynak havuzu dinamiklerini değiştirebilmektedir [5]. Bu çalışmada, endüstriyel bir ortamda S355J2C+N çeliğinin birleştirilmesinde kullanılan iki farklı robotik sistemin (Panasonic ve Yaskawa), oluşan mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Yöntem

2.1. Kullanılan Malzemeler

Ana Malzeme (Base Metal): Endüstriyel uygulamalarda yüksek mukavemeti ve tokluğu nedeniyle yaygın olarak kullanılan S355J2C+N yapı çeliği kullanılmıştır.

Dolgu Malzemesi (Filler Material): Yüksek kaliteli kaynak dikişi elde etmek amacıyla SG3 tipi, 1.2 mm çapında kaynak teli tercih edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Koruyucu Gaz (Shielding Gas): Gaz Metal Ark Kaynağı (GMAW) işlemi sırasında ergiyik banyosunu atmosferik kirlenmeye karşı korumak ve kararlı ark sağlamak için %82 Argon ve %18 Karbondioksit karışımından oluşan koruyucu gaz kullanılmıştır.

2.2. Kaynak Sistemi ve Parametreler

Deneysel kaynak işlemleri, iki farklı üreticinin endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilen altı eksenli endüstriyel kaynak robotları kullanılarak gerçekleştirilmiştir: Fanuc ve OTC. Bu robotların kontrol hassasiyetlerinin ve sistem stabilitelerinin kaynak dikişi kalitesi üzerindeki etkisini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

Robot Sistemleri: Fanuc ve OTC marka 6 eksenli endüstriyel robotlar.

Kaynak Hızı: Karşılaştırılabilir ısı girdisi koşullarını sağlamak amacıyla her iki robot sistemi için kaynak hızı 26 cm/dk olarak sabitlenmiştir.

Kaynak Türü: Gaz Altı Kaynağı

Diğer kritik kaynak parametreleri (akım, voltaj, tel sürme hızı), dolgu malzemesi ve ana malzeme kombinasyonu için optimize edilmiş sabit değerlerde tutulmuştur.

2.3. Numune Hazırlama ve Test Standartları

Kaynaklı birleştirmelerden elde edilen numuneler, tahribatlı mekanik testler ve mikroyapısal incelemeler için aşağıdaki uluslararası standartlara uygun olarak hassasiyetle hazırlanmış ve test edilmiştir:

Kırılma Testi: Numunelerin hazırlanması ve test edilmesi, metalik malzemelerde kaynaklı birleştirmelerin mekanik dayanımını belirleyen ISO 9018:2015 “Welded joints in metallic materials Fracture test” standardına göre yapılmıştır.

Sertlik Testi: Kaynaklı birleştirmelerde tahribatlı testleri kapsayan ve sertlik dağılımını ölçmek için kullanılan ISO 9015-2 “Destructive tests on welds in metallic materials — Hardness testing” standardına göre test prosedürleri uygulanmıştır.

2.4. Metalografik İnceleme

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Kaynaklı numunelerin mikroyapısal analizleri, özellikle Ergiyik Bölgesi (FZ) ve Isıdan Etkilenen Bölge (HAZ) mikro yapılarını detaylı olarak incelemek üzere yürütülmüştür.

Ön Hazırlık: Numuneler, mikroskop altında net bir görüntü elde edebilmek için sırasıyla zımparalama (farklı kum boyutları), parlatma (elmas süspansiyonları ile) ve alkol ile temizleme aşamalarından geçirilerek yüzey hataları giderilmiştir.

Dağlama İşlemi (Etching): Mikroyapısal bileşenlerin belirginleştirilmesi amacıyla, hazırlanan numunelere HCl–su çözeltisi kullanılarak yaklaşık 30 saniyelik kimyasal dağlama işlemi uygulanmıştır.

Mikroskopik İnceleme: Dağlanmış numuneler, mikroyapısal değişimlerin karşılaştırılması için yüksek çözünürlüklü optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Inceleme, farklı robot sistemlerinin oluşturduğu ısı girdisi farklılıklarının ferrit, perlit, beynayt gibi mikroyapısal fazların oran ve morfolojisi üzerindeki etkisine odaklanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, S355J2C+N yapı çeliği üzerine Fanuc ve OTC robotik sistemleri ile farklı kaynak hızlarında (20 cm/dk ve 26 cm/dk) gerçekleştirilen birleştirmelerin mekanik özellikleri, mikrosertlik taraması yöntemiyle incelenmiştir. Sertlik ölçümleri, kaynak kesiti boyunca soldan sağa doğru (Ana Malzeme - Sol HAZ - Kaynak Metali - Sağ HAZ - Ana Malzeme) 5 farklı bölgeden, **HV 0.5** yük altında ve **15 saniye** bekleme süresi ile ISO 9015-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen Vickers sertlik profilleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Robot Tipi	Kaynak Hızı	Bölge 1 (Sol Ana M.)	Bölge 2 (Sol HAZ)	Bölge 3 (Kaynak Merk.)	Bölge 4 (Sağ HAZ)	Bölge 5 (Sağ Ana M.)
Fanuc	20 cm/dk	184	194	203	173	164
Fanuc	26 cm/dk	139	194	196	218	149
OTC	20 cm/dk	164	189	190	201	181
OTC	26 cm/dk	195	227	207	202	162

Tablo 1: Farklı robot ve hız parametrelerinde ölçülen mikrosertlik (HV 0.5) değerleri

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Mikrosertlik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi:

Ölçüm sonuçları incelendiğinde, kaynak hızının artışı (ısı girdisinin azalması) ile birlikte sertlik profillerinde genel bir yükselme eğilimi görülmekle birlikte, robot sistemleri ve bölgeler arasında farklı davranışlar tespit edilmiştir.

Fanuc Robotunda Bölgesel Değişimler: Fanuc robotu ile yapılan kaynaklarda, hızın 20 cm/dk'dan 26 cm/dk'ya çıkarılması sonucunda Sol HAZ (Bölge 2) sertliği 194 HV değerinde sabit kalırken, Sağ HAZ (Bölge 4) sertliğinde 173 HV'den 218 HV'ye belirgin bir artış kaydedilmiştir.

OTC Robotunda Genel Sertleşme: OTC sisteminde ise hız artışı, her iki HAZ bölgesinde de sertlik artışına yol açmıştır. Özellikle Sol HAZ bölgesinde sertlik 189 HV'den 227 HV'ye yükselmiş ve deney setindeki en yüksek sertlik değerine (Pik Değer) ulaşılmıştır.

Genel Değerlendirme: Hız artışı (26 cm/dk), her iki robotta da "Maksimum Sertlik" değerlerini yukarı çekmiştir (Fanuc: 218 HV, OTC: 227 HV). Bu durum, endüstriyel robotik kaynakta çevrim süresini kısaltmak için yapılan hız artışlarının, malzemenin HAZ bölgesinde sert ve kırılgan yapı oluşum riskini artırdığını, dolayısıyla bu parametrelerin seçiminde mekanik dayanım dengesinin gözetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4. Sonuç

Yapılan deneysel çalışmalar ve mikrosertlik analizleri neticesinde şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Hız ve Sertlik İlişkisindeki Bölgesel Farklılıklar: Kaynak hızının 20 cm/dk'dan 26 cm/dk'ya çıkarılması, numunelerin genelinde maksimum sertlik değerlerini yukarı çekmiştir. Ancak bu sertlik artışı, kaynak kesitinin her bölgesinde homojen bir dağılım sergilememiştir. Bazı HAZ bölgelerinde (özellikle Fanuc numunesinin sol tarafında) sertlik değerleri stabil kalırken, eş zamanlı olarak karşıt HAZ bölgesinde belirgin sertleşmeler tespit edilmiştir.

Isıl Dağılımın Asimetrisi: Elde edilen veriler, robotik kaynakta torç açısı veya pozisyonlama hassasiyetine bağlı olarak ısıl dağılımın asimetrik gerçekleşebileceğini göstermiştir. Hız artışına rağmen sertliğin değişmediği bölgeler, o noktadaki mikroyapısal dönüşümün doygunluğa ulaştığını veya ölçümün farklı bir HAZ alt bölgesine denk geldiğini işaret etmektedir.

Robot Karakteristiği: OTC robotu, hız artışına tepki olarak daha genel ve yüksek bir sertleşme davranışı gösterirken; Fanuc robotunda sertleşme daha çok bölgesel yoğunlaşmalar şeklinde gerçekleşmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Sonuç olarak; kaynak hızının artırılması (düşük ısı girdisi), HAZ bölgesindeki gevrekleşme riskini genel anlamda artırmaktadır. Ancak bu risk, robotun hassasiyetine ve ısıl döngünün kararlılığına bağlı olarak kaynak dikişinin farklı noktalarında değişkenlik gösterebilmektedir.

Kaynakça

[1] Davis, J. R. (Ed.). (2004). Tensile testing (2. bs.). ASM International.

[2] Yılmaz, R., & Tümer, M. (2018). Investigation of mechanical properties of welded S355J2 steel structures. Journal of Materials Processing Technology, 255, 234–242.

[3] Kah, P., & Martikainen, J. (2012). Current trends in welding processes and materials: Improve in effectiveness. Reviews on Advanced Materials Science, 30(2), 189–200.

[4] Easterling, K. (1992). Introduction to the physical metallurgy of welding. Butterworth-Heinemann.

[5] Norrish, J. (2006). Advanced welding processes. Woodhead Publishing.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

JCB MAIN POD PİM PARÇASININ İŞLEME PROSESİNDE ENDÜSTRİYEL ROBOT KULLANILARAK MAKİNE BESLEME İŞLEMİNİN YAPILMASI

Robot ve Otomasyon Mühendisi, Umut COŞGUN
Kor Metal A.Ş.
umutcosgun@kormetal.com, 0000-0002-4472-5279

Doç. Dr., Ahmet FEYZİOĞLU
Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ahmet.feyzioglu@marmara.edu.tr, 0000-0003-0296-106X

Dr. Trevor Uyi OMORUYİ

Chester Business School, the University of Chester, UK

t.omoruyi@chester.ac.uk, 0009-0006-0205-2383

ÖZET

Basınçlı döküm, metalin kalıplara basınç altında doldurulmasıyla gerçekleştirilen bir üretim yöntemidir ve bu yöntem gravite döküm, alçak basınçlı döküm ile yüksek basınçlı döküm olmak üzere üç ana alt prosesi içerir. Yüksek basınçlı dökümde ergimiş metal, kalıp boşluğuna yüksek basınç ve hızla doldurulur, metal katılaşana kadar basınç altında tutulur ve ardından kalıp açılarak parça çıkarılır. Bu süreç, parçaların homojen ve kaliteli bir şekilde üretilmesini sağlar. Döküm sonrası, parçaların yollukları trim işlemi ile temizlenir ve işleme aşamasına alınır.

Mevcut üretim sürecinde, parçaların yatay torna makinelerine manuel olarak beslenmesi verimsizlik, standartsızlık ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. Operatör kaynaklı farklılıklar nedeniyle parçalar her zaman doğru şekilde yerleştirilememekte ve üretimde duruşlar yaşanmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, bu sorunu çözmek ve üretimi daha standart, güvenilir ve hızlı hale getirmek için JCB pim parçalarının makine beslemesini endüstriyel robotlar kullanarak otomatikleştirmektir**.**

Çalışma kapsamında, mevcut robot sistemine uygun ekipmanlar tasarlanmış ve üretilmiştir. Robot, JCB MAIN POD parçasının pimini doğru şekilde alıp yatay torna makinesine beslemekte, böylece operatör müdahalesine bağlı hatalar ortadan kalkmaktadır. Otomatik besleme sistemi sayesinde üretim kapasitesi artırılacak, üretim maliyetleri düşürülecek, insan müdahalesi minimize edilecek ve parçaların kalite standardı sağlanacaktır. Ayrıca enerji tüketimi ve hurda oranları azalacak, üretimde verimlilik artacak ve 7/24 üretim olanağı sağlanacaktır.

Bu çalışma, aynı zamanda yalın üretim prensiplerinin uygulanmasına ve üretim hattının modernizasyonuna katkı sağlamaktadır. Otomasyon sayesinde üretim süreci standart hale gelmiş, üretim hızı ve doğruluğu artmış, müşteri memnuniyeti yükselmiş ve uzun vadede ihracat kapasitesi ile rekabet gücü artırılmış olacaktır. Çalışmaların tamamlanmasıyla birlikte,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

yüksek basınçlı döküm ve işleme prosesleri tam otomatik bir üretim hattı ile entegre edilerek, hem kalite hem de verimlilik açısından önemli iyileşmeler sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Endüstriyel Robotlar, Çapak Alma Prosesi, Seri Üretim, Ürün Kalite ve Kapasite Artışı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FANCOIL ÜNİTELERİNDE ISI DEĞİŞTİRİCİ GEOMETRİSİNİN ISIL VE ENERJİ PERFORMANINA ETKİSİ

Makine Mühendisi, Ozan BOVATEKİN
Form Endüstri Tesisleri, Torbalı, İzmir/Türkiye
ozan.bovatekinformgroup.com-ORCID ID: 0009-0008-6808-6636

ÖZET

Bu çalışmada, aynı fiziksel konfigürasyona sahip iki borulu fancoil ünitelerinde kullanılan farklı ısı değiştirici geometrilerinin ısıl kapasite, hava tarafı basınç kaybı ve enerji verimliliği (EER, COP) üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Isı değiştirici geometrileri, boru çapı (3/8", 5/16", Ø7 mm) ve kanat tipi (düz ve patlatmalı) parametreleri çerçevesinde beş farklı yapı ile test edilmiştir. Tüm testler, sabit 400 m³/h hava debisi ve aynı cihaz boyutları korunarak gerçekleştirilmiştir. Soğutma testlerinde su giriş/çıkış sıcaklığı 7/12 °C, hava giriş koşulları 27 °C KT / 19 °C YT; ısıtma testlerinde ise 45/40 °C su sıcaklığı ve 20 °C / 15 °C hava giriş koşulları sağlanmıştır.Sonuçlar, ısı değiştirici geometrisinin hem cihaz kapasitesi hem de enerji verimliliği üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Özellikle 5/16” boru çapı, patlatmalı kanat yapısına sahip ısı değiştirici, en yüksek soğutma ve ısıtma kapasitesine ulaşırken, buna paralel olarak en yüksek Energy Efficiency Ratio (EER) ve Coefficient of Performance (COP) değerleri de elde edilmiştir. Bu bağlamda çalışma, ısı değiştirici tasarımının fancoil performansı üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymakta ve enerji verimli sistem tasarımı için önemli bir teknik referans sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fancoil, Isı değiştirici, Enerji verimliliği, Soğutma kapasitesi, Hava tarafı basınç düşümü

1. GİRİŞ

Fancoil sistemleri; ısıtma ve soğutma yapabilen, düşey veya yatay konumlandırılabilen, giydirmeli ya da giydirmesiz olarak sunulan kompakt iklimlendirme cihazlarıdır. Temel bileşenleri arasında, ortam havasının sirkülasyonunu sağlayan bir fan ile ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılayabilmek üzere kullanılan sulu tip ısı değiştirici bulunmaktadır. Sistem, bağlı bulunduğu su tesisatını kullanarak havayı şartlandırır. Isıtma modunda, sıcak suyun ısı enerjisi ısı değiştirici üzerinden hava akışkanına aktarılırken; soğutma modunda ise düşük sıcaklıktaki suya ortam havasının enerjisi transfer edilerek hava soğutulur.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Bu tip cihazların toplam performansı, fan tipi, hava debisi, motor karakteristikleri ve özellikle ısı değiştirici tasarımı gibi temel bileşenlere bağlı olarak değişir. Isı değiştirici tasarımı; boru çapı, boru sıralama düzeni, kanat tipi ve kanat hatvesi gibi geometrik parametreleri içerir. Bu parametrelerin seçimi, cihazın ısıtma/soğutma kapasitesini etkilediği gibi, sistemin hidrolik (su devresi) ve aerodinamik (hava devresi) davranışları üzerinde de belirleyici rol oynar. Bu çalışmada, cihazın genel yapısı sabit tutulmuş ve yalnızca ısı değiştiricinin geometrik konfigürasyonu değiştirilerek gerçekleştirilen testlerle, farklı tasarım yapılarına sahip ısı değiştiricilerin termodinamik performansları ve enerji verimlilikleri kapsamlı olarak analiz edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

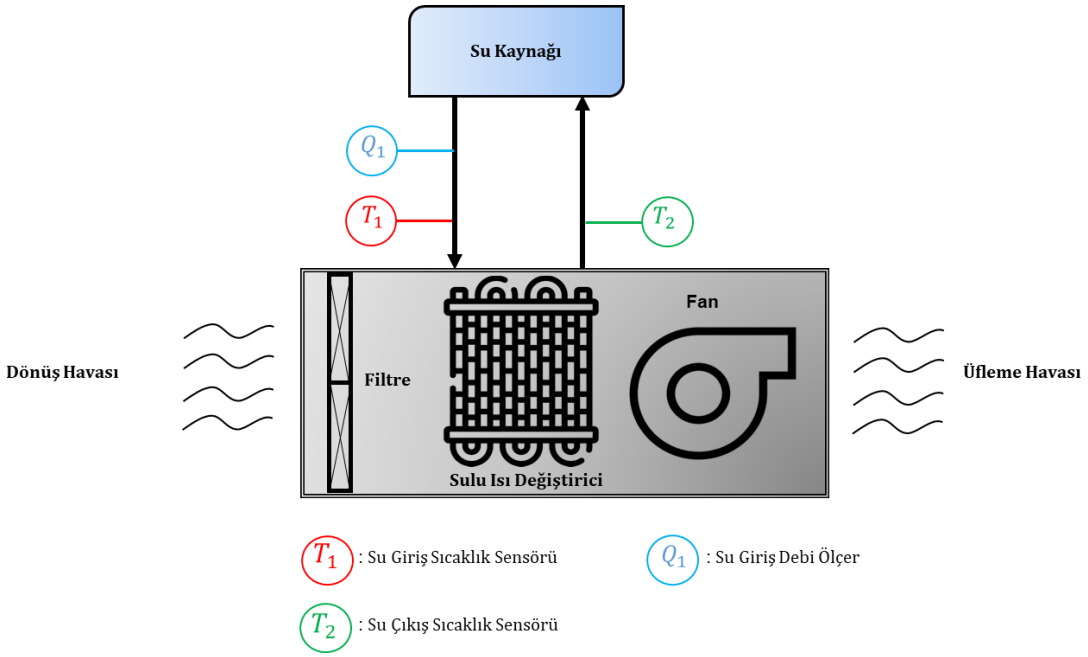
Deneydeki ısı değiştirici, 3 sıralı, 8 borulu, 2,5 mm hatveli ve 3 devreli alüminyum kanat – bakır borulu sulu ısı değiştiricidir. Toplam ısı transfer katsayısı ve ısı transfer yüzey alanı, deneysel olarak elde edilen veriler ile, [1.6]–[2.1] numaralı eşitlikler kullanışmıştır. Bu hesaplamalarda ısıl direnç ağı yaklaşımı esas alınmış, tüm parametreler deneysel ölçümler üzerinden türetilmiştir.

Çizelge 1. Başlangıç Parametreleri

Deney Numarası	Hacimsel Hava Debisi [m^3/h]	Soğutma Modu Hava Giriş / Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	Soğutma Modu Su Giriş / Çıkış Sıcaklığı [°C]	Isıtma Modu Hava Giriş / Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	Isıtma Modu Su Giriş / Çıkış Sıcaklığı [°C]
1	1160	27 / 19	7 / 12	20 / 15	45 / 40
2					
3					
4					
5					

Mevcut modelde yapılan kabuller:
Kararlı akış kabul edilmiştir.
Akışkan özellikleri giriş ve çıkış koşullarında değişmemektedir.
Her bir akışkanın özgül ısı değeri giriş koşullarına göre hesaplanmıştır.
Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 1. Modelin Şematik Gösterimi

Isı transferi etkinliği 1.1 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \qquad 1.1$$

Isı değiştiricideki gerçek transfer hızı, sıcak ve soğuk akışkan üzerinde enerji dengesi ile 1.2 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q} = C_c(T_{c,çıkış} - T_{c,giriş}) = C_h(T_{giriş} - T_{c,çıkış}) \qquad 1.2$$

Soğuk akışkanın ısıl kapasite hızı 1.3 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C_c = \dot{m}c_{pc} \qquad 1.3$$

Sıcak akışkanın ısıl kapasite hızı 1.4 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C_h = \dot{m}c_{ph} \qquad 1.4$$

C_{min}, C_c ve C_h'nin daha küçük olanıdır.

Bir ısı değiştiricide olabilecek maksimum ısı transferi hızı 1.5 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{max} = C_{min}(T_{h,giriş} - T_{c,giriş}) \qquad 1.5$$

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Toplam ısıl direnç 1.6 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R_{tot} = \frac{1}{(UA)} = R_{iç} + R_{f,giriş} + R_{iletim} + R_{dış} \quad 1.6$$

Su ile boru iç yüzeyi arasındaki taşınım direnci 1.7 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R_{iç} = \frac{1}{\bar{h}\pi D_{iç} L_{boru}} \quad 1.7$$

Boru iç yüzeyinde meydana gelen kirlenme direnci 1.8 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R_{f,iç} = \frac{R''_{f,iç}}{\pi D_{iç} L_{boru}} \quad 1.8$$

Boru duvarı boyunca iletime karşı direnç 1.9 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R_{iletim} = \frac{\ln\left(\frac{D_{dış}}{D_{iç}}\right)}{2k_m \pi L_{boru}} \quad 1.9$$

Hava ile plaka kanatlarının yüzeyi ve borunun dış yüzeyi arasındaki direnç 2.1 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R_{dış} = \frac{1}{\eta \bar{h}_{çıkış} A_{toplam,dış}} \quad 2.1$$

NTU ısı transfer birim sayısı 2.2 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$NTU = \frac{UA_S}{C_{min}} = \frac{UA_S}{(\dot{m}c_p)_{min}} \quad 2.2$$

c kapasite oranı olarak adlandırılan boyutsuz nicelik 2.3 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$c = \frac{C_{min}}{C_{maks}} \quad 2.3$$

Karşıt akışlı bir ısı değiştiricinin etkinliği 2.4 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = \frac{1-\exp[-NTU(1-c)]}{1-c\exp[-NTU(1-c)]} \quad 2.4$$

Bir ısı değiştiricinin gerçek ısı transfer hızı 2.5 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{Q} = \varepsilon \dot{Q}_{max} = \varepsilon C_{min}\left(T_{h,giriş} - T_{c,giriş}\right) \quad 2.5$$

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın sonuçları, ısı değiştirici geometrisinin fancoil performansı üzerinde doğrudan belirleyici olduğunu göstermektedir. 5/16” çaplı ve patlatmalı kanatlı ısı değiştirici konfigürasyonu, hem soğutma hem de ısıtma modunda en yüksek kapasiteyi ve enerji verimliliğini sağlamıştır. Bu durum, geliştirilmiş yüzey alanı ve türbülansı artıran kanat tasarımı ile ilişkilendirilebilir. Ancak, bu tip konfigürasyonlarda artan hava tarafı basınç kaybı nedeniyle fan seçimi ve sistem dengesi yeniden değerlendirilmelidir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

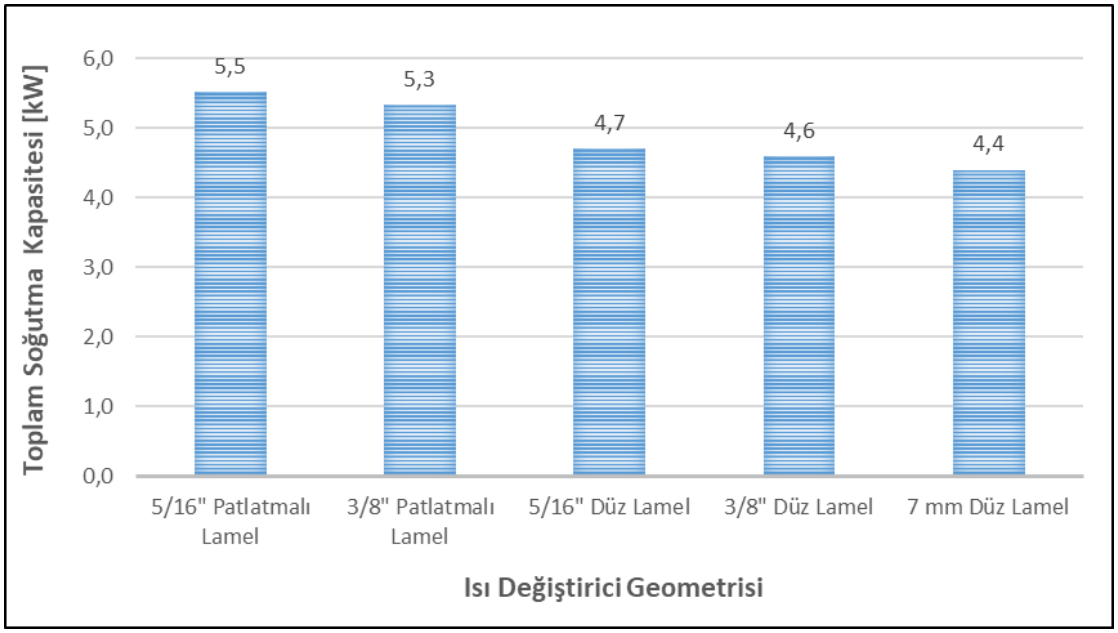
Çizelge 2. Isı Değiştirici Geometrisinin Toplam Soğutma Kapasitesi, Hava Tarafı Basınç Düşümü, Hava Çıkış Sıcaklığı ve EER Üzerine Etkisi

Isı Değiştirici Geometrisi	Hacimsel Hava Debisi [m^3/h]	Soğutma Modu Hava Giriş / Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	Soğutma Modu Su Giriş / Çıkış Sıcaklığı [°C]	Toplam Soğutma Kapasitesi [kW]	Hava Tarafı Basınç Düşümü [Pa]	Hava Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	EER
5/16" Patlatmalı Lamel	1160	27 / 19	7 / 12	5,5	55,9	16,1	48,7
3/8" Patlatmalı Lamel				5,3	61,7	16,0	46,9
5/16" Düz Lamel				4,7	42,7	17,6	41,6
3/8" Düz Lamel				4,6	47,6	17,6	40,7
7 mm Düz Lamel				4,4	39,2	17,8	38,9

Çizelge 3. Isı Değiştirici Geometrisinin Toplam Isıtma Kapasitesi, Hava Tarafı Basınç Düşümü, Hava Çıkış Sıcaklığı ve COP Üzerine Etkisi

Isı Değiştirici Geometrisi	Hacimsel Hava Debisi [m^3/h]	Isıtma Modu Hava Giriş / Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	Isıtma Modu Su Giriş / Çıkış Sıcaklığı [°C]	Toplam Isıtma Kapasitesi [kW]	Hava Tarafı Basınç Düşümü [Pa]	Hava Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	COP
5/16" Patlatmalı Lamel	1160	20 / 15	45 / 40	5,9	40,0	35,1	52,2
3/8" Patlatmalı Lamel				5,8	44,3	34,9	51,3
5/16" Düz Lamel				5,3	30,9	33,6	46,9
3/8" Düz Lamel				5,2	34,7	33,3	46,0
7 mm Düz Lamel				4,8	27,3	32,3	42,5

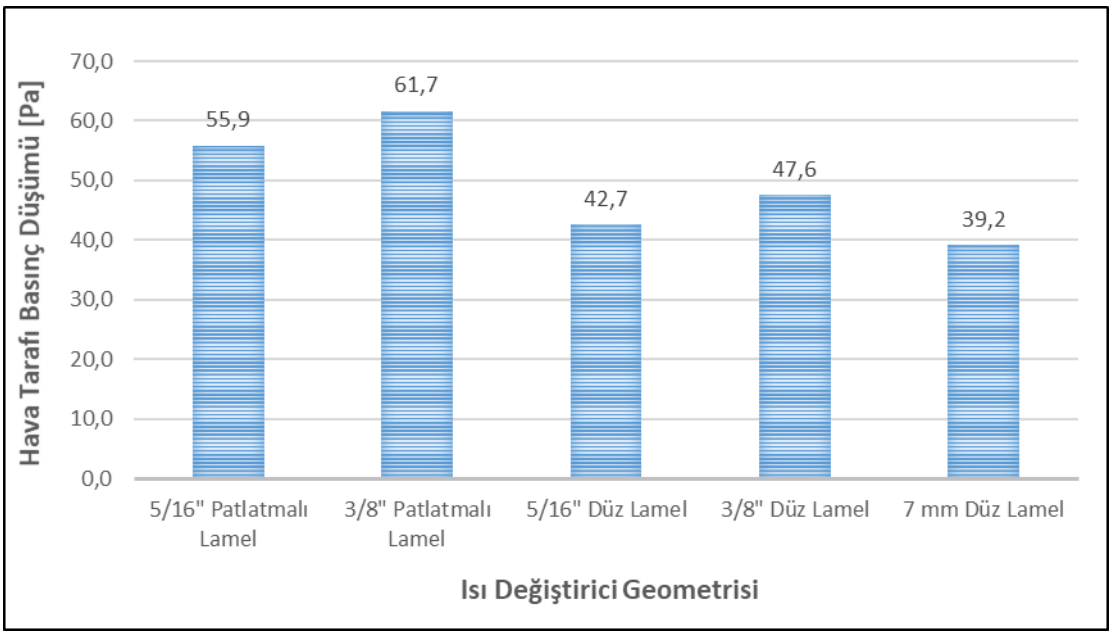
4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR



Görsel 2. Isı Değiştirici Geometrisinin Toplam Soğutma Kapasitesi Üzerine Etkisi

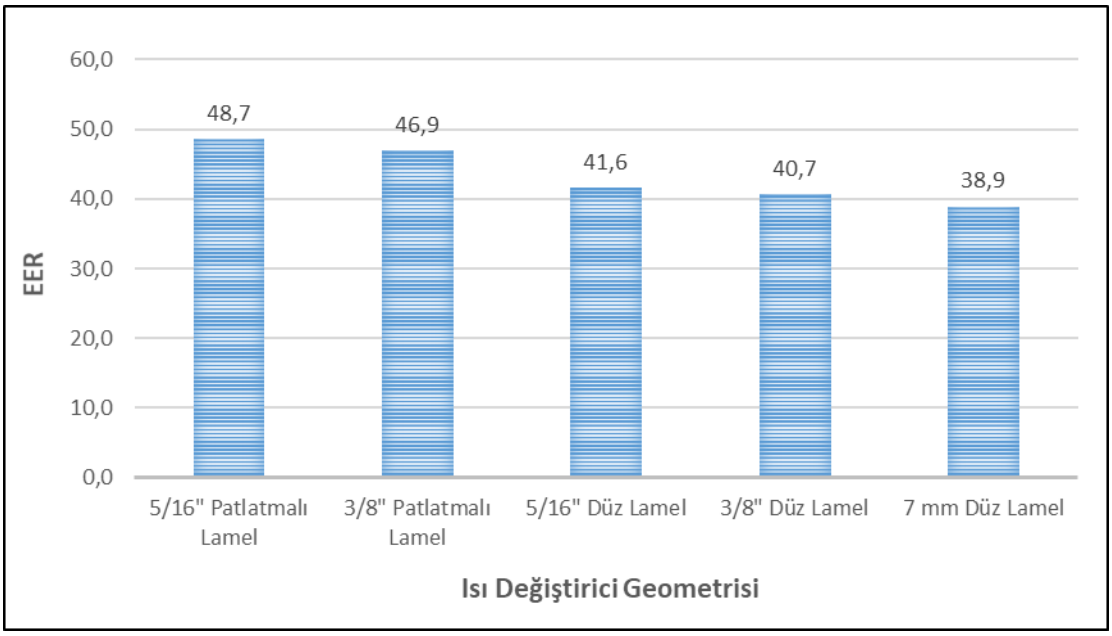
Görsel 2'de, ısı değiştirici geometrisinin toplam soğutma kapasitesi üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. En yüksek soğutma kapasitesi, 5/16" patlatmalı lamel geometrisinde 5,5 kW olarak elde edilirken; en düşük kapasitenin, 7 mm düz lamel geometrisinde 4,4 kW olarak gerçekleştiği görülmüştür.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 3. Isı Değiştirici Geometrisinin Hava Tarafı Basınç Düşümü Üzerine Etkisi

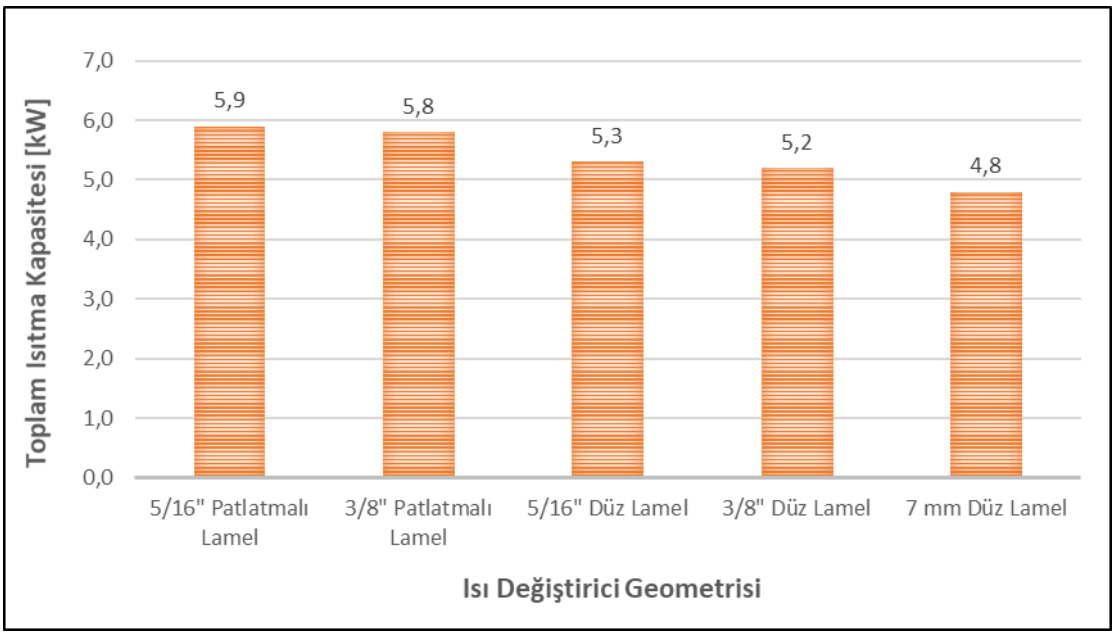
Görsel 3'te, ısı değiştirici geometrisinin hava tarafı basınç düşümü üzerindeki etkisi görülmektedir. Hava tarafı basınç düşümünün, 3/8" patlatmalı lamel geometrisinde en yüksek değeri olan 61,7 Pa'ya, 7 mm düz lamel geometrisinde ise en düşük değeri olan 39,2 Pa'ya ulaştığı görülmüştür.



Görsel 4. Isı Değiştirici Geometrisinin EER Üzerine Etkisi

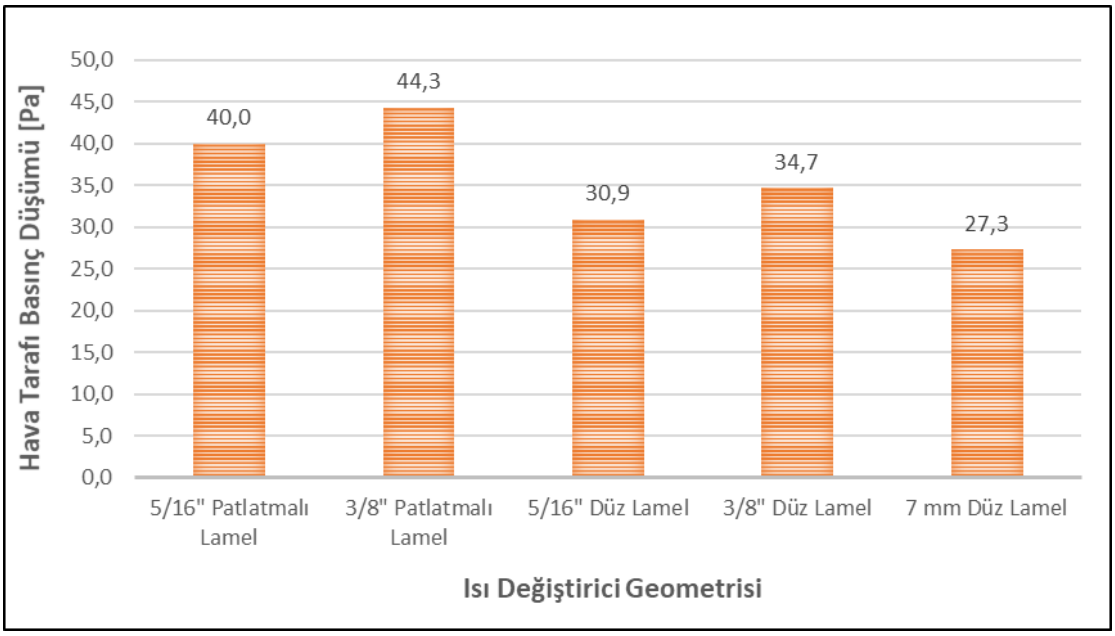
Görsel 4'te, ısı değiştirici geometrisinin EER (Enerji Verimlilik Oranı) üzerindeki etkisi görülmüştür. En yüksek EER değeri 5/16" patlatmalı lamel geometrisinde 48,7 olarak elde edilirken, en düşük EER değeri 7 mm düz lamel geometrisinde 38,9 olarak görülmüştür.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 5. Isı Değiştirici Geometrisinin Toplam Isıtma Kapasitesi Üzerine Etkisi

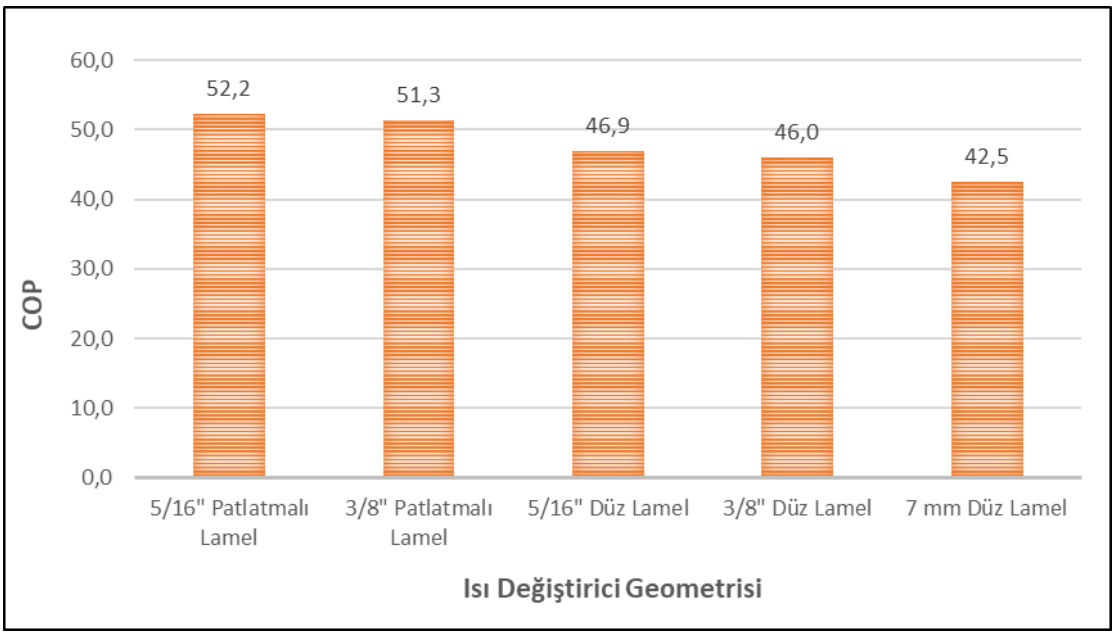
Görsel 5'te, ısı değiştirici geometrisinin toplam ısıtma kapasitesi üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. En yüksek ısıtma kapasitesi, 5/16" patlatmalı lamel geometrisinde 5,9 kW olarak elde edilirken; en düşük kapasitenin, 7 mm düz lamel geometrisinde 4,8 kW olarak gerçekleştiği görülmüştür.



Görsel 6. Isı Değiştirici Geometrisinin Hava Tarafı Basınç Düşümü Üzerine Etkisi

Görsel 6'da, ısı değiştirici geometrisinin hava tarafı basınç düşümü üzerindeki etkisi görülmektedir. Hava tarafı basınç düşümünün, 3/8" patlatmalı lamel geometrisinde en yüksek değeri olan 44,3 Pa'ya, 7 mm düz lamel geometrisinde ise en düşük değeri olan 27,3 Pa'ya ulaştığı görülmüştür.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 7. Isı Değiştirici Geometrisinin COP Üzerine Etkisi

Görsel 7'de, ısı değiştirici geometrisinin COP (Performans Katsayısı) üzerindeki etkisi görülmüştür. En yüksek COP değeri 5/16" patlatmalı lamel geometrisinde 52,2 olarak elde edilirken, en düşük COP değeri 7 mm düz lamel geometrisinde 42,5 olarak görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Cengel, Yunus A., Michael A. Boles. Thermodynamics: an engineering approach. Vol. 8. New York: McGraw-hill, 2015.

[2] Incropera, F., P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Student Study Guide and Solutions Manual

[3] Performances of an air thermal energy utilization system developed with fan-coil units in large-scale plastic tunnels covered with external blanket

[4] Optimization of Air Distribution in a Non-Ducted Concealed Type Fancoil Unit Heat Exchanger

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3B YAZICI İLE ÜRETİLEN POLİMER PARÇALARDA GEOMETRİK SÜREKSİZLİKLERİN MUKAVEMETE ETKİSİ

EFFECT OF GEOMETRIC DISCONTINUITIES ON STRENGTH IN POLYMER PARTS PRODUCED WITH A 3D PRINTER

Yavuz Selim BUĞAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Atakum, Samsun.
yavuzselim.ysba@gmail.com, 0009-0007-7425-5873
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz Görkem DENGİZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Atakum, Samsun.
gorkem.dengiz@omu.edu.tr, 0000-0003-1308-3223

ÖZET

Bu çalışma, Eriyik Yığma Modelleme (Fused Filament Fabrication - FFF) teknolojisi ile üretilen polimer parçalarda, montaj ve tasarım gerekliliği olan geometrik süreksizliklerin (deliklerin) mekanik performans üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemeyi hedeflemektedir. Temel amaç, kaçınılmaz tasarım unsuru olan deliklerin yol açtığı gerilim yığılmasının ve çentik etkisinin, parçaların yük taşıma kapasitesini ve kırılma davranışını nasıl değiştirdiğini anlamaktır. Proje kapsamında, sektörde yaygın kullanılan PLA, ABS highflow, ASA ve PETG termoplastiklerinden standart çekme numuneleri hazırlanmış deneyler, homojen kontrol numuneler ile merkezi delik açılmış numuneler olmak üzere iki ana grup üzerinde yürütülmüştür. Gerçekleştirilen çekme testleri aracılığıyla, delik varlığının parçaların nihai çekme mukavemeti, sünekliği ve hasar modu üzerindeki nicel etkileri bilimsel olarak ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, tüm polimer gruplarında beklendiği üzere, delik geometrisi nedeniyle %45.5 ABS ile %58.5 PLA arasında değişen oranlarda önemli çekme dayanımı düşüşleri gözlemlendiğini doğrulamıştır. Ancak, çalışmanın en çarpıcı sonucu, malzemelerin delik hassasiyetinde ortaya çıkan zıtlıktır. Kontrol grubunda en sünek kırılma davranışını sergileyen ABS ve ASA, delikli konfigürasyonda belirgin bir çentik hassasiyeti göstererek gevrek bir kırılma modu sergilemiştir. Buna karşılık, kontrol grubunun en gevrek malzemesi olan PLA, delikli yapıda en yüksek gerilmeye 21 MPa, ve en yüksek uzama kapasitesini (ABS'den %66 daha fazla) göstererek üstün bir hasar toleransı ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, fonksiyonel FFF tasarımlarında, malzemenin saf mekanik özelliklerinden ziyade, geometrik süreksizliklere karşı gösterdiği delik hassasiyetinin daha kritik bir tasarım parametresi olduğunu ve PLA'nın bu açıdan beklenmedik bir yapısal avantaj sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Erimiş Filament Üretimi (FFF), Çentik Hassasiyeti, Gerilim Konsantrasyonu, Mekanik Özellikler, Delik Etkisi.

ABSTRACT

This study aims to systematically investigate the effects of geometric discontinuities (holes), a necessary assembly and design requirement, on the mechanical performance of polymer parts manufactured using Fused Filament Fabrication (FFF) technology. The primary objective is to understand how stress concentration and notch effects caused by holes, an unavoidable design element, affect the load-carrying capacity and fracture behavior of parts. Within the scope of the project, standard tensile specimens were prepared from PLA, ABS highflow, ASA, and PETG thermoplastics, which are commonly used in the industry. Experiments were conducted on two main groups. homogeneous control specimens and centrally perforated specimens. Tensile tests conducted scientifically demonstrated the quantitative effects of the presence of holes on the ultimate tensile strength, ductility, and failure mode of the parts. The findings confirmed that, as expected, significant tensile strength reductions were observed across all polymer groups due to the hole geometry, ranging from 45.5% ABS to 58.5% PLA. However, the most striking result of the study was the contrast in the materials' hole sensitivity. ABS and ASA, which exhibited the most ductile fracture behavior in the control group, exhibited a brittle fracture mode, exhibiting significant notch sensitivity in the hole configuration. In contrast, PLA, the most brittle material in the control group, demonstrated superior damage tolerance, exhibiting the highest stress of 21 MPa in the perforated structure and the highest displacement capacity (66% greater than ABS). These results demonstrate that in functional FFF designs, hole sensitivity to geometric discontinuities is a more critical design parameter than pure mechanical properties, and PLA offers an unexpected structural advantage in this regard.

Keywords: Fused Filament Fabrication (FFF), Notch Sensitivity, Stress Concentration, Mechanical Properties, Hole Effect.

1. Giriş

Eklemeli imalat, malzemelerin katman katman biriktirilmesi prensibiyle çalışan ve geleneksel üretim yöntemlerinin sınırlamalarını aşan yenilikçi bir imalat tekniğidir (Başcı & Yamanoğlu, 2021). Bu yöntemde, polimer filamentlerden metallere, seramik tozlardan döküm malzemelerine (Ahmed ve ark., 2022) kadar geniş bir yelpazedeki hammaddeler, püskürtme, eritme veya yapıştırma gibi çeşitli tekniklerle baskı platformuna kontrollü bir şekilde eklenerek karmaşık geometrili parçalar adım adım oluşturulur. Geleneksel talaşlı imalat yöntemleri (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) kesici takımların fiziksel sınırları, parça geometrisinin işlenebilirlik kısıtlamaları ve farklı malzemeler için gereken karmaşık tezgah ayarları (kesici takım seçimi, devir ayarı, bağlama düzenekleri gibi) nedeniyle belirli sınırlamalara sahipken, eklemeli imalat bu engelleri ortadan kaldırarak tasarım serbestliği sağlar (Gök ve ark., 2023). Geleneksel yöntemlerde büyük bir hammadde bloğundan talaş kaldırılarak parça üretilmesi sonucu önemli miktarda malzeme israfı (talaş, çapak vb.) meydana gelirken, aynı parçanın üretimi için farklı tezgahlarda birden fazla işlem gerektiğinden zaman ve maliyet artar. Buna karşılık eklemeli imalatta malzeme yalnızca gerekli yerlere hassas bir şekilde eklendiği için atık minimum seviyede kalır, ayrıca tek bir makine ile karmaşık iç yapılar, organik formlar ve geleneksel yöntemlerle imalatı mümkün olmayan hafif parçalar kolayca üretilebilir. Bu yöntem özellikle havacılık, otomotiv, tıbbi protezler ve kişiselleştirilmiş ürünler gibi alanlarda büyük avantajlar sunmakta olup, malzeme çeşitliliğinin artması, makine ve yazılım teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte endüstriyel uygulamalardaki payını giderek artırmaktadır (Huang ve ark., 2013). Ancak, bu yaygınlaşmanın önündeki en önemli zorluklardan biri, üretilen parçaların

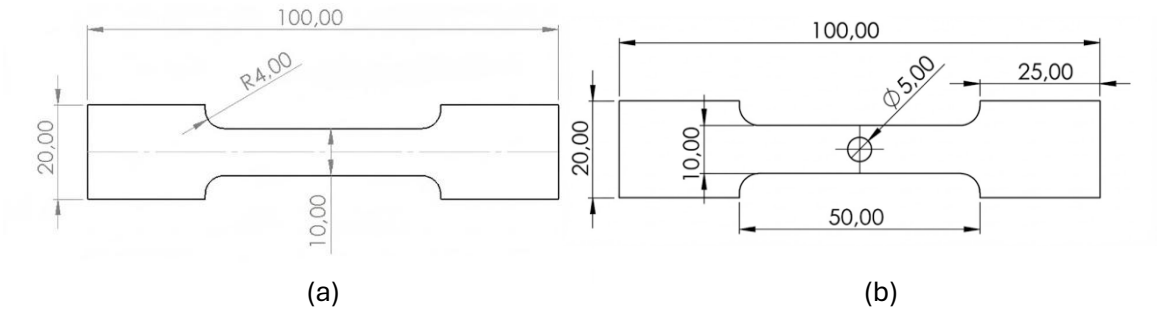
kalitesinin ve tekrarlanabilirliğinin güvence altına alınması için endüstriyel standartların ve kalite kontrol süreçlerinin oturtulmasıdır (Chua ve ark., 2017). Eklemeli imalat teknolojileri, geleneksel yöntemlere kıyasla hem tasarım esnekliği hem de malzeme kullanımı açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yöntemler sayesinde mikro ve nano ölçekte hassas yapıların üretimi mümkün hale gelirken, aynı zamanda kişiye özel ve talep odaklı üretim çözümleri de sunulabilmektedir. Eklemeli imalat sistemlerinin en önemli özelliklerinden biri, yüksek maliyetli özel takımlara, kalıplara veya karmaşık kesici aletlere ihtiyaç duymamasıdır (Gök ve ark., 2023). Ayrıca bu sistemler, üretim sürecinde oluşan atık malzemelerin yeniden kullanılabilmesine olanak tanıyarak sürdürülebilir üretim anlayışını desteklemektedir. Eklemeli üretim teknikleri, tasarım ve imalat süreçlerinde benzersiz fırsatlar yaratmaktadır. Bireyselleştirilmiş üretim çözümleri sunabilme kapasitesiyle öne çıkan bu sistemler, pahalı özel takım ve kalıp gereksinimini ortadan kaldırarak maliyet avantajı sağlamaktadır. Üretim sürecinde ortaya çıkan artık malzemelerin sistem içinde geri kazanılabilir olması ise kaynak verimliliği açısından önemli bir avantaj teşkil etmektedir. Mevcut literatür, FDM teknolojisiyle üretilen parçaların mekanik özelliklerini iyileştirmeye odaklanmıştır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı, özellikle PLA ve ABS gibi yaygın kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerinin karakterize edilmesi (Apak, 2019; Kamer ve ark., 2022) ve baskı hızı, nozul sıcaklığı, katman kalınlığı gibi işlem parametrelerinin nihai ürünün çekme özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi üzerinedir (Bacak ve ark., 2021; Bilgin, 2022). Eklemeli imalat (AM) teknolojisi ile üretilen parçaların yapısal performansı ve güvenilirliği açısından kritik bir odak noktası, montaj veya tasarım gereği kaçınılmaz olan geometrik süreksizliklerin, özellikle deliklerin ve çentiklerin, neden olduğu gerilim yığılması etkisidir. Literatür, bu geometrik kusurların AM parçalarının çekme dayanımı ve hasar modları üzerindeki nicel etkilerini ortaya koyan çalışmalarla zenginleşmektedir. Deliklerin FFF/FDM ile üretilmiş parçaların çekme mukavemetine olan etkisi, özellikle kompozit ve yaygın polimerler üzerinde kapsamlı olarak incelenmektedir. Rao ve ark. (2023), 3D basılı ONYX/CGF kompozitlerde, geleneksel olarak delinmiş ve eklemeli olarak üretilmiş deliklerin çekme özelliklerine olan etkisini karşılaştırmalı olarak araştırmıştır. Benzer şekilde, Yadav ve ark. (2025), Eklemeli imalat yöntemiyle üretilen Sürekli Cam Elyafı/Onyx kompozitlerinin Açık Delik Çekme karakteristiklerini analiz etmiştir. Polimer filamentler özelinde ise, Dave ve ark. (2020), evde üretilen PLA filament kullanılarak basılan parçaların açık delik çekme testleri yoluyla dayanımını incelemiştir. Bu çalışmalar, geometrik kusurların sadece boyutundan ziyade, bu kusurun üretim yöntemiyle mi yoksa işleme yoluyla mı oluşturulduğunun da nihai performansta rol oynadığını göstermektedir. Süreksizlik çevresindeki gerilim dağılımının ve malzemenin bu gerilimlere karşı gösterdiği hassasiyetin anlaşılması, AM tasarımları için hayati öneme sahiptir. Yang ve ark. (2021), dairesel bir deliğe sahip 3D basılı kademeli plakalardaki gerilme dağılımını deneysel olarak incelemiş ve bu dağılımın malzemenin lokal olarak değişen özelliklerine bağlı olduğunu göstermiştir. Malzemenin çentik etkisine karşı gösterdiği duyarlılık ise, hasar modunun belirlenmesinde kritik bir rol oynar. Cicero ve ark. (2020), 3D basılı ABS numunelerinde U-çentikler içeren kırılma numunelerinin analizini yaparak, malzemenin çentik varlığında gevrek bir hasar modu sergileme eğilimini araştırmıştır. Bu çalışmaya çok benzemektedir ancak araştırmacılar, geometrik süreksizliklerin yarattığı zayıflamayı ortadan kaldırmak için yenilikçi üretim stratejileri de geliştirmiştir. Bu bağlamda, Khan ve ark. (2018), eğrisel değişken rijitlik 3D baskı teknolojisinin kullanılmasıyla açık delik çekme dayanımının iyileştirilebileceğini göstermiştir. Bu tür çalışmalar, eklemeli imalatın sağladığı tasarım serbestliğini kullanarak, kritik yük bölgelerinde mukavemeti artırmaya yönelik malzeme yerleştirme stratejilerinin potansiyelini vurgulamaktadır. Genel olarak, literatürdeki bu çalışmalar, FFF/FDM ile üretilen parçaların geometrik süreksizlikler altındaki davranışının karmaşık olduğunu ve sadece temel malzeme özelliklerinin değil, aynı zamanda çentik hassasiyeti, baskı oryantasyonu ve deliğin üretim yönteminin de nihai yapısal bütünlük için belirleyici faktörler olduğunu ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Bu çalışmada, literatürdeki bu temele dayanarak, eklemeli imalat yöntemlerinden biri olan FDM (Fused Deposition Modeling) tekniği kullanılarak PLA, ABS, ASA ve PETG malzemelerinden çekme numuneleri üretilmiştir. Numuneler, %100 doluluk oranında, 0.2 mm katman kalınlığı ve doğrusal baskı deseniyle imal edilmiştir. Deneysel karşılaştırmalar, iki ana grup üzerinde yürütülmüştür. Malzemenin mekanik özelliklerini belirlemek için düz (kontrol) numuneler ve geometrilerin yarattığı delik etkisini ve gerilim yığılmasını analiz etmek için merkezi delikli numuneler üretilmiştir. Üretilen bu iki grup numune, çekme test cihazında standart çekme testine tabi tutulmuş ve malzemelerin mekanik dayanımları, süneklikleri, kopma modları ve geometrik süreksizliğe verdikleri tepkiler sistematik olarak ölçülerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan ayrılan özgünlüğü ise montaj için açılan merkez deliklerin çekme dayanımına etkisi araştırmak deney ile bu verileri ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada PLA, ASA, PETG ve ABS High Flow filamentleri kullanılarak çekme numuneleri üretilmiştir. Görsel 1'de kontrol ve delikli numune boyutları gösterilmektedir. 3B baskı yönteminde numuneler Creality marka K1 model 3B yazıcı kullanılarak oluşturulmuştur.



Görsel 1. Kontrol (a), Delikli (b) Numune Boyutları

Numuneler için 1,75 mm çapında Filameon marka PLA, ASA, PETG ve ABS HighFlow filament kullanılmıştır. Kullanılan filamentlerinin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Filament özellikleri

Teknik Özellikler	PLA	ABS HighFlow	ASA	PETG
Filament Çapı (mm)	1,75	1,75	1,75	1,75
Yoğunluk (g/cm^3)	1,24	1,04	1,07	1,27
Tabla Sıcaklığı (°C)	50 - 60	90 - 110	90 - 110	70 - 90
Nozul Sıcaklığı (°C)	190 - 230	230 - 260	235 - 260	220 - 250
Çekme Dayanımı (MPa)	50 - 65	40 - 55	45 - 60	45 - 55
Uzama Gerinimi (%)	3 - 7	10 - 30	15 - 35	15 - 40
Eğme Dayanımı (MPa)	70 - 90	60 - 80	65 - 85	60 - 80

Çekme numunelerinin dilimleme (slicing) ve G-kod (G-code) üretimi, Creality firmasının tescilli yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı analizin tutarlılığını temin etmek amacıyla, tüm filament grupları (PLA, ASA, PETG ve ABS) için nozul çapı, katman yüksekliği, baskı hızı ve dolgu yoğunluğu gibi temel proses parametreleri sabit tutulmuştur. Bununla birlikte, malzemelerin Tablo 1'de belirtilen farklı termal ve mekanik özelliklerinden

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

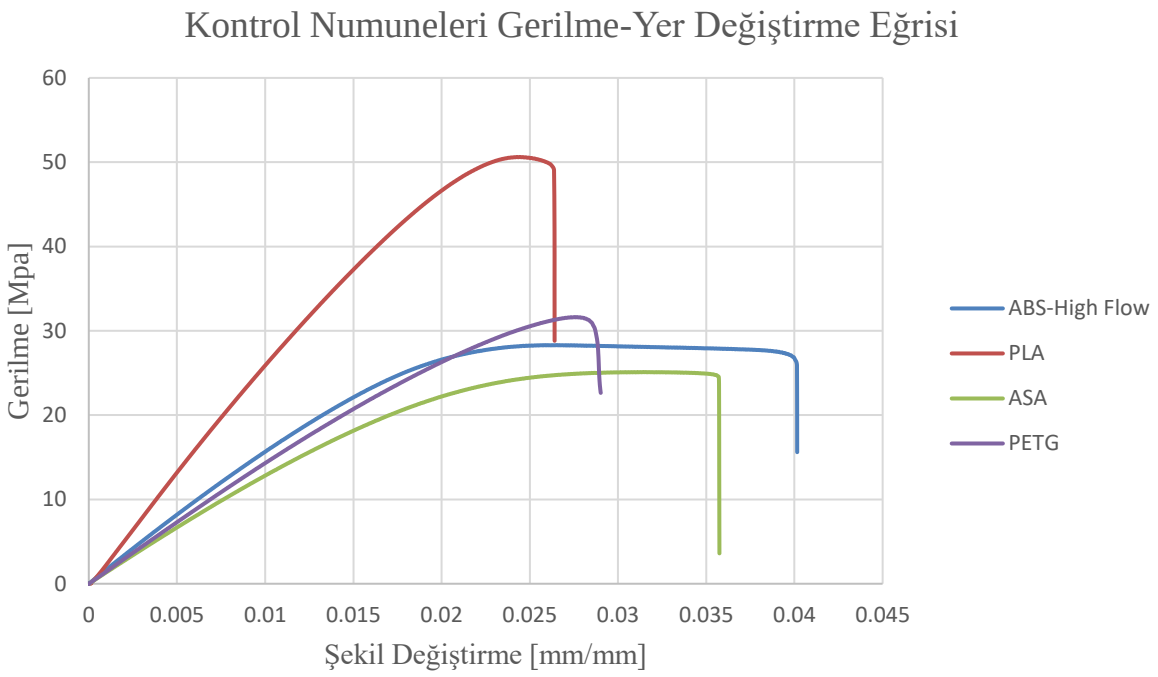
(örn. yoğunluk, uzama gerinimi) dolayı, imalat parametreleri her bir malzeme için optimize edilmiştir. Bu kapsamda, 1,24 g/cm³ yoğunluğa sahip PLA filament için Tablo 1'deki 190-230°C aralığına uygun olarak 210°C nozul ve 60°C tabla sıcaklığı seçilmiş, soğutma fanı aktif (açık) tutulmuştur. Termal büzülme eğilimi daha yüksek olan ve %10-30 uzama gerinimi sergileyen ABS HighFlow için, katman arası yapışmayı maksimize etmek amacıyla 245°C nozul ve 100°C tabla sıcaklığı tercih edilmiş ve soğutma fanı kapatılmıştır. Aynı metodoloji izlenerek, ASA ve PETG filamentleri de Tablo 1'de belirtilen kendi spesifik nozul (sırasıyla 235-260°C ve 220-250°C) ve tabla (sırasıyla 90-110°C ve 70-90°C) sıcaklık aralıklarına uygun parametreler kullanılarak basılmıştır. Hazırlanan numuneler Görsel 2a ve b' de , çekme deneyi de Görsel'2c gösterilmiştir.

(a) (b) (c)

Görsel 2. Çekme Testi Kontrol Numuneleri (a), Delikli Çekme Numuneleri (b), PLA (beyaz), ABS High Flow (siyah), PETG (kırmızı), ASA (gri), ABS High Flow Çekme Testi (c)

Görsel 3'te sunulan FDM yöntemiyle üretilmiş kontrol numunelerine ait mühendislik gerilmesi-birim şekil değiştirme (stress-strain) eğrileri, polimer matrislerin mekanik davranışları arasındaki karakteristik ayrımları net bir şekilde ortaya koymaktadır. Grafikten elde edilen veriler, malzemelerin rijitlik ve süneklik olduğunu göstermektedir. İncelemeye göre PLA, yaklaşık 51.25 MPa seviyesindeki zirve gerilmesi ile en yüksek çekme mukavemetini ve elastik bölgedeki dik eğimiyle en yüksek rijitliği (elastik modülü) sergilemiştir. Ancak bu üstün mukavemet, malzemenin plastik deformasyon kabiliyetinin sınırlı kalmasına neden olmuş; PLA, maksimum gerilme sonrasında ani bir gerilim düşüşü yaşayarak gevrek (brittle) bir kırılma modu sergilemiştir (yaklaşık 0.026 mm/mm birim şekil değiştirme). Buna tam bir tezat oluşturacak şekilde, ABS-High Flow numunesi 28.00 MPa ile daha düşük bir mukavemet değeri göstermesine rağmen, elastik sınırın ötesinde geniş bir plastik deformasyon bölgesi sergilemiştir. Yaklaşık 0.040 mm/mm değerine ulaşan birim şekil değiştirme kapasitesi ile ABS, test edilen malzemeler arasında en sünek ve (eğri altında kalan alan dikkate alındığında) en tok yapıyı sergilemiştir. Ara değerlere sahip olan PETG (31.25 MPa) ve ASA (25.00 MPa) ise, PLA'nın yüksek mukavemeti ile ABS'nin yüksek sünekliği arasında dengeli bir geçiş profili çizerek, orta düzeyde mukavemet ve deformasyon kabiliyeti göstermiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

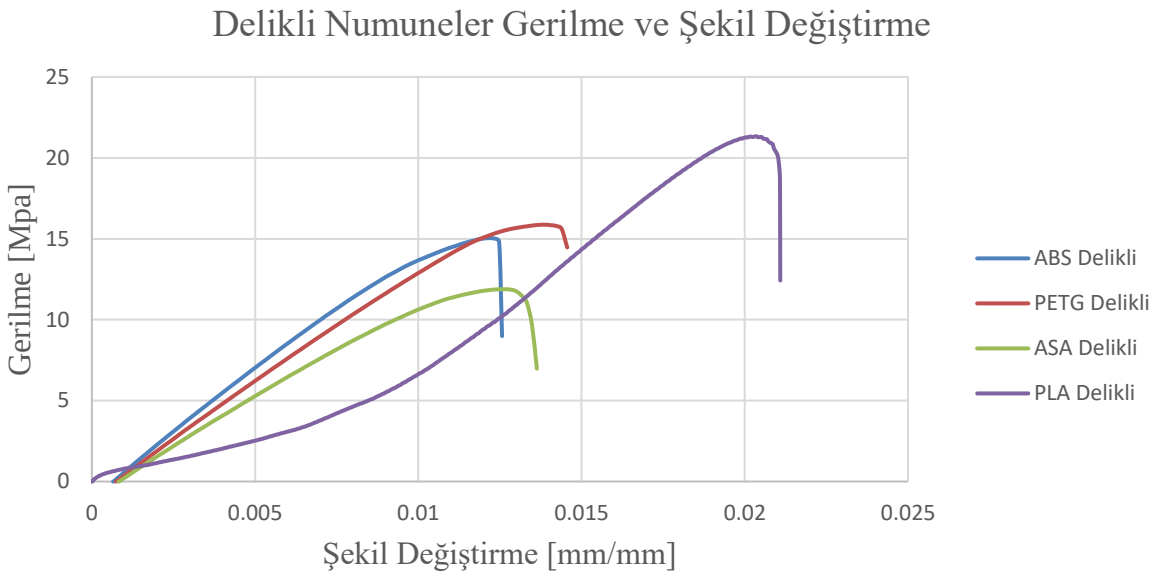


Görsel 3. Kontrol numuneleri gerilme-uzama eğrisi grafiği

Görsel 4'te sunulan ve merkezî delik geometrisine sahip numunelerden elde edilen mühendislik gerilmesi - birim şekil değiştirme eğrileri, geometrik süreksizliklerin FDM ile üretilmiş polimerlerin mekanik davranışı üzerindeki radikal etkisini ve malzeme karakteristiğindeki değişimi gözler önüne sermektedir. Grafikteki veriler, kontrol grubu testlerinde (düz numunelerde) sünek davranış sergilemesi beklenen malzemelerin, delik varlığında bu özelliklerini yitirdiğini kanıtlamaktadır. Özellikle ABS, ASA ve PETG numuneleri, delik kenarlarında oluşan gerilim yığılmalarına karşı yüksek bir delik hassasiyeti göstererek, plastik deformasyon kabiliyetlerini kaybetmişlerdir. Bu malzemeler, yaklaşık 12 MPa ile 16 MPa arasındaki gerilme değerlerinde ve 0.012 - 0.014 mm/mm gibi oldukça düşük birim şekil değiştirme oranlarında ani ve gevrek bir kırılma modu sergilemişlerdir.

Buna karşın, genellikle gevrek yapısıyla bilinen PLA, delikli konfigürasyonda beklenmedik bir hasar toleransı ortaya koymuştur. Grafikte PLA, başlangıçta daha düşük bir elastik eğim sergilemesine rağmen, gerilimi 21.25 MPa seviyelerine kadar taşıyabilmiş ve 0.021 mm/mm ile diğer tüm malzemelerden daha yüksek bir birim şekil değiştirme kapasitesine (süneklik) ulaşmıştır. Bu durum, PLA'nın delik kaynaklı gerilim konsantrasyonları altında çatlak ilerlemesini, diğer polimerlere kıyasla daha uzun süre tolere edebildiğini göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 4. Delikli numuneler gerilme-uzama eğrisi

Çekme testleri sonrasında numunelerin incelenen hasar morfolojileri, Görsel 5'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu morfolojiler, iki test grubu arasında kırılma mekanizmalarının ve hasar başlangıç noktalarının birbirlerinden farklılaştığını ortaya koymaktadır. Görsel 5b'de gösterilen delikli numune grubunda, kırılmanın istisnasız bir şekilde merkezi delik çevresinde yoğunlaştığı ve tam olarak bu kesitten gerçekleştiği net bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu durum, teorik beklentilerle tam uyumludur zira merkezi delik, bir geometrik süreksizlik olarak davranmakta ve parça geometrisindeki en belirgin gerilim yığılması noktası olarak işlev görmektedir. Uygulanan yük altında gerilimler bu delik kenarlarında maksimize olmuş, bu bölge numunenin mekanik açıdan en zayıf kesiti haline gelmiş ve çatlak ilerlemesi bu noktadan başlamıştır.

Buna karşın, Görsel 5a'da sunulan ve herhangi bir geometrik delik içermeyen homojen kontrol grubu numunelerinde, kırılma lokasyonlarında belirgin bir tutarlılık saptanamamıştır. Kopmaların, numunelerin ölçüm bölgesi boyunca farklı ve görünüşte rastlantısal lokasyonlarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durumun temel nedeni, FDM (Eriyik Yığma Modelleme) üretim sürecinin doğası gereği, malzeme yapısı içinde kaçınılmaz olarak oluşan ve rastlantısal bir dağılım gösteren mikroskobik iç kusurlardır. Bu kusurlar; gözeneklilik, katmanlar arası zayıf adezyon bölgeleri veya baskı sırasındaki küçük nozul akış tutarsızlıkları şeklinde oluşabilir. Önceden tanımlanmış makro bir zayıf bölge delik olmadığından, her bir kontrol numunesindeki hasar, o numuneye özgü olan bu iç kusurların en kritik olduğu noktadan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

başlamıştır. Sonuç olarak, kontrol grubundaki kırılma bölgelerinin kestirilemezliği, malzemenin içsel ve rastlantısal kusur dağılımının bir sonucudur.

(a) (b)

Görsel 5. Kontrol Grubu (a), Delikli Grubu (b) Çekme Testleri Numune Sonuçları

3. Sonuçlar

Bu sonuçlar, FDM ile üretilen parçaların güvenilirliği için tasarım ve malzeme mühendisliği yaklaşımlarının, gerilim yığılması etkisini önceliklendirecek şekilde yeniden ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, Eriyik Yığma Modelleme (FDM) teknolojisi ile üretilen PLA, ABS, PETG ve ASA polimer yapılarında, montaj ve tasarımın kaçınılmaz bir gereği olan geometrik süreksizliklerin (merkezi deliklerin), mekanik performans ve hasar mekanizması üzerindeki etkilerini deneysel olarak irdelemiştir. Görsel 3 (Kontrol Numuneleri) ve Görsel 4 (Delikli Numuneler) üzerindeki gerilme-şekil değiştirme verilerinden elde edilen bulgular, fonksiyonel parça tasarımı ve malzeme seçimi kriterleri açısından kritik önem taşıyan aşağıdaki temel sonuçları ortaya koymuştur:

- Kontrol grubunda mukavemet ve süneklik karakteristiği geometrik süreksizlik içermeyen kontrol numunelerin mekanik karakterizasyonu (Görsel 3), malzemeler arası temel davranış farklarını netleştirmiştir. PLA, yaklaşık 50.5 MPa değerindeki maksimum çekme gerilmesi ve yüksek elastik modülü ile test edilen grup içerisindeki en yüksek rijitliği ve statik mukavemeti sergilemiş, ancak bu dayanımı sınırlı bir uzama ile gevrek bir kırılma pahasına sağlamıştır. Buna karşılık ABS, daha düşük mukavemetine (28.00 MPa) rağmen, 0.040 mm/mm'ye ulaşan birim şekil değiştirme kapasitesi ve sergilediği sünek davranış ile en yüksek enerji sönümleme (tokluk) performansını göstermiştir.

- Gerilim yığılmasının zayıflatıcı etkisi merkezi delik geometrisinin oluşturduğu gerilim yığılması, beklendiği üzere tüm polimer matrislerde yük taşıma kapasitesini radikal biçimde düşürmüştür. Bu mukavemet kaybı malzemeden malzemeye değişmekle birlikte, PLA'nın mukavemeti yaklaşık 50 MPa'dan 21 MPa seviyesine gerileyerek en keskin düşüşlerden birini kaydetmiştir.

- Delik hassasiyeti ve davranışsal dönüşüm çalışmanın en çarpıcı bulgusu, malzemelerin geometrik süreksizliğe (çentiğe) karşı verdikleri tepkide gözlemlenen dramatik zıtlıktır (Görsel 4). Kontrol grubunda sünek karakteristiği ile öne çıkan ABS ve ASA, delikli konfigürasyonda plastik deformasyon kabiliyetlerini neredeyse tamamen kaybetmiş (~0.012 - 0.013 mm/mm şekil değiştirme) ve yüksek delik hassasiyeti nedeniyle gevrek bir hasar moduna geçiş yapmıştır.

- PLA'nın üstün hasar toleransı genel literatürde gevrek malzeme olarak sınıflandırılan PLA, delikli yapıda beklenmedik bir yapısal avantaj sergilemiştir. Delikli konfigürasyonda 21 MPa gerilme değerine ve 0.021 mm/mm birim şekil değiştirme kapasitesine ulaşan PLA, delikli ABS ve ASA'ya kıyasla belirgin şekilde daha yüksek bir deformasyon performansı göstererek, gerilim yığılmalarına karşı üstün bir hasar toleransı ortaya koymuştur.

- Kırılma hasar analizi, delikli numunelerdeki kırılmanın, teorik gerilim dağılımıyla uyumlu olarak, gerilimin maksimize olduğu delik çevresindeki net kesitten başladığını ve ilerlediğini doğrulamıştır.

Sonuç olarak elde edilen veriler, fonksiyonel FDM parçalarının tasarımında malzeme seçiminin yalnızca saf çekme mukavemeti veya sünekliğine dayandırılmasının yetersiz olduğunu göstermektedir. Parçanın geometrik süreksizliklere karşı gösterdiği "delik hassasiyeti", yapısal güvenilirliği belirleyende kritik bir tasarım parametresidir. Bu bağlamda, delikli ve montajlı tasarımlarda PLA'nın, ABS, PETG ve ASA'ya kıyasla daha güvenilir ve tolere edilebilir bir mekanik davranış sunduğu tespit edilmiştir.

Kaynakça

Ahmed, W. F., Sghaier, M. B. H., & Allaoui, S. (2022). Investigation Of The Effect Of Three-Point Bending Testing Parameters On The Behavior Of 3d Printed Sand. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 121(1), 1415–1428.

Aldosari, F., Khan, M., Asad, M., & Djavanroodi, F. (2023). Finite Element Analysis Of Polylactic Acid (Pla) Under Tensile And Compressive Loading. Journal Of Physics Conference Series,

Apak, K. (2019). Pla Malzemesinden Eklemeli İmalat Yöntemiyle Üretilen Ürünlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisans Üstü …].

Aydın, L., & Küçük, S. (2017). Üç Boyutlu Yazıcı Ve Tarayıcı İle Hastaya Özel Medikal Ortez Tasarımı Ve Geliştirilmesi. Politeknik Dergisi, 20(1), 1–8.

Bacak, S., Özkavak, H. V., & Tatlı, M. (2021). Fdm Yöntemi İle Üretilen Pla Numunelerin Çekme Özelliklerine İşlem Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 9(1), 209–216.

Başcı, Ü. G., & Yamanoğlu, R. (2021). Yeni Nesil Üretim Teknolojisi Fdm İle Eklemeli İmalat. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry, 5(2), 339–352.

Bilgin, M. (2022). Abs Esasli Numunelerin 3d Yazici İle Üretilmesinde İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry, 6(2), 236–249.

Chua, C. K., Wong, C. H., & Yeong, W. Y. (2017). Standards, Quality Control, And Measurement Sciences İn 3d Printing And Additive Manufacturing. Academic Press.

Cicero, S., Martínez-Mata, V., Alonso-Estebanez, A., Castanon-Jano, L., & Arroyo, B. (2020). Analysis of notch effect in 3D-printed ABS fracture specimens containing U-notches. *Materials*, *13*(21), 4716.

Dave, H. K., Prajapati, A. R., Rajpurohit, S. R., Patadiya, N. H., & Raval, H. K. (2020). Open hole tensile testing of 3D printed parts using in-house fabricated PLA filament. *Rapid Prototyping Journal*, *26*(1), 21-31.

Gök, D. A., Kılıçtek, S., Gök, S., & Yakut, N. (2023). Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Araştırma. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(3), 517–537.

Huang, S. H., Liu, P., Mokasdar, A., & Hou, L. (2013). Additive Manufacturing And İts Societal İmpact A Literature Review. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 67(5), 1191–1203.

Kamer, M. S., Temiz, Ş., Yaykaşlı, H., Kaya, A., & Akay, O. (2022). 3b Yazıcıda Farklı Yazdırma Hızlarında Abs Ve Pla Malzeme İle Üretilen Çekme Test Numunelerinin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37(3), 1197–1212.

Khan, S., Fayazbakhsh, K., Fawaz, Z., & Nik, M. A. (2018). Curvilinear variable stiffness 3D printing technology for improved open-hole tensile strength. *Additive Manufacturing*, *24*, 378-385.

Porthouse, C. (2025). Determination Of Safe Tensile Loading Values Fro Threaded Heat-Set Inserts.

Pottmeyer, F., Bittner, J., Pinter, P., & Weidenmann, K. A. (2017). In-Situ Ct Damage Analysis Of Metal İnserts Embedded İn Carbon Fiber-Reinforced Plastics. Experimental Mechanics, 57(9), 1411–1422.

Rao, G. S., Paul, R., Singh, S., & Debnath, K. (2023). Influence of conventionally drilled and additively fabricated hole on tensile properties of 3D-printed ONYX/CGF composites. *Journal of Materials Engineering and Performance*, *32*(13), 5849-5861.

Yang, Q., Cao, H., Tang, Y., Li, Y., & Chen, X. (2021). Experimental investigation of stress distributions in 3D printed graded plates with a circular hole. *Materials*, *14*(24), 7845.

Yadav, M., Komal, U. K., & Tewari, A. (2025). Analysis of Open-Hole Tensile Characteristics of Additively Manufactured Continuous Glass Fiber/Onyx Composites. *Polymer Composites*.

PHASE DIAGRAMS AND MICROSTRUCTURE OF THE ZN–0.11MN–0.07AL TERNARY ALLOY

Master's Student Ahmed Ramdan Almaqtouf ALGWIL

Karabuk University,

ahmed.ramdan885@yahoo.com- https://orcid.org/0009-0009-0349-5778

Doç.Dr. İsmail Hakkı KARA

Karabuk University,

ihakkikara@karabuk.edu.tr- https://orcid.org/0000-0001-8425-5649

ABSTRACT

In this study, the phase diagrams and microstructural properties of the Zn–0.11Mn–0.07Al alloy produced by the casting method were investigated. After casting, the samples were subjected to a homogenization process at 350°C for 4 hours, and both rolled samples, heat-treated and unheated at 350°C for 4 hours, were evaluated. Elemental distributions and possible phase formations were characterized using SEM-EDS analyses. Thermodynamic studies revealed possible secondary phases that may originate from Zn-based solid solutions and Mn and Al additives. The findings reveal that homogenization and rolling processes have significant effects on the phase distribution and microstructure.

Keywords: Zn–Mn–Al alloy, Phase diagram, Microstructure, SEM-EDS, Rolling.

1. INTRODUCTION

In the past few years, zinc-based alloys have attracted considerable attention for applications such as biomedical implants and temporary structural requirements due to their biocompatibility, moderate mechanical properties, adjustable biocorrosion rates, and high solubility capacity for alloying elements [1,2]. The limited ductility, low strength, and unsatisfactory strength-ductility balance of pure zinc hinder its use in engineering. In the past

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

few years, many efforts have been made to improve the mechanical properties of zinc and achieve controllable corrosion behavior by adding low contents of alloying elements such as Al, Mg, Mn, Cu, Ag, and Li [3–5].

Trace element additions are known to significantly affect new phase formation, grain structure development, and precipitation behavior in zinc-based alloys. Complex intermetallic phases, particularly those developing in the Al–Mn–Zn ternary region, are important structural components that determine both the mechanical and corrosion properties of the alloys. In recent years, microalloying has been the subject of extensive research to improve the mechanical properties of zinc-based alloys and achieve controlled biocorrosion behavior [3,6,7]. It is well known in the literature that trace elements, particularly Al, Mn, Cu, Ag, and Li, significantly alter phase formation, precipitation behavior, grain size, and texture development within the Zn matrix. A study by Li Lei et al. showed that the microstructure of Zn-Al-Mn-Cu-Ag-Li alloys containing several trace elements changes after casting, heat treatment, and extrusion. Al-Mn-Zn-based ternary phases are formed, and with the addition of Li, the β-$LiZn_4$ phase precipitates as wavy lamellar layers with improved mechanical properties. In the same study, the basal (0001) texture obtained after extrusion was among the main mechanisms affecting both the strength and ductility of the alloys. These findings demonstrate that microalloying has a strong influence on the microstructural evolution and performance of zinc-based alloys, while also indicating that the phase behavior of limited element additions such as Al and Mn requires further investigation [8,9].

A study on biodegradable metal alloys highlighted that second-phase formation in zinc-based alloys significantly affects not only mechanical properties but also corrosion rates and cytotoxicity. This study concluded that appropriate selection of alloying elements and control of the volume fraction of the second phase can prevent post-casting brittleness, increase ductility, and reduce the rate of biocorrosion. In particular, it was explained that elements such as Mg, Mn, Li, Cu, and Ag can exist both in solid solutions and as intermetallic or eutectic/peritectic phases within the Zn matrix [10,11].

Mn addition has been reported to have an unexpected effect on the microstructure and mechanical properties of extruded Zn alloys. With increasing Mn content, the grain size in the Zn matrix decreased, while the volume fraction of tensile twin formation decreased, leading to a slight decrease in tensile strength and an increase in elongation. This observation highlights

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

that twinning and intermetallic phase formation are crucial for achieving a balance between ductility and strength for Zn-based alloys with HCP structure [6,12,13]. Based on this, the present work systematically investigated the phase diagram, microstructure evolution, and structural properties after rolling with 350 °C/4 h homogenization in a Zn-based system (Zn–0.11Mn–0.07Al) microalloyed with only Al and Mn.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

2.1. Production of Alloys

The ternary alloy Zn–0.11Mn–0.07Al was manufactured by melting pure metals of commercial grade: Zn of 99.9%, Mn of 99.5%, and Al of 99.8%. The appropriate weights of the raw metal components were calculated according to their alloying ratio and melted together at 720°C in an electric resistance furnace in a graphite crucible. During melting, the crucible surface was kept under an inert gas atmosphere (argon) to prevent oxidation. After melting, the molten metal was mechanically stirred to ensure alloy homogeneity. The alloy was then cast into a steel mold heated up to 200°C and solidified into an ingot. Using XRF, it was possible to verify the chemical composition of the alloy; the following elemental contents (in mass %) were determined in the sample: Al = 0.0706, Mn = 0.1080, Zn = 99.6888, with trace amounts of Si, S, and Cl.

2.2. Hot Rolling Processes

The ingots obtained after casting were brought to an initial thickness of 9 mm suitable for rolling, and a multistage rolling program was applied. During the first 21 passes, about 10% thickness reduction was applied in each step, which reduced the sample thickness from 9.0 to 0.985 mm. The true strain value calculated in those passes was about 0.105, thus resulting in fairly uniform deformation between passes.

The procedure to roll was as follows (350°C):
Passes 1–21: 10% thickness reduction at each step
Passes 22–24: Constant 0.1 mm reduction
Passes 25–27: Constant 0.2 mm reduction

Using the measured thickness values, the actual strain was calculated as $\varepsilon = \ln(t_0 / t)$. It became evident that Passes 1–21 resulted in very similar values of deformation, while Passes 22–24

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

developed moderate increases and Passes 25–27 clearly stood out as belonging to the high-deformation region.

2.3. Microstructure Characterization

After rolling, the samples were subjected to metallographic sectioning, and standard grinding and polishing procedures were applied. The surface was polished using 320-2500 grit abrasives followed by a 1 µm diamond suspension. The samples were etched in a 2% Nital solution for the visualization of microstructural features.

The microstructural examinations were conducted as follows:

• SEM: for the analysis of intermetallic phases and dispersoids formed due to Mn and Al additions.

EDS analyses were performed to confirm the composition of phases and elemental distribution.

2.4. Phase Diagram and Thermodynamic Analysis

Temperature was used to evaluate the presence of phases in the alloy [14]. Using the database of the Zn–Mn–Al ternary system, some calculations were made, and the calculation of the equilibrium phases of the alloy was performed. Among others, what was specifically identified included Mn-rich intermetallic phases formed by the Zn-Mn binary, the precipitation behavior changed with the addition of Al, and their stability on the Zn matrix. 2.5. Image Analysis SEM and optical micrographs were further analyzed by means of ImageJ software. Calculations of the grain size, area fraction of secondary phases, and particle size distributions were done according to ASTM E112 and E1382, respectively.

3. RESULTS AND EVALUATION

3.1. Thermodynamic Phase Diagram Analyses

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

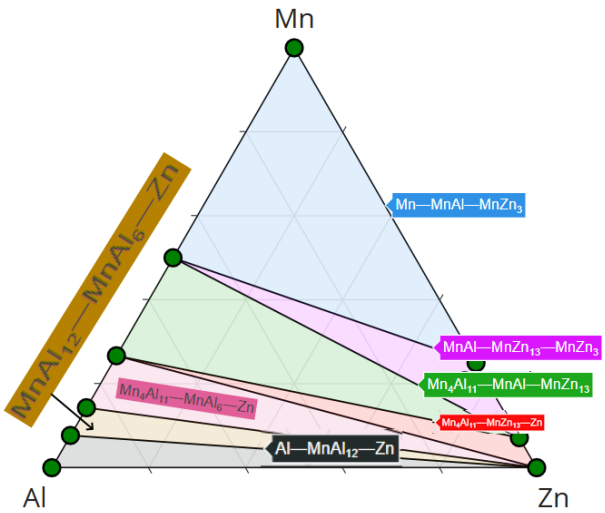


Figure 1. Possible phases that may occur at room temperature[14].

Figure 1 shows the phase regions of the Al–Mn–Zn ternary system and the secondary phase regions that can form at low alloy compositions. The diagram shows broad two-phase regions extending from the Al-rich region to the Zn-rich region, containing intermetallics such as $MnAl_{12}$, $MnAl_6$, $MnAl_{11}$, and MnAl. With increasing Mn content, the system expands toward Mn-rich ternary phases such as Mn–MnAl–$MnZn_3$ and MnAl–$MnZn_{13}$–$MnZn_3$. In the region near the Zn corner, the $MnxAl_{11}$–$MnZn_{13}$–Zn ternary phase field and the $MnZn_{13}$ interphase, which is stable with Zn, are noteworthy. These phases provide a thermodynamic framework for the potential precipitates that may appear during casting and heat treatment processes in Zn-based alloys with low Mn and Al additions. Since the composition of the Zn–0.11Mn–0.07Al alloy used in our study is close to the Zn-dominated region of the diagram, the formation of $MnZn_{13}$ and low-volume MnAl-derived intermetallics is expected.

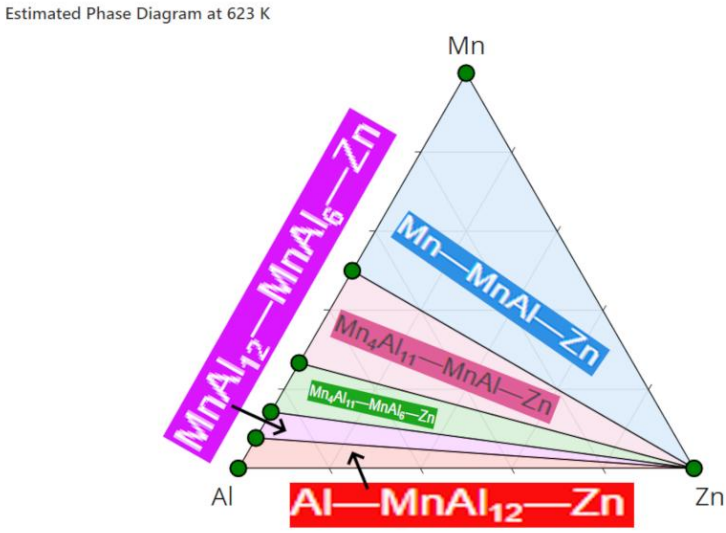


Figure 2. 350°C possible phases that may occur[14].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3.2. SEM Morphology and EDX Analysis

SEM images revealed that the applied treatments significantly transformed the alloy's microstructure. While the cast sample exhibited a rough structure containing segregation marks, surface roughness, and heterogeneity, the homogenization process largely eliminated these irregularities, resulting in a more uniform and balanced microstructure [15, 16]. After rolling, the sample exhibited elongated linear structures parallel to the deformation direction and high orientation, demonstrating the effect of plastic deformation on the microstructure. Finally, annealing the rolled sample at 350°C for 4 hours reduced the deformation marks, transformed it to a more isotropic and fine-grained morphology, and demonstrated the activation of recrystallization and recovery mechanisms. These results confirm that the combined application of thermal and mechanical treatments plays a critical role in homogenizing the microstructure, removing deformation residues and obtaining a more stable structure (See Figure 3).

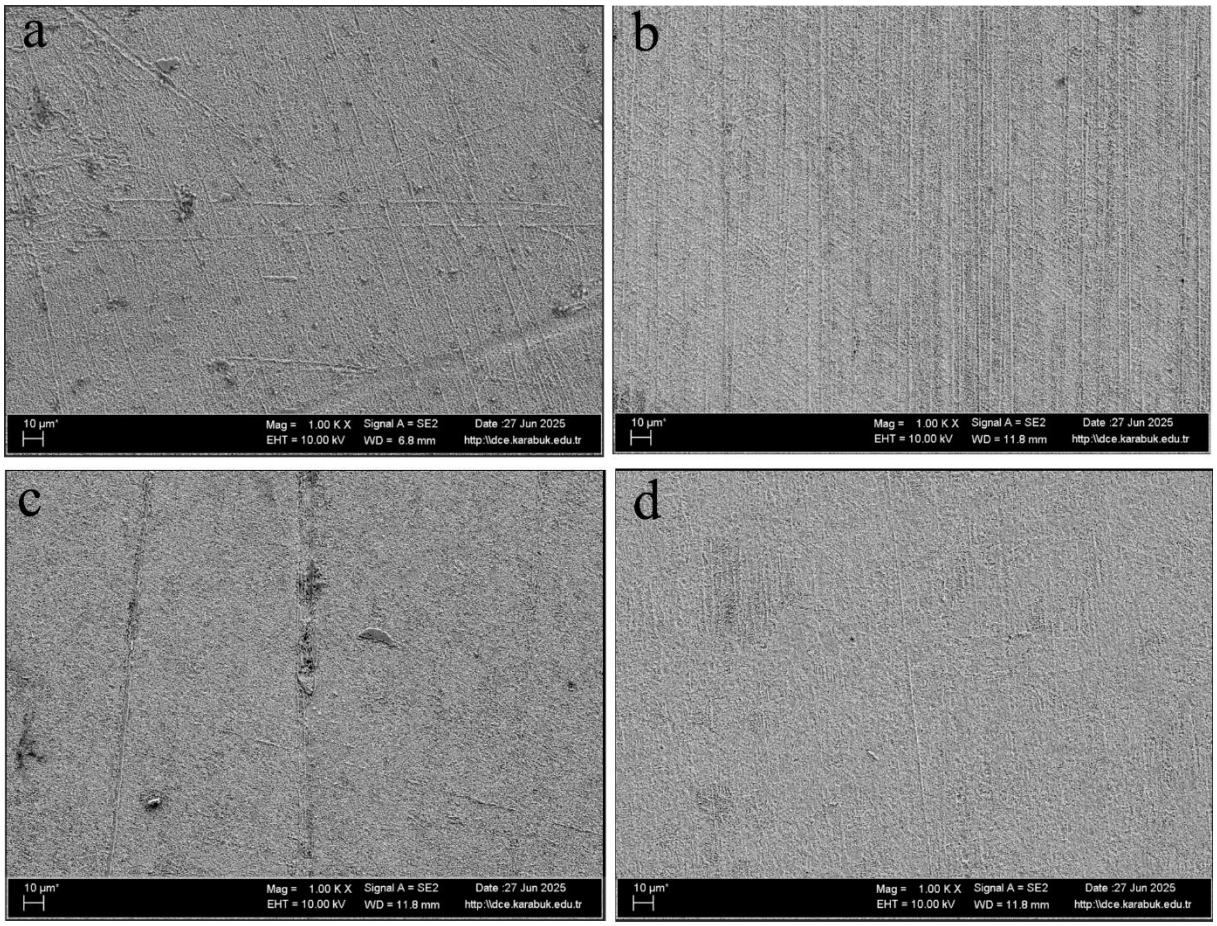


Figure 3. SEM images of a) cast, b) homogenized, c) unheat-treated rolling mill and d) 350°C 4-hour heat-treated rolling mill samples.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

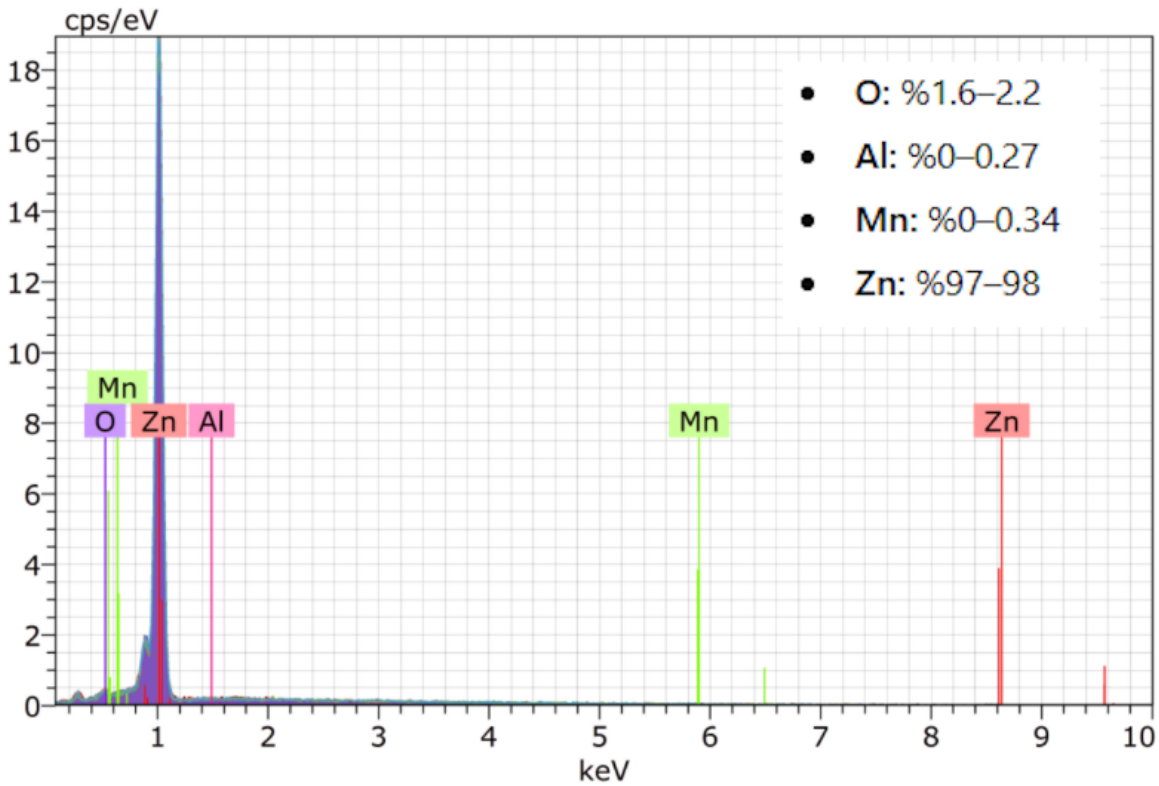


Figure 4. EDX results of the rolled sample heat treated for 350 4 hours.

In EDX analyses, the Zn matrix is dominant (97–98%), while the Al and Mn ratios are quite low (Al: 0–0.27%, Mn: 0–0.34%). Therefore, Mn–Al intermetallics ($MnAl_6$, $MnAl_{11}$, $MnAl_{12}$, MnAl) were not detected. The measurements revealed a Zn matrix and a thin ZnO layer on the surface. Furthermore, due to the low Mn content, the presence of a weak signal from the $MnZn_{13}$ phase is likely.

3.3. Grain Size and Phase Area Fraction

Since grain boundaries cannot be directly determined from the SEM images, a numerical grain size measurement was not possible. However, the microstructural evolution was evaluated qualitatively. The as-cast sample exhibited a coarse and heterogeneous structure, while homogenization eliminated segregations, creating a more stable but potentially coarser grain structure. After rolling, the grains elongated and a morphology with distinct deformation traces emerged[17–19]. The annealing process reduced the deformation traces and provided the formation of a finer structure that was more isotropic, recovered and partially recrystallized at the micro scale.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

4. CONCLUSIONS

• Thermodynamic phase diagram analyses showed that the alloy composition was located in the Zn-rich region, with a high tendency for the formation of the $MnZn_{13}$ phase, while Mn–Al intermetallics had limited stability due to their low alloying levels.

• While the as-cast microstructure exhibited significant segregation and heterogeneity, homogenization improved chemical distribution, resulting in a more uniform structure.

• Rolling created a distinct deformation structure through grain elongation and the formation of directional deformation traces. Annealing at 350°C for 4 hours eliminated these traces, activating recovery and partial recrystallization processes.

• EDX analyses confirmed the dominance of the Zn matrix and indicated that Mn–Al intermetallics were not detected due to the low Mn and Al contents, but the low-signal presence of the $MnZn_{13}$ phase was likely.

• Although quantitative grain size measurement is not possible, it has been determined that the annealing process produces a more isotropic and thermodynamically balanced microstructure.

• In general, it has been concluded that the combination of thermal and mechanical treatments is decisive for the chemical homogeneity, microstructural stability, and phase distribution in Zn–Mn–Al alloys.

Acknowledgements

This work was supported by the Karabük University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number KBÜBAP-25-YL-101.

REFERENCES

1. Yang N, Balasubramani N, Venezuela J, et al. The influence of Ca and Cu additions on the microstructure, mechanical and degradation properties of Zn–Ca–Cu alloys for absorbable wound closure device applications. *Bioact Mater* 2021; 6: 1436–1451.

2. Wang L, Lou D, Ren Y, et al. Effect of Mn content on the microstructure and mechanical properties of as-extruded Zn-0.2Mg-Mn (wt%) alloys. *Mater Charact* 2022; 194: 112400.

3. Sun S, Ren Y, Wang L, et al. Abnormal effect of Mn addition on the mechanical properties of as-extruded Zn alloys. *Materials Science and Engineering: A* 2017; 701: 129–133.

4. Shi ZZ, Gao XX, Zhang HJ, et al. Design biodegradable Zn alloys: Second phases and their significant influences on alloy properties. *Bioact Mater* 2020; 5: 210–218.

5. Li L, Jiao H, Liu C, et al. Microstructures, mechanical properties and in vitro corrosion behavior of biodegradable Zn alloys microalloyed with Al, Mn, Cu, Ag and Li elements. *J Mater Sci Technol* 2022; 103: 244–260.

6. Yang X, Du P, Li K, et al. Optimization of mechanical properties and corrosion resistance of Zn-0.4Mn-0.8Li alloy using the hot rolling process. *J Mater Sci Technol* 2023; 145: 136–147.

7. Jiang J, Qian Y, Huang H, et al. Biodegradable Zn-Cu-Mn alloy with suitable mechanical performance and in vitro degradation behavior as a promising candidate for vascular stents. *Biomaterials Advances* 2022; 133: 112652.

8. Huang Y, Xia L, Yang H, et al. Effect of Trace Sc Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Al-Zn-Mg-Cu-Zr Alloy. *Materials* 2025; 18: 648.

9. VIDA TA, SILVA CAP, LIMA TS, et al. Tailoring microstructure and microhardness of Zn−1wt.%Mg−(0.5wt.%Mn, 0.5wt.%Ca) alloys by solidification cooling rate. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 2021; 31: 1031–1048.

10. Yushu H, Qiaosheng S, Henghua Z. Mechanical properties and biocorrosion behaviour of as-cast Zn-xCu-Sr alloys for cardiovascular bioabsorbable devices. *Corrosion Engineering Science and Technology* 2022; 57: 709–716.

11. Shi ZZ, Yu J, Liu XF, et al. Fabrication and characterization of novel biodegradable Zn-Mn-Cu alloys. *J Mater Sci Technol* 2018; 34: 1008–1015.

12. Rafiee A, Raeissi K, Golozar MA. Effect of pH on nucleation mechanism of Zn-Mn coatings electrodeposited at different deposition potential. *Surface Engineering* 2015; 31: 439–445.

13. Shi ZZ, Yu J, Liu XF, et al. Fabrication and characterization of novel biodegradable Zn-Mn-Cu alloys. *J Mater Sci Technol* 2018; 34: 1008–1015.

14. Ong SP, Wang L, Kang B, et al. Li−Fe−P−O2 Phase Diagram from First Principles Calculations. *Chemistry of Materials* 2008; 20: 1798–1807.

15. Kang SM, Yu H, Liu C, et al. Microstructural evolution and mechanical properties of pure zinc subjected to extrusion and caliber rolling. *Journal of Materials Research and Technology* 2024; 30: 4564–4571.

16. Huang S, Wang L, Zheng Y, et al. In vitro degradation behavior of novel Zn–Cu–Li alloys: Roles of alloy composition and rolling processing. *Mater Des* 2021; 212: 110288.

17. Lu Y, Bradshaw AR, Chiu YL, et al. Effects of secondary phase and grain size on the corrosion of biodegradable Mg–Zn–Ca alloys. *Materials Science and Engineering: C* 2015; 48: 480–486.

18. Zhao Y, Guo S, Chen M, et al. Tailoring grain boundary stability of zinc-titanium alloy for long-lasting aqueous zinc batteries. *Nat Commun*; 14. Epub ahead of print 1 December 2023. DOI: 10.1038/S41467-023-42919-7,.

19. Wu SH, Zhang P, Shao D, et al. Grain size-dependent Sc microalloying effect on the yield strength-pitting corrosion correlation in Al-Cu alloys. *Materials Science and Engineering: A* 2018; 721: 200–214.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CORROSIVE WEAR BEHAVIOR OF HOT ROLLED ZN–0.3CU–0.1MG ALLOY

Yüksek Lisans Öğrencisi Mohamed SHABAN AMHAMED ALDWEB
Karabuk University, Metallurgy and Materials Engineering Department
msadbz@gmail.com- https://orcid.org/0009-0003-8957-5379

Doç.Dr. İsmail Hakkı KARA
Karabuk University, Metallurgy and Materials Engineering Department
ihakkikara@karabuk.edu.tr- https://orcid.org/0000-0001-8425-5649

ABSTRACT

The present work outlines the microstructural evolution and tribocorrosion behavior of Zn-0.36Cu-0.12Mg alloy in the cast, homogenized, and hot-rolled conditions. SEM studies reveal that the casting had an irregular and oxidized surface structure which, after homogenization, attained a more regular morphology and later a smoother and more compact surface after hot rolling. EDS analysis has established the predominance of Zn in the matrix while the Cu-rich precipitates formed the localized phases. Increasing load during tribocorrosion tests resulted in increased depth of wear, whereas hot rolling resulted in a more controlled and wear-resistant surface. Results attained from this study have established that hot rolling enhanced the microstructural integrity and corrosion-wear performance of the alloy significantly.

Keywords : Zn–Cu–Mg alloy, hot rolling, microstructure, SEM, EDS, tribocorrosion.

1. INTRODUCTION

In recent years, zinc (Zn)-based alloys have become an important alternative material class for biodegradable metal implants and low-temperature engineering applications[1]. Zn's moderate degradation rate in physiological environments, biocompatibility, and ability to form corrosion products compatible with essential elements such as Mg and Ca make these materials particularly attractive for applications such as vascular stents, orthopedic pins, and surface coatings[2–4]. However, the low mechanical strength and limited formability of pure Zn make alloy design and thermomechanical process optimization critical. In this context, alloying elements such as Cu and Mg are intensively studied additives for both microstructure control and tuning of degradation behavior.

The literature contains numerous studies on the microstructure evolution and electrochemical responses of Zn–Cu and Zn–Cu–Mg alloys. Zhang and colleagues investigated the time-

dependent corrosion mechanism of Zn–Cu–Ti coatings produced by thermal spray in a 3.5 wt.% NaCl environment, demonstrating that coating degradation is a multistage process. The resulting model describes a five-stage corrosion behavior, ranging from the dissolution of surface oxides to accelerated pitting, and demonstrates that galvanic interactions play a decisive role in coating strength. These findings are important because they demonstrate that corrosion products and local cell effects formed in Zn-based systems are key factors in controlling degradation[5].

Similarly, Cheng and colleagues' study on Zn-xCu and Zn-xCu–0.1Mg wires produced by hot extrusion–cold drawing revealed that alloying elements and deformation processes radically alter both the mechanical and degradation responses. Cu addition was determined to increase grain refinement through the formation of dense $CuZn_5$ precipitates, thereby increasing ductility and decreasing strength. On the other hand, a 0.1% Mg addition has been shown to increase strength by forming an eccentric Mg_2Zn_{11} phase, limit the stable formation of $CuZn_5$ precipitates, and significantly reduce work softening. Due to the electrochemical properties of the phases, the degradation rate of Zn–Cu–Mg alloys increased; the highest corrosion rate was achieved, particularly in Zn–1Cu–0.1Mg wires, due to micro-galvanic effects. These studies emphasize that the microstructural design of the Zn–Cu–Mg system is critical for controlled mechanical performance and achieving the targeted degradation rate[6].

In this context, understanding the microstructural changes and associated corrosive wear behavior of Zn–0.36Cu–0.12Mg alloys following hot rolling will fill a significant gap in both engineering applications and biodegradable implant design. The effects of thermomechanical treatment on dynamic recrystallization, precipitate distribution, and grain shaping directly determine both the tribological and electrochemical response of the alloy. Therefore, a holistic evaluation of the corrosion and wear behavior of the hot-rolled Zn–0.36Cu–0.12Mg alloy will provide critical data for performance optimization of the respective alloy systems.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

2.1. Material and Sample Preparation

The Zn–0.36Cu–0.12Mg (wt.%) alloy used in this study was prepared using high-purity Zn, Cu, and Mg elements using a melt-casting method and then subjected to hot rolling. Cast ingots were heated to 350–380°C and reduced to the target thickness through multi-stage hot rolling. For microstructure and corrosion wear tests, 10×10×2 mm samples were cut from the rolled sheets, and all surfaces were sanded with SiC sandpaper to 2000 grit. The sample surfaces were finally cleaned with ethanol and prepared for analysis.

2.2. SEM Analyses Biocorrosive Wear Tests

The microstructural properties of the samples were examined using a Scanning Electron Microscope (SEM). Post-hot rolling dynamic recrystallization behavior, grain morphology, interphase distribution, and deformation traces were evaluated at high magnification. In particular, the morphology and interaction of precipitate phases (e.g., Mg_2Zn_{11}, $CuZn_5$) formed by Cu and Mg additives with the matrix were analyzed in detail. Furthermore, the surface topography was examined in terms of deformation bands and precipitate orientations that formed depending on the rolling direction. Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) analysis was performed to determine the chemical composition of the microstructural phases. The distribution of Cu and Mg elements in the Zn matrix, precipitate enrichment zones, and

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

heterogeneities that could lead to micro-galvanic cell formation were evaluated using map and point analyses. In particular, the characteristic peaks belonging to the $CuZn_5$ and Mg_2Zn_{11} phases were confirmed, and the size-distribution relationship of the phases was revealed.

2.3. Biocorrosive Wear Tests: Microstructural Evolution of Hot-Rolled Alloys

Wear behavior in a corrosive environment was investigated using a pin-on-disc tribometer operating in HBSS. The following parameters were used during the tests:

- Load: 500, 1000, and 1500 g
- Sliding speed: 0.02 m/s
- Sliding distance: 50 m
- Environment: 37 °C HBSS
- Counter surface: steel ball

Wear scar widths were measured with an optical microscope and profilometer, and volumetric wear was calculated. To assess the effects of tribocorrosion, post-test wear scars were examined with SEM, assessing pitting zones, crack initiation points, and the corrosion-mechanical interaction mechanisms that accelerate under applied load.

3. RESULTS

3.1. Microstructural Evolution (SEM) of the Hot-Rolled Alloy

Figure 1a–c show surface SEM images of the Zn–0.36Cu–0.12Mg alloy obtained after casting, homogenization, and hot rolling. The images clearly demonstrate the effect of thermomechanical treatments on the alloy's surface roughness, deformation marks, and microstructural integrity[7–9].

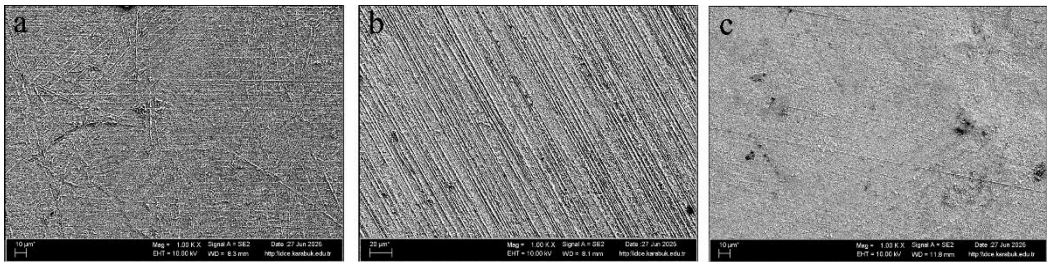


Figure 1. SEM microstructure results for a) as-cast, b) homogenized, c) hot-rolled Zn–0.36Cu–0.12Mg alloy.

Non-oriented, randomly distributed, and sharp-edged surface marks are observed on the cast sample. This structure is characterized by:

- dendritic segregation areas formed during the liquid-to-solid transition,
- micro-shrinkage voids caused by rapid solidification,
- pronounced surface roughness and oxide scale residue.

The complex linear structures on the surface reflect the brittle and non-oriented microstructure that emerges after casting. This structure is irregular before mechanical treatment due to higher internal stresses and can create distinct corrosion activity zones.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

The surface appears to have transformed into a more regular morphology after the homogenization heat treatment. Figure 1b shows:

- significant elimination of intragranular segregation,
- formation of distinctly parallel striations on the surface,
- more stable distribution of dissolved alloying elements within the matrix.

While these parallel orientations are generally due to the effects of surface preparation (mechanical sanding/polishing), they confirm that the homogenization structure provides a more ductile and smoother surface. At this stage, the sharp and complex surface features of the casting have largely disappeared[10–14].

A significant improvement and orientation in surface morphology is observed after hot rolling.Figure 1c shows:

- thin parallel bands become slightly more pronounced due to deformation,
- the surface becomes smoother compared to the previous two conditions,
- precipitate clusters or surface defects are visible in local areas.

Due to dynamic recrystallization and the rearrangement of the phase distribution during hot rolling, a denser, tighter, and more holistic structure is achieved on the surface. This not only increases the alloy's mechanical strength but also reinforces the role of surface integrity in corrosion and wear behavior. The rolled surface also exhibits lower surface roughness compared to the homogenized state, which can delay the formation of incipient pits in biocorrosion tests[15–19].

3.2. EDS

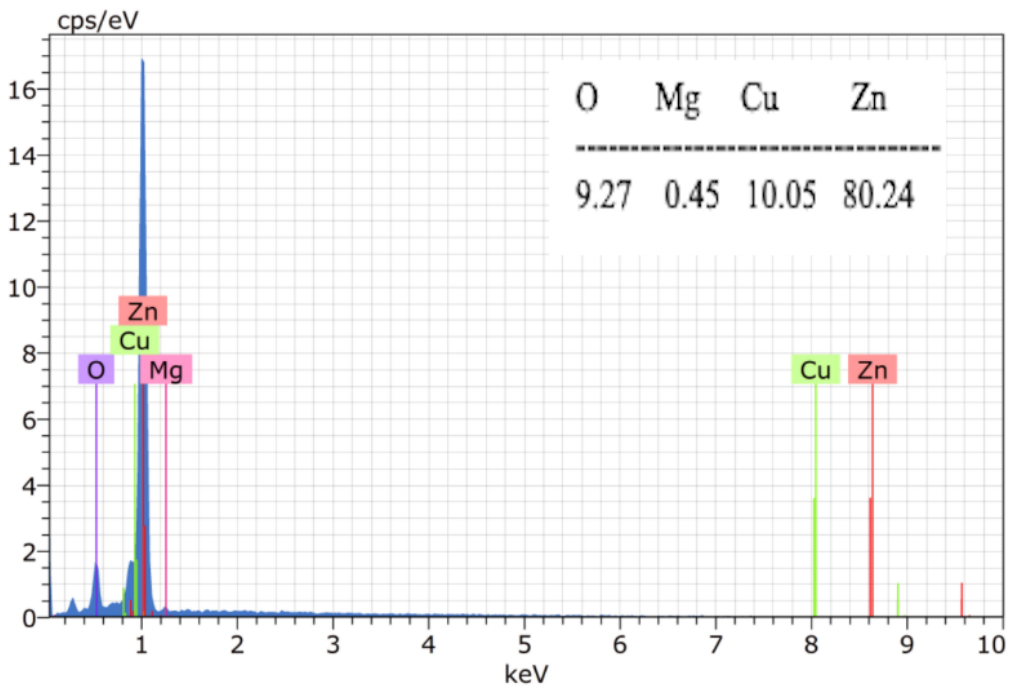


Figure 2. Summary of EDS Results (% by mass)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EDS analysis shows that the material matrix is largely Zn, with Cu-rich precipitates distributed as spots (although Cu ≈ 9–10 wt% is measured, the Cu content in local particles must be higher). A prominent O signal in the measurements indicates surface oxidation. Because the Mg signal is very low, a clear Mg-rich phase such as Mg_2Zn_{11} was not confirmed by EDS. These data suggest that Cu–Zn intermetallic precipitates and surface oxides may play a role in the micro-galvanic corrosion behavior[20–23].

3.3. Corrosive Wear (Tribocorrosion) Behavior

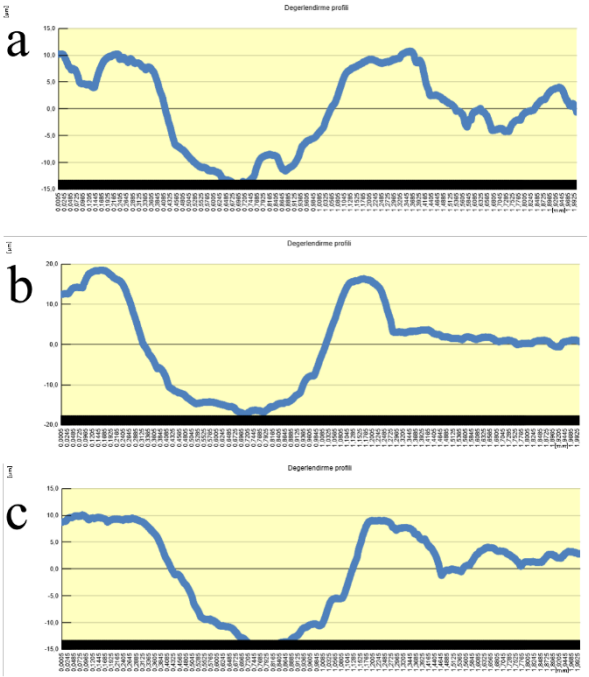


Figure 3. Wear scar profiles of rolled Zn–0.36Cu–0.12Mg alloy obtained under (a) 500 g, (b) 1000 g, (c) 1500 g loads.

The maximum depth of the wear scar pits increases significantly with increasing load, reaching approximately -10 µm at 500 g load, -18 µm at 1000 g load, and -14 µm again at 1500 g load. The profiles show that wider and deeper plastic deformation zones form on the material surface as the load increases[24].

4. CONCLUSIONS

From casting to hot rolling, the processing procedure of the Zn-0.36Cu-0.12Mg alloy was critical for its microstructural integrity and resulting resistance to tribocorrosion. This was confirmed by SEM analysis, which revealed that the surface became smoother, more compact, and more oriented after hot rolling. EDS showed a predominant Zn matrix with Cu-rich precipitates distributed locally; it was observed that such phases could generate micro-galvanic effects during tribocorrosion. Wear tests under different loads showed that with increasing load, the deformation became more pronounced, but the hot-rolled surface presented a more controlled wear behavior. By taking into consideration all the results reported, it could be

concluded that the hot rolling treatment provided a more stable microstructure and improved performance against tribocorrosion for the alloy.

ACKNOWLEDGES

This study was supported by Karabük University Scientific Research Projects Coordination Unit within the scope of project number KBÜBAP-25-YL-155.

REFERENCES

[1] Z.Z. Shi, X.X. Gao, H.J. Zhang, X.F. Liu, H.Y. Li, C. Zhou, Y.X. Yin, L.N. Wang, Design biodegradable Zn alloys: Second phases and their significant influences on alloy properties, Bioact Mater 5 (2020) 210–218. https://doi.org/10.1016/J.BIOACTMAT.2020.02.010.

[2] W. Zhang, T. Zhang, Z. Zhu, X. Wang, J. Qi, Y. Ni, Q. Meng, Y. Sui, F. Wei, Y. Ren, Y. Wang, L. Zhu, Corrosion electrochemistry properties of thermally sprayed Zn–Cu–Ti coating in simulated ocean atmosphere, Journal of Materials Research and Technology 21 (2022) 3235–3247. https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2022.10.108.

[3] G. Tsurtsumia, D. Gogoli, N. Koiava, I. Kakhniashvili, N. Jokhadze, T. Lezhava, N. Nioradze, D. Tatishvili, Electrodeposition and Characterization of Mn-Cu-Zn Alloys for Corrosion Protection Coating, IOP Conf Ser Earth Environ Sci 95 (2017). https://doi.org/10.1088/1755-1315/95/4/042035.

[4] S. Kirtay, Preparation of hybrid silica sol–gel coatings on mild steel surfaces and evaluation of their corrosion resistance, Prog Org Coat 77 (2014) 1861–1866. https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2014.06.016.

[5] W. Zhang, T. Zhang, Z. Zhu, X. Wang, J. Qi, Y. Ni, Q. Meng, Y. Sui, F. Wei, Y. Ren, Y. Wang, L. Zhu, Corrosion electrochemistry properties of thermally sprayed Zn–Cu–Ti coating in simulated ocean atmosphere, Journal of Materials Research and Technology 21 (2022) 3235–3247. https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2022.10.108.

[6] Z. Cheng, Y. Xu, X. Wang, Q. Xie, H. Liu, Y. Shao, D. Xia, C. Chu, F. Feng, J. Bai, Effect of Cu and Mg addition on the mechanical and degradation properties of Zn alloy wires, J Biomater Appl 37 (2022) 891–902. https://doi.org/10.1177/08853282221123934.

[7] S. Sun, Y. Ren, L. Wang, B. Yang, H. Li, G. Qin, Abnormal effect of Mn addition on the mechanical properties of as-extruded Zn alloys, Materials Science and Engineering: A 701 (2017) 129–133. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2017.06.037.

[8] Z.Z. Shi, X.X. Gao, H.J. Zhang, X.F. Liu, H.Y. Li, C. Zhou, Y.X. Yin, L.N. Wang, Design biodegradable Zn alloys: Second phases and their significant influences on alloy properties, Bioact Mater 5 (2020) 210–218. https://doi.org/10.1016/J.BIOACTMAT.2020.02.010.

[9] Z.Z. Shi, J. Yu, X.F. Liu, L.N. Wang, Fabrication and characterization of novel biodegradable Zn-Mn-Cu alloys, J Mater Sci Technol 34 (2018) 1008–1015. https://doi.org/10.1016/J.JMST.2017.11.026.

[10] H. Ahlatci, I.H. Kara, Y. Turen, Y. Sun, H. Zengin, Microstructure and corrosion properties of homogenized AZ31 and AZ31+1%La magnesium alloys, 2017. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.750.107.

[11] H. Zengin, Y. Turen, H. Ahlatci, Y. Sun, I.H. Kara, Microstructure and corrosion properties of homogenized Mg-4Zn-1La magnesium alloy, 2017. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.750.118.

[12] X. Yan, S. Liu, W. Long, J. Huang, L. Zhang, Y. Chen, The effect of homogenization treatment on microstructure and properties of ZnAl15 solder, Mater Des 45 (2013) 440–445. https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2012.09.033.
[13] İ.H. Kara, E. Özsoy, The Effect of Homogenization Parameters on the Corrosion Rate of Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd Alloys, J Mater Eng Perform (2022) 1–10. https://doi.org/10.1007/S11665-022-06665-Z/TABLES/5.
[14] A. Lahbari, K. Bouchaala, H. Essoussi, M. Faqir, S. Ettaqi, E.H. Essadiqi, Homogenization heat treatment influence on microstructure evolution and mechanical properties of as-cast Al–Li–Cu–Mg–Zr alloy for lightweight aerospace application, Heliyon 10 (2024). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24426.
[15] J. Wang, X. Zhang, X. Lu, Y. Yang, Z. Wang, Microstructure, texture and mechanical properties of hot-rolled Mg–4Al–2Sn–0.5Y–0.4Nd alloy, Journal of Magnesium and Alloys 4 (2016) 207–213. https://doi.org/10.1016/J.JMA.2016.07.004.
[16] I.H. Kara, H. Ahlatci, Y. Türen, Y. Sun, Effect of Lanthanum on the Microstructure and Mechanical Properties of Hot-Rolled Magnesium Alloy AZ31, Metal Science and Heat Treatment 61 (2019). https://doi.org/10.1007/s11041-019-00442-x.
[17] S. Wang, W. Zhang, H. Wang, J. Yang, W. Chen, G. Cui, G. Wang, Microstructures evolution, texture characteristics and mechanical properties of Mg-2.5Nd-0.5Zn-0.5Zr alloy during the high strain rate hot-rolling, Materials Science and Engineering: A 803 (2021) 140488. https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2020.140488.
[18] X. Yang, P. Du, K. Li, W. Bao, T. Xiang, J. Chen, X. Liu, G. Xie, Optimization of mechanical properties and corrosion resistance of Zn-0.4Mn-0.8Li alloy using the hot rolling process, J Mater Sci Technol 145 (2023) 136–147. https://doi.org/10.1016/J.JMST.2022.10.055.
[19] X. Yang, P. Du, K. Li, W. Bao, T. Xiang, J. Chen, X. Liu, G. Xie, Optimization of mechanical properties and corrosion resistance of Zn-0.4Mn-0.8Li alloy using the hot rolling process, J Mater Sci Technol 145 (2023) 136–147. https://doi.org/10.1016/J.JMST.2022.10.055.
[20] C. Tai, F.C.-Aic. Journal, undefined 1998, Polymorphism of CaCO3, precipitated in a constant-composition environment, Wiley Online LibraryCY Tai, FB ChenAIChE Journal, 1998•Wiley Online Library 44 (1998) 1790–1798. https://doi.org/10.1002/aic.690440810.
[21] R.A. Barrett, S.A. Parsons, The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation, Water Res 32 (1998) 609–612. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00277-7.
[22] D. Zhang, L. Zhan, S. Jiang, Achieving remarkable strength enhancement in Mg-Gd-Y-Zr alloy through high-density LAGBs and following precipitate chains, J Alloys Compd 1014 (2025) 178631. https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2025.178631.
[23] A. Prasad, S. Si, U.R. Ghori, G. Thirunavukkarasu, Y.L. Chiu, I.P. Jones, S.Y. Lee, S.S. Singh, N.N. Gosvami, J. Jain, Effect of La addition on precipitation hardening in Mg–10Dy alloy, Materialia (Oxf) 14 (2020) 100898. https://doi.org/10.1016/J.MTLA.2020.100898.
[24] Y. Xie, C. Dong, Z. Liu, Y. Yi, Y. Zhou, The Influence of Rolling Reduction on the Mechanical, Corrosion, Osteogenic, and Antibacterial Properties of Zn–Mg Alloys, ACS Omega 10 (2025) 37141–37153. https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.5C01732.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KAVAK ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE FARKLI MODİFİKASYON İŞLEMLERİNİN ETKİSİ

Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
ibektas063@gmail.com- 0000-0002-0617-6926

Doç. Dr. Gonca DÜZKALE SÖZBİR
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
goncaduzkale@gmail.com – 0000-0002-0728-841X

Yls. Öğr. Gizem LEBLEBİCİ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
gizemduzkale@hotmail.com- 0009-0006-4564-7467

ÖZET

Bu çalışmada, kavak (*Populus spp.*) odununun yoğunlaştırma, ısıl işlem ve kombine (yoğunlaştırma + ısıl işlem) modifikasyonlarının fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Numuneler standart boyutlarda hazırlanmış ve iki aşamalı modifikasyon prosesine tabi tutulmuştur. Yoğunlaştırma aşamasında, odun örnekleri 20 °C ve %65 bağıl nem koşullarında iki hafta bekletilmiş, ardından 100–140 °C sıcaklıkta ve 30 bar basınç altında %50 sıkıştırma oranı ile 40 dakika süreyle sıcak pres uygulanmıştır. Isıl işlem aşamasında ise yoğunlaştırılmış numuneler 165–200 °C sıcaklık aralığında vakum altında işlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yoğunlaştırma işleminin odunun yoğunluğunu %62 artırdığını, ısıl işlemin ise %10,55 oranında azalttığını göstermiştir; kombine işlem ise %40,77 artış sağlamıştır. Kütle kaybı açısından en yüksek değer kombine işlemde (%8,54) gözlenmiş, yoğunlaştırma ve ısıl işlem tek başına sırasıyla %4,8 ve %7,6 kayıp oluşturmuştur. Teğet ve enine yönde sertlik değerleri, yoğunlaştırma ile belirgin biçimde artarken, ısıl işlem ile azalmıştır. Kombine uygulama, yoğunlaştırmanın sağladığı iyileştirmeleri kısmen korumuştur. Sonuç olarak, bu çalışma, kavak odununun mekanik ve fiziksel özelliklerinin modifikasyon yöntemi, sıcaklık ve süreye bağlı olarak değiştiğini ve yoğunlaştırma ile ısıl işlem parametrelerinin dikkatle seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kavak, Modifikasyon, Yoğunlaştırma, Isıl işlem

THE EFFECT OF DİFFERENT MODİFİCATİON PROCESSES ON SOME PHYSİCAL AND MECHANİCAL PROPERTİES OF POPLAR WOOD

ABSTRACT

In this study, the effects of densification, heat treatment, and combined (densification + heat treatment) modification processes on the physical and mechanical properties of poplar (Populus

spp.) wood were investigated. The specimens were prepared in standard dimensions and subjected to a two-stage modification process. In the densification stage, wood samples were conditioned at 20 °C and 65% relative humidity for two weeks, followed by hot pressing at 100–140 °C under 30 bar pressure with a 50% compression ratio for 40 minutes. In the heat-treatment stage, the densified specimens were treated under vacuum at temperatures ranging from 165 to 200 °C. The results showed that densification increased the wood density by 62%, whereas heat treatment alone caused a 10.55% decrease; the combined treatment resulted in a 40.77% increase. In terms of mass loss, the highest value was observed in the combined treatment (8.54%), followed by densification (4.8%) and heat treatment (7.6%). Tangential and radial hardness values increased substantially with densification but decreased after heat treatment. The combined modification partially preserved the improvements achieved through densification. Overall, the findings demonstrate that the physical and mechanical properties of poplar wood vary depending on the modification method, temperature, and duration, highlighting the importance of carefully selecting densification and heat-treatment parameters.
Keywords: Poplar, Modification, Densification, Heat treatment

1.GİRİŞ

Kavak odununa uygulanan ısıl işlem ve yoğunlaştırma yöntemleri, odunun mekanik özelliklerini ve kullanım değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu işlemler sayesinde düşük yoğunluklu ve düşük dayanım gösteren kavak odunu, daha yüksek sertlik, basınç direnci ve boyutsal stabilite kazanmaktadır. Örneğin, ısıl işlem ve yoğunlaştırma kombinasyonu ile kavak odununda yüzey sertliği ve şekil stabilitesi belirgin şekilde iyileşmektedir (Cai ve ark., 2013). Benzer şekilde, yapılan çalışmalar bu yöntemlerin odunun morfolojik yapısında olumlu değişiklikler yarattığını, gözeneklerin küçülmesi ve liflerin daha kompakt hale gelmesiyle mekanik performansın arttığını göstermektedir (Budakci ve ark., 2016).

Ayrıca, ısıl işlem ve yoğunlaştırma sayesinde kavak odununun nem alma eğilimi azalmakta, böylece odunun uzun vadede dayanıklılığı artmaktadır. Bu yöntemler, hızlı büyüyen ve düşük değerli kavak odununu, yüksek değerli yapı ve mobilya malzemelerine dönüştürme potansiyeline sahiptir. Özellikle ısıl işlemle birlikte uygulanan yoğunlaştırma süreci, kavak odununun eğilme dayanımı ve sertliğini kayda değer şekilde geliştirmekte ve mühendislik uygulamaları için daha uygun hale getirmektedir (Sözbir ve ark., 2019; Düzkale Sözbir & Bektaş, 2017).

Bu araştırmada, kavak odunu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda, ısıl işlem, yoğunlaştırma işlemi ve her iki yöntemin birlikte uygulanmasının; odunun yoğunluk değerleri, kütle kaybı oranları ile enine ve teğet yöndeki sertlik özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler sistematik olarak incelenmiş ve bu süreçlerin odunun bazı fiziksel ve mekanik performansına olan etkileri ortaya konulmuştur.

2.DENEYSEL UYGULAMALAR

2.1. Materyal

Testlerde materyal olarak, yapraklı ağaçlardan kavak odunu örnekleri kullanılmıştır. Tomruklardan kesilen örnekler, uygulanacak testlere uygun standart numune boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra, modifikasyon prosesleri iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

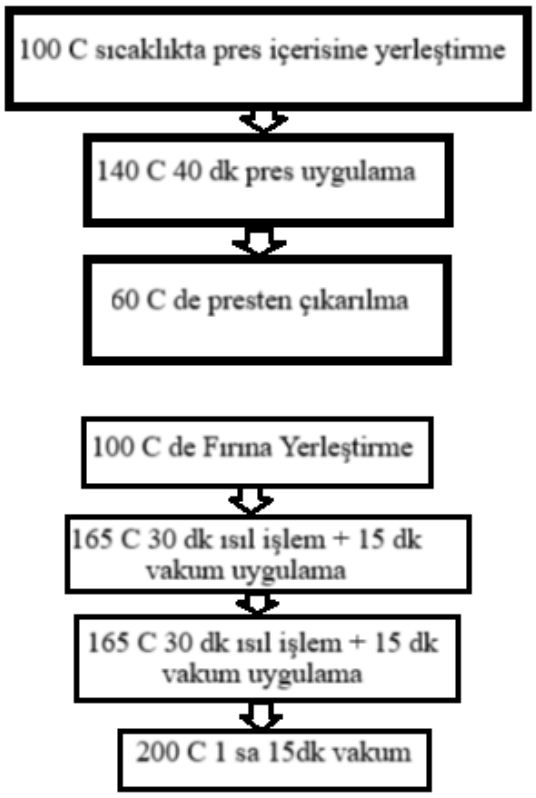
2.2. Metot

Yoğunlaştırma prosesinde, Öncelikle, örnekler 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem koşullarında 2 hafta süreyle bekletilmiştir. Ardından pres sıcaklığı 100 °C iken örnekler prese yerleştirilmiş ve pres kapatılmadan sıcaklığın 140 °C'ye ulaşması için yaklaşık 15 dakika bekletilmiştir. Sıcaklık 140 °C'ye ulaştığında pres kapatılarak örneklere 30 bar basınç uygulanmış, bu sırada basınç oranı %50 alınmış ve işlem 40 dakika sürdürülmüştür. İşlem sonunda örnekler, sıcaklık 60 °C'ye düşene kadar prese bırakılmış, ardından pres açılarak yoğunlaştırma işlemi tamamlanmıştır.

Isıl işlem + vakum prosesinde, yoğunlaştırma işlemi tamamlanan örnekler, fırın sıcaklığı 100 °C'ye ulaştığında kabin içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra fırın sıcaklığı 165 °C'ye çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta örneklere:

- 30 dakika ısıl işlem + 15 dakika vakum uygulanarak ilk adım,
- Aynı işlemin tekrarıyla ikinci adım gerçekleştirilmiştir.

Böylece ısıl işlem prosesinin ilk aşaması tamamlanmıştır. Ardından, 165 °C'deki son vakum işleminden sonra fırın sıcaklığı yaklaşık 15 dakika içinde 200 °C'ye çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta örneklere 1 saat 15 dakika vakum uygulanarak ısıl işlem basamakları tamamlanmıştır (Görsel 1).



Görsel 1. Kavak odununa uygulanan modifikasyon İşlemlerinin basamakları

Farklı işlemler uygulanan kavak örneklerinin yoğunluk miktarları TS 2472 de belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. Test örnekleri etüve bırakılmış ve sıcaklığı 103 ± 2 C° de örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesinden sonra, örnekler desikatöre bırakılmış, soğumaları

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

sağlanmış daha sonrada ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülmüş ve tam kuru yoğunluk aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$D = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{V}} \ \mathrm{g/cm^3}$$

Burada;

D= Tam kuru yoğunluk (gr/cm^3)

M= Tam kuru ağırlık (gr)

V= Tam kuru hacim (cm^3)'dür.

Örneklerin kütle kaybı, farklı işlemler uygulanan örneklerin modifikasyondan işleminden önce ve sonrasında meydana gelen kütle değişimi esas alınarak hesaplanır:

$$\text{Kütle kaybı } (\%) = \frac{\mathrm{M1} - \mathrm{Mo}}{\mathrm{M1}} \ X\ 100$$

M1: Modifikasyondan önceki ağırlık

Mo: Modifikasyondan sonraki ağırlık

Kavak odunu örneklerinde sertlik direncini belirlemek için Janka sertlik metodu kullanılmıştır ve bu testler TS (Türk standardı) 2479 numaralı odunun statik sertliğinin belirlenmesi" isimli standarda göre yapılmıştır. 5×5×5 cm boyutlarında hazırlanan örnekler, standarda uygun şekilde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar doğrudan göstergeden okunarak kaydedilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1 incelendiğinde, kavak odununun işlem türlerine göre yoğunluk değerleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında en yüksek yoğunlaştırma işleminde 0,676 g/cm^3, en düşük yoğunluk değeri 0,373 g/cm^3 ile ısıl işlem yönteminden elde edilmiştir. Kontrol örneği esas alındığında yoğunlaştırma işleminin yoğunluk değerini %62 arttırdığı, ısıl işlemin yoğunluk değerini %10,55 azalttığı ve kombine işlemin bu değeri % 40,77 arttırdığı tespit edilmiştir. Isıl işlem uygulanan örneklerde gözlenen yoğunluk azalmasının, yüksek sıcaklıklarda meydana gelen hammadde kayıplarından kaynaklandığı düşünülmektedir; bu durum birçok çalışmada da desteklenmiştir (Vital & Lucia, 1983; Rusche, 1973; Boonstra, 2008). Öte yandan, yoğunlaştırma işlemi sırasında birim hacimdeki kütle artmakta ve hacimdeki azalma, odunun yoğunluğunun yükselmesine yol açmaktadır (Sözbir & Bektaş, 2017). Kozakiewicz ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada, karakavak (Populus nigra L.) odununun ısıl modifikasyonu sırasında yoğunluk ve kütle kaybı değerleri, uygulanan sıcaklıkla birlikte önemli değişiklikler göstermiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça, odunun yoğunluğunda belirgin bir azalma gözlenmiştir. 160 °C'de işlem gören odunun yoğunluğu 388 kg/m³ iken, 220 °C'de bu değer 336 kg/m³'e düşmüştür. Bu yoğunluk düşüşünün, hem kütle kaybı hem de odunun higroskopik özelliklerindeki değişikliklerle ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1.Kavak odununun modifikasyon türlerine göre yoğunluk değerleri (g/cm^3).

İşlem Türü	**Ortalama**	**Std. Sapma**	**Min. Değer**	**Max. Değer**	**Homojenlik**
Kavak odunu (Kontrol grubu)	0,417	0,02	0,382	0,461	B
Kavak odunu (Yoğunlaştırma)	0,676	0,05	0,511	0,763	D
Kavak odunu (Isıl İşlem)	0,373	0,01	0,362	0,386	A
Kavak odunu (İİ+YO)	0,587	0,06	0,477	0,634	C
P değeri	*p<0.001*				

Kavak odununun işlem türlerine göre kütle kaybı değerleri en yüksek kombine işlemde % 8,54 olarak belirlenmiştir. Yoğunlaştırma işlemi %4,8 kütle kaybına, ısıl işlem ise %7,6 ağırlık kaybına neden olmuştur (Çizelge 2). Yapılan bir çalışmada, kavak odunu örnekleri 120 °C, 160 °C ve 200 °C sıcaklıklarda 1 ve 3 saat süreyle buharla ısıl işlemden geçirilmiştir. Isıl işlem sonrası örnekler, 120 °C sıcaklıkta, 5 MPa basınç altında ve 30 dakika süreyle sıcak pres ile yoğunlaştırılmıştır. Sonucunda Sıcaklık ve süre arttıkça kütle kaybının arttığını, 200 °C'de uygulanan uzun süreli işlemlerde en yüksek kütle kaybının bulunduğunu belirlemişlerdir (Sözbir ve Bektaş, 2017).

Çizelge 2. Kavak odununun modifikasyon türlerine göre kütle kaybı değerleri (%).

İşlem Türü	**Ortalama**	**Std. Sapma**	**Min. Değer**	**Max. Değer**	**Homojenlik**
Kavak odunu (Yoğunlaştırma)	4,835	1,05	1,94	6,45	A
Kavak odunu (Isıl İşlem)	7,651	0,27	7,41	8,16	B
Kavak odunu (İİ+YO)	8,544	1,67	7,05	10,66	C
P değeri	*p<0.001*				

Çizelge 3 incelendiğinde kavak odununun işlem türlerine göre teğet yönde sertlik değerleri en yüksek yoğunlaştırma işleminde 42,46 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Teğet yönde en düşük sertlik değeri ısıl işlem yönteminde 25,36 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneği ile teğet yönde sertlik değerleri karşılaştırıldığında, yoğunlaştırma işlemi bu değeri % 55 arttırdığı, ısıl işlem bu değeri %7 azalttığı ve kombine işlemin %32,6 arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, odun örnekleri %25 ve %50 sıkıştırma oranlarıyla 100 °C ve 140 °C sıcaklıklarda yoğunlaştırılmıştır. Bu işlem, odunun yoğunluğunu artırarak sertlik değerlerinde iyileşme sağlamıştır. Yoğunlaştırılmış örnekler, 185 °C ve 212 °C sıcaklıklarda 2 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem, odunun kimyasal yapısını değiştirerek sertlik değerlerinde bir

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

azalmaya yol açmıştır. Brinell sertlik testi kullanılarak yapılan ölçümlerde, yoğunlaştırma işleminin sertlik değerlerini artırırken, ısıl işlemin bu değerleri azalttığını belirlemişlerdir (Budakçı ve ark., 2016).

Çizelge 3. Kavak odununun modifikasyon türlerine göre teğet yönde sertlik değerleri (N/mm^2).

İşlem Türü	**Ortalama**	**Std. Sapma**	**Min. Değer**	**Max. Değer**	**Homojenlik**
Kavak odunu (Kontrol grubu)	27,359	3,482	16,40	35,00	B
Kavak odunu (Yoğunlaştırma)	42,462	7,848	27,80	54,10	D
Kavak odunu (Isıl İşlem)	25,359	3,482	14,40	35,00	A
Kavak odunu (İİ+YO)	36,279	6,145	24,70	47,20	C
P değeri	*p<0.001*				

Çizelge 4 incelendiğinde kavak odununun işlem türlerine göre enine yönde sertlik değerleri en yüksek yoğunlaştırma işleminde 55,41 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Enine yönde en düşük sertlik değeri ısıl işlem yönteminde 33,53 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneği ile enine yönde sertlik değerleri karşılaştırıldığında, yoğunlaştırma işlemi bu değeri % 51,53 arttırdığı, ısıl işlem bu değeri %8,29 azalttığı ve kombine işlemin %34,38 arttırdığı belirlenmiştir

Çizelge 4. Kavak odununun modifikasyon türlerine göre enine yönde sertlik değerleri (N/mm^2).

İşlem Türü	**Ortalama**	**Std. Sapma**	**Min. Değer**	**Max. Değer**	**Homojenlik**
Kavak odunu (Kontrol grubu)	36,5647	3,67307	26,70	42,70	B
Kavak odunu (Yoğunlaştırma)	55,4077	5,69407	41,00	63,20	D
Kavak odunu (Isıl İşlem)	33,5347	3,64307	23,50	42,70	A
Kavak odunu (İİ+YO)	49,1357	5,48952	39,70	60,00	C
P değeri	*p<0.001*				

Isıl işlem, her odun yönünde sertlik değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarla paralellik gösterdiği bulunmuştur (Korkut ve Budakçı, 2009; Gündüz ve ark., 2009; Akyıldız ve ark., 2009). Farklı bir çalışmada, kavak odunu örnekleri 120 °C, 160 °C ve 200 °C sıcaklıklarda 1 ve 3 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulmuş ve ardından 120 °C sıcaklıkta, 50 bar basınç altında 30 dakika süreyle yoğunlaştırılmıştır. Sonuçlar, ısıl işlem ve yoğunlaştırma işlemlerinin odunun sertlik değerlerini artırmada etkili olduğunu, ancak işlem sıcaklığı arttıkça sertlik değerlerinde bir azalma eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur (Sözbir ve ark., 2019).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

- Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, yoğunlaştırma işlemi odunun yoğunluğunu %62 artırmış, ısıl işlem ise %10,55 oranında azaltmıştır. Kombine işlem ise %40,77 artış sağlamıştır.
- Kavak odununun kütle kaybı açısından en yüksek değer kombine işlemde (%8,54) gözlenmiş; yoğunlaştırma ve ısıl işlem tek başına sırasıyla %4,8 ve %7,6 kayıp oluşturmuştur.
- Teğet yönde en yüksek sertlik değeri yoğunlaştırma işleminde (42,46 N/mm²), en düşük değer ısıl işlemde (25,36 N/mm²) tespit edilmiştir. Kontrol örneğine göre, yoğunlaştırma işlemi teğet yönde sertliği %55 artırmış, ısıl işlem %7 azaltmış ve kombine işlem %32,6 artış sağlamıştır.
- Enine yönde ise en yüksek sertlik yoğunlaştırma işleminde (55,41 N/mm²), en düşük sertlik ısıl işlemde (33,53 N/mm²) gözlenmiştir. Kontrol örneğine göre, yoğunlaştırma %51,53, ısıl işlem %8,29 ve kombine işlem %34,38 artış göstermiştir.
- Yoğunlaştırma işlemi, odunun yoğunluk ve sertlik değerlerini belirgin biçimde artırmaktadır.
- Isıl işlem, her iki odun yönünde yoğunluk ve sertlikte azalmaya neden olmaktadır.
- Kombine uygulama, yoğunlaştırmanın sağladığı avantajları kısmen korurken, ısıl işlemin etkisi nedeniyle artış oranlarını sınırlı düzeyde düşürmektedir.

Bu sonuçlar, kavak odununun mekanik ve fiziksel özelliklerinin, uygulanan işlem türü ve işlem parametrelerine bağlı olarak değiştiğini ve modifikasyon yöntemlerinin dikkatli seçilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Teşekkür: Bu bildiri, KSU-BAP birimi tarafından 2021/3-10 YLS numaralı proje ile finansal olarak desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Akyildiz, M. H., Ates, S., & Özdemir, H., Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood, African Journal of Biotechnology, 8(11), 2565–2572, 2009.

[2] Boonstra, M.J., A., two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré – Nancy, 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1, 2008.

[3] Budakci, M., Pelit, H., Sönmez, A., & Korkmaz, M., The effects of densification and heat post-treatment on hardness and morphological properties of wood materials, *BioResources*, *11*(3), 7822-7838, 2016.

[4] Cai, J., Yang, X., Cai, L., & Shi, S. Q. Impact of the combination of densification and thermal modification on dimensional stability and hardness of poplar lumber. *Drying Technology*, *31*(13-14), 1561–1569, 2013.

[5] Düzkale Sözbir, G., & Bektaş, İ., Kavak odununun fiziksel özellikleri üzerine ısıl modifikasyon ve yoğunlaştırma işlemlerinin etkisi, *Drvna Industrija, 68*(4), 315–321, 2017.

[6] Gündüz, G.; Korkut, S.; Aydemir, D.; Bekar, I., The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (Carpinus betulus L.) wood, Maderas-Cienc Tecnol., 11(1): 61-70, 2009.

[7] Korkut, S, Budakçı, M., Effect of high-temperature treatment on the mechanical properties of rowan (Sorbus aucuparia L.) wood, Drying Technology, 27, 1240-1247, 2009.

[8] Kozakiewicz, P., Dziurka, D., Górska, B., & Mirski, R. Chemical composition and factors affecting mechanical properties of thermally modified poplar wood, *BioResources, 15*(2), 3915–3931, 2020.

[9] Rusche, H., Thermal degradation of wood at temperatures up to 200 ºC, Part I, strength of dried wood after heat treatment. Holz Roh-u, Werkstoff, Vol: 31, Pp: 273-281, 1973.

[10] Sözbir, G. D., Bektaş, İ., & Kılıç Ak, A. Influence of combined heat treatment and densification on mechanical properties of poplar wood, *Maderas. Ciencia y Tecnología, 21*(4), 481–492, 2019.

[11] TS 2479, Odunun statik sertliğinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1976.

[12] Vital, B, R., Lucia, R, M, D., Effect of heating on some properties of Eacalyptus Saligna wood. Revista-Arvore, Vol: 7(2), Pp:136-146, 1983.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNİN PLAZMA KESİM İLE KESİLMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONUNUN KERF BOŞLUĞUNA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Enes Yüksel
Düzce Üniversitesi
ensyksl7@gmail.com- 0009-0005-2140-4199

Doç. Dr. Onur ÖZBEK
Düzce Üniversitesi
onurozbek@duzce.edu.tr- 0000-0002-8372-3487

ÖZET

Hız faktörü, metal imalat sektöründe kritik bir öneme sahiptir. İmalatın sürekliliğini sağlayan en önemli aşamalardan biri olan malzeme kesme süreci, özellikle hız açısından belirleyici bir rol oynar. Plazma kesme işleminin hızlı ve hatasız ürün üretmesi, izleyen imalat adımlarının verimliliğini doğrudan artırmaktadır. Plazma kesim kalitesi; kerf genişliği ve yüzey kalitesi gibi çıktılar üzerinden değerlendirilmektedir. Bu çalışma, AISI 304 paslanmaz çeliğin plazma kesiminde kerf genişliğine etki eden parametrelerin incelenmesine odaklanmıştır. Deneysel çalışmalar, Taguchi L27 ortogonal deney tasarımı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarım kapsamında üç farklı faktör ve her bir faktör için üç seviye belirlenmiştir. Bu faktörler; iş parçası kalınlığı, akım şiddeti ve kesme hızıdır. Deney parametrelerinin kerf genişliği üzerindeki etkisi, ANOVA ile desteklenen ana etki grafiklerinden yararlanılarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI 304 paslanmaz çelik, Plazma kesim, Optimizasyon, Kerf boşluğu

1. GİRİŞ

Plazma kesim yöntemi, imalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, elektrik iletkenliğine sahip metallerin kesiminde uygulanan temel bir termal kesme yöntemidir [1]. Plazma, maddenin katı, sıvı ve gaz halinden sonra gelen dördüncü hali olarak kabul edilir. Plazma, serbest halde gezinen elektronlardan ve elektronlarını kaybetmiş atomlardan (iyonlardan) oluşan, eşit miktarda pozitif ve negatif yük içeren bir karışımdır [2]. Malzeme üzerine verilen yüksek akım sayesinde malzemenin

plazma haline geçmesi sağlanır. Böylece kesim işlemi malzeme üzerinde boşluk oluşturmak suretiyle yapılabilmektedir. Kesme boşluğu yani kerf boşluğu yada kısaca sadece kerf, endüstriyel kesme yöntemlerinde (Plazma kesim, lazer kesim ve aşındırıcı su jeti) bir kesme işleminin geometrik kalitesini ve boyut hassasiyetini tanımlayan kritik bir parametredir [3][4]. Kerf boşluğu teknik olarak kesim sonucunda malzemede oluşan yarığın (çentiğin) genişliği olarak adlandırılır. Minimal boşluğu elde etmek tüm kesme işlemleri için bir kalite göstergesidir[3] . Kerf genişliği kesilen kanalın geometrisi ile karakterize edilir. Özellikle termal kesimlerde (plazma, lazer) kerfin üst ve alt yüzeylerinde farklılık görülebilir [5]. Bu farklılık kerfin üst ve alt yüzeylerinin ölçülerinde farklılık olarak ortaya çıkar. Kerf boşluğu düz bir geometri oluşturmaz. Şekil daha çok koniye benzer [6]. Üstte oluşan kısma üst kerf altta oluşan boşluğa literatürde alt kerf denildiği görülmektedir [7]. Bu iki yüzey arasında oluşan açıya da kerf açısı denilmektedir [8]. Plazma kesim işleminde kesme parametrelerinin değişimi kerf için bahsedilen bu özelliklerin değişimine neden olmaktadır. Böylece kesme yüzey kalitesi ve ölçü tamlığı değişmektedir. Literatür incelendiğinde plazma ile kesim işlemlerinde örneğin yavaş kesimlerde, plazma arkının erittiği bölgeden hemen uzaklaşamadığı için kerf değerinin arttığı ve bunun geriye doğru eğimli kesme çizgileri oluşturduğu bildirilmiştir [9]. Kesme hızının artmasıyla kesme genişliği azalır [10].

Bu çalışmada plazma kesim yöntemine etki eden kesme parametrelerinden iş parçası malzemesi, akım şiddeti ve kesme hızının değişiminin kerf boşluğuna etkisi araştırılmıştır. Taguchi yöntemi ile seçilen parametreler üzerinden optimum kesme parametresi belirlenmiştir. Ayrıca kesme parametrelerinin etki düzeyi ANOVA yöntemi ile analiz edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada iş parçası malzemesi olarak endüstride geniş kullanım alanı olan AISI 304 östenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. İş parçasının kimyasal bileşimi Çizelge 2.1.'de mekanik özellikleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. AISI304 Paslanmaz çelik numunelere göre numaralandırma [matweb].

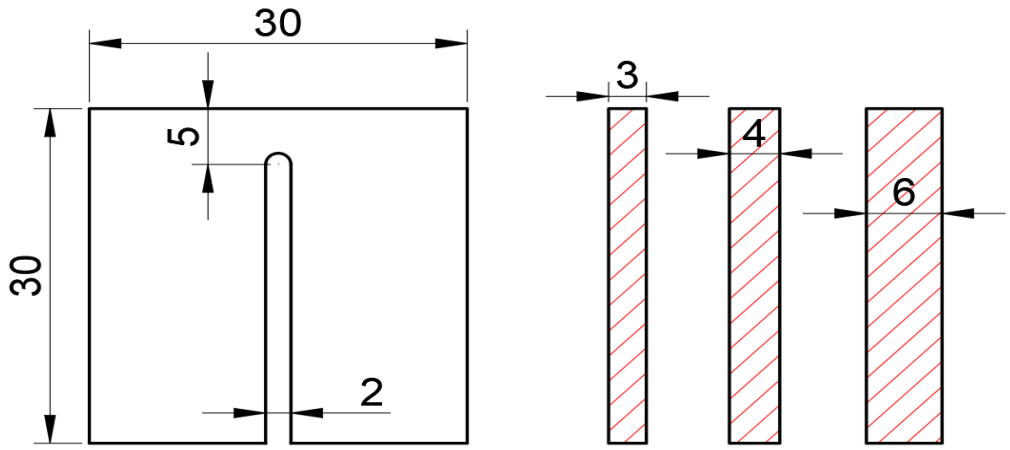
Kalite	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Ni
304	0,08	2	1	0,045	0,03	18	10,05

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 2.2.Numune olarak kullanılan AISI 304 paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri

Sertlik (HB)	Kopma Dayanımı (MPa)	Akma Sınırı (MPa)	Erime Sıcaklığı (°C)	Elastisite Modülü (Gpa)
123	505	215	1455	193

Deneysel çalışma için Taguchi L27 deney tasarımına göre üç farklı iş parçası kalınlığı belirlenmiştir. 3,4 ve 6 mm kalınlıklarında 200x200 mm ebatlarında malzeme tedarik edilmiştir. Bu malzemeler 30x30 mm ebatlarında plazma kesim tezgahında deney numunesi haline getirilmiştir. Her bir deney numunesi üzerinde plazma kesme tezgâhı ile 25 mm uzunluğunda deney tasarımına uygun kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Numunelerin boyutları ve kesim ölçüleri Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 0.1. AISI304 Paslanmaz çelik numune ve kesme işleminin ölçüleri.

Bu çalışmasında plazma kesim işlemi için deney parametreleri L27 Taguchi ortogonal deney dizilimine göre yapılmıştır. Deneyler için Taguchi L_{27} deney tasarımına uygun üç faktör ve her bir faktör içinde üç farklı parametre belirlenmiştir. Belirlenen bu deney parametreleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Deney parametreleri

Faktörler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Parça Kalınlığı (mm)	3	4	6
Akım Şiddeti (A)	45	80	130
Kesme Hızı (mm/min)	1600	2000	2400

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Deney parametrelerinin yer aldığı Taguchi L_{27} deney tasarımına göre hazırlanan deney listesi Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Taguchi L_{27}'ye göre deney parametreleri

Deney No	**Parça Kalınlığı (mm)**	**Akım Şiddeti (I)**	**Kesme Hızı (mm/min)**	**Deney No**	**Parça Kalınlığı (mm)**	**Akım Şiddeti (I)**	**Kesme Hızı (mm/min)**
1	3	45	1600	**15**	4	80	2400
2	3	45	2000	**16**	4	130	1600
3	3	45	2400	**17**	4	130	2000
4	3	80	1600	**18**	4	130	2400
5	3	80	2000	**19**	6	45	1600
6	3	80	2400	**20**	6	45	2000
7	3	130	1600	**21**	6	45	2400
8	3	130	2000	**22**	6	80	1600
9	3	130	2400	**23**	6	80	2000
10	4	45	1600	**24**	6	80	2400
11	4	45	2000	**25**	6	130	1600
12	4	45	2400	**26**	6	130	2000
13	4	80	1600	**27**	6	130	2400
14	4	80	2000				

Deney tasarımına göre hazırlanmış numuneler, üç farklı değişken ve üç farklı faktöre göre AJAN CNC Plazma kesim tezgâhı kullanılarak kesilmiştir. (Şekil 2.2.)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Şekil 0.3. AJAN CNC Plazma kesim tezgahı[21].

Deneyler 30x30mm olan kare malzemenin bir kenarının ortasından, o kenara 5mm boşluk bırakılarak karşı kenar yönünde düz bir kesme işlemi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonrasında kerf boşluklarının ölçümü için Şekil 2.5.'de görülen Dino Lite mikroskop kullanılmıştır.

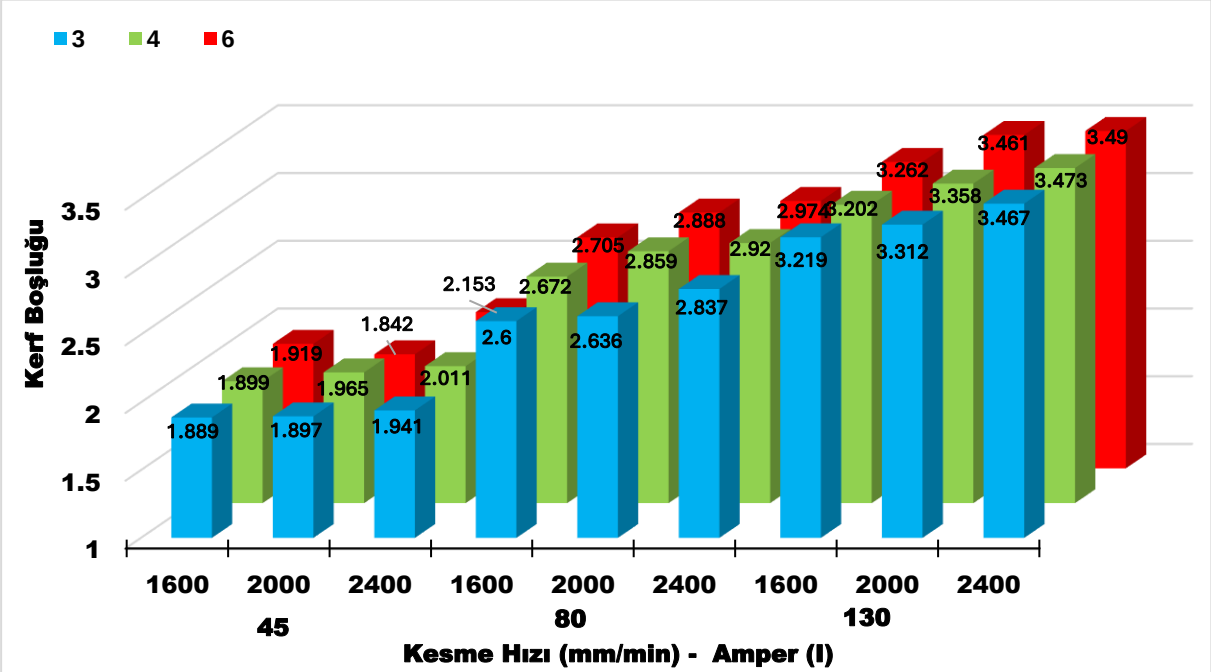
Şekil 0.5. Dino Lite makro mikroskop [https://www.pepleroptics.com/dino-lite]

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Taguchi L_{27} ortogonal deney tasarımı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde, üç farklı faktör belirlenmiştir. Bu faktörler iş parçası kalınlığı, kesme hızı ve akım şiddetidir. İş parçası olarak 3, 4 ve 6 mm kalınlığında iş parçası kullanılmıştır. Kesme hızı olarak 1600, 2000 ve 2400 mm / dak., akım şiddeti için de cihazın izin verdiği değerler arasından 45, 80 ve 130 amper seçilmiştir. Plazma kesim işlemi sonrası oluşan kerf boşluğu tüm numuneler için makro

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

mikroskop yardımıyla ölçülmüştür. Şekil 3.1.'de ölçülen kerf değerlerinin bu parametrelere göre değişimi görülmektedir. Kesme hızının, amperin ve iş parçası kalınlığının artması ile kerf boşluğunun arttığı görülmektedir. Ancak iş paçası kalınlığı ile kesme hızındaki artışın neden olduğu kerf boşluğu amper artışının yanında düşük kalmaktadır.



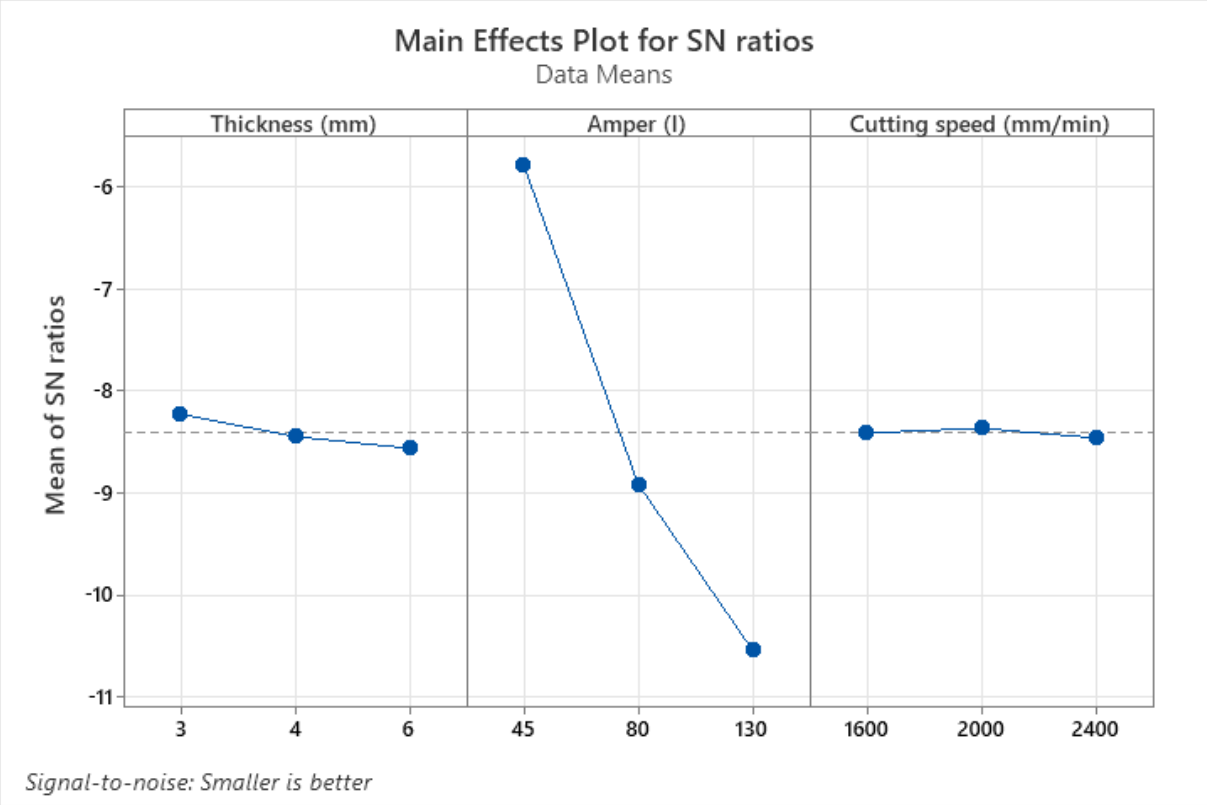
Şekil 3.1. Kerf boşluğunun değişimi

Kesim işlemlerinde kerf boşluğunun küçük olması istendiğinden bu çalışmada da eşitlik 1'de görülen "en küçük en iyi" seçeneği tercih edilmiştir.

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} {y_i}^2\right) \qquad (1)$$

En büyük S/N değerleri iş parçası kalınlığı için 3 mm'de elde edilmiştir. Amper için de en düşük amper değeri olan 45 de en yüksek S/N değerleri elde edilmiştir. Kesme hızında ise en iyi değer 2000 mm/min değerinde elde edilmiştir. Böylece en iyi kerf değerleri için parametrelerin 3 mm iş parçası kalınlığında 45 Amper ile 2000 mm/min ile elde edilebileceği söylenebilir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Kerf boşluğu üzerine faktörlerin etki düzeylerini belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.2 de verilmiştir. Tabloda bu analizin % 93.2 güvenilirlik seviyesinde yapıldığı görülmektedir. Kerf boşluğunu en çok etkileyen paramertenin %92.3 ile amper olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarakta yüksek amperin iş parçasında yüksek ısı oluşturduğu ve malzemenin hızlı erimesi neticesind büyük ve düzensiz boşlukların oluştuğu düşünülmektedir.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Thickness (mm)	1	0.04063	0.04063	1.37	0.254
Amper (I)	1	8.70934	8.70934	293.77	0.000
Cutting speed (mm/min)	1	0.00007	0.00007	0.00	0.961
Error	23	0.68189	0.02965		
Lack-of-Fit	5	0.41854	0.08371	5.72	0.002
Pure Error	18	0.26335	0.01463		
Total	26	9.43193			

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI 304 paslanmaz çeliğin plazma ile kesimi gerçekleştirilmiştir. Taguchi L_{27} ortogonal deney tasarımı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde, üç farklı faktör belirlenmiştir. Bu faktörler iş parçası kalınlığı, kesme hızı ve akım şiddetidir. İş parçası olarak 3, 4 ve 6 mm kalınlığında iş parçası kullanılmıştır. Kesme hızı olarak 1600, 2000 ve 2400

mm/dak., akım şiddeti için de cihazın izin verdiği değerler arasından 45, 80 ve 130 amper seçilmiştir. Yapılan 27 deney sonucunda deneysel ve analitik optimum kerf boşluğu elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda;

- En düşük kerf boşluğu için en düşük iş parçası kalınlığı olan 3 mm, en düşük amper olan 45 Amperin ve kesme hızı için ikinci seviye olan 2000 mm/dak nın optimum parametreler olduğu bulunmuştur.
- Kerf boşluğu üzerine etki eden en önemli parametrenin %92.3 gibi büyük bir oranla amper değeri olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] M. R. METLİOĞLU, 'Yüksek Aşınma Direncine Sahip (Hardox 400) Çelik Malzemenin Plazma Ark Yöntemi İle Kesilmesinde Kesme Parametrelerinin İncelenmesi', Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2012.

[2] V. AKŞAHİN, 'Fe37 (St 37) İle 316 Paslanmaz Çeliğin Oksi-Gaz ve Modern Kesme Yöntemleriyle Kesilmesinde İşlem Parametrelerinin Etkileri', Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

[3] A. K. Dubey and V. Yadava, 'Optimization of kerf quality during pulsed laser cutting of aluminium alloy sheet', *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 204, no. 1–3, pp. 412–418, 2008, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.11.048.

[4] I. Journal, E. Science, M. Engineering, M. Engineering, and C. Author, 'Parametric investigation in co2 laser cutting Quality of hardox-400 materials', vol. 3, no. 7, pp. 5979–5984.

[5] G. AYDIN, İ. KARAKURT, and K. AYDINER, 'Aşındırıcı su jeti ile kesmede çalışma parametrelerinin granit kerf açısına etkisinin araştırılması', *Bilim. Madencilik Derg.*, vol. 49, no. 2, pp. 17–26, 2010.

[6] V. R. Gondalia and A. K. Sharma, 'Parametric Investigation and Optimization of Co2 Laser Cutting process used for Cutting Hardox-400 materials', *Int. J. Sci. Eng. Appl.*, vol. 02, no. 06, pp. 123–129, 2013, doi: 10.7753/ijsea0206.1003.

[7] K. Vatsal and A. M. Varsi, 'Experimental and Statistical Analysis of Kerf Taper during CO 2 Laser Machining of Cylindrical Blind Pocket-Technical Paper', pp. 4178–4189, 2019, doi: 10.15680/IJIRSET.2019.0804095.

[8] M. Ay, F. Yücelişli, F. Üniversitesi, T. Fakültesi, and M. Bölümü, 'Ti-6Al-4V

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Alaşımının Fiber Lazer ile Kesilmesinde İşlem Parametrelerinin Kesim Kalitesine Etkisinin Araştırılması', *Fırat Üniv. Müh. Bil. Derg. Sci. Eng. J Fırat Univ*, vol. 30, no. 2, pp. 215–223, 2018.

[9] A. E. Kutlu, M. Monno, and R. Bini, 'PLAZMA İLE KESME METODUNA GENEL BİR BAKIŞ', *Mühendis ve Makina*, vol. 46, no. 541, pp. 21–29, 2005.

[10] H. Kiliç and O. Çakir, 'Plazma ile kesim sistemi', 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi 2012, pp. 586–599.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

YUMURTA KABUĞU İLAVELİ KUŞE SOLÜSYONLARININ FARKLI KÂĞITLARIN YÜZEY EMİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Orman Endüstrisi Mühendisi, Bekir Bora KESER
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi,
keser.bora@yandex.com
ORCID: 0009-0007-8855-9747
Doç. Dr. Merve ENGİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi,
merve.engin.demirok@ikcu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-2298-4031

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, biyobozunur bir atık malzeme olan yumurta kabuğunun, nişasta ve jelatin bazlı kuşe solüsyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle kâğıt yüzeylerinin su (hidrofobik) ve yağ (oleofobik) emicilik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Farklı konsantrasyonlarda (%5, %10, %15, %20) hazırlanan yumurta kabuğu ilaveli solüsyonlar, kraft, fotokopi, pişirme, çimento kraft ve şamua kâğıtları olmak üzere beş farklı baz kâğıda uygulanmıştır. Kaplama öncesi ve sonrasında $Cobb_{60}$ testi ile kâğıtların su ve yağ emicilik değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar, %10 konsantrasyondaki kuşe solüsyonunun tüm kâğıt türlerinde hidrofobik karakteri en verimli şekilde artırdığını göstermiştir. Oleofobik karakterde ise, Şamua kâğıdı hariç tüm kaplanmış numunelerde genel bir iyileşme gözlemlenmiştir. Bu bulgular, yumurta kabuğu atığının sürdürülebilir ve etkili bir kuşe malzemesi olarak endüstriyel potansiyelini desteklemektedir

Anahtar Kelimeler: Yumurta kabuğu, biyobozunur kuşe boyası, Kâğıt yüzey emiciliği, $Cobb_{60}$ testi.

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, bu nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretilen malzemelere olan talep de önemli ölçüde artmıştır. Artan üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda, iklim değişikliği, enerji ve kaynak verimliliği ile atık yönetimi gibi konular küresel ölçekte çözüm bulunması gereken temel çevresel sorunlar haline gelmiştir. Bu

nedenle, yenilenebilir, çevre dostu ve sürdürülebilir kaynakların kullanımı her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu bağlamda, insanlık tarihinin en eski ve en yaygın bilgi taşıyıcılarından biri olan kâğıt, sürdürülebilir üretim anlayışının da önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Tarihsel olarak kâğıdın ilk kez M.Ö. 25–220 yılları arasında Cai Lun tarafından papirüs formunda üretildiği ve kullanıldığı bilinmektedir. Papirüs bitkisinin (*Cyperus papyrus*) dış kabuğunun soyulması, içteki beyaz lifli kısmın sulandırılarak bir elek üzerine serilmesi ve kaynatılmasıyla elde edilen bu malzeme, kâğıt üretiminin temelini oluşturmuştur (Bagnall, 1998). Kâğıt üretiminin esasını lif yapısı oluşturmaktadır. Lif, üretilecek kâğıdın türüne göre değişiklik göstermektedir. Primer lifler, hiç kullanılmamış, işlem görmemiş ve geri dönüştürülmemiş lifler olup genellikle tomruklardan elde edilmektedir (Hamad, 1994). Ancak günümüzde doğal kaynakların azalması ve kâğıt talebinin artması, lignoselülozik (odun dışı) liflerin doğrudan üretimde kullanılmasını gerekli kılmıştır (Bates vd., 2020). Bu duruma karşılık, sekonder lifler ise kullanılmış kâğıt, karton ve benzeri ürünlerin geri dönüşümüyle elde edilen lif türlerine verilen genel bir isimdir (Brian H., 2013).

Kâğıt malzeme ister primer lif ile üretilmiş olsun ister sekonder, kullanım amacına bağlı olarak belirli fiziksel ve kimyasal özellikler göstermesi beklenmektedir. Bu özelliklerin geliştirilmesi amacıyla kâğıt yüzeylerine çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Kuşeleme ve kalenderleme gibi kaplama işlemleri, kâğıdın yüzey pürüzlülüğünü, parlaklığını, emiciliğini ve mekanik dayanımını, ürünün performansını ve estetik özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir(Kim vd.2022).

Son yıllarda, kâğıt bazlı malzemelerin performansını artırmaya yönelik olarak biyobozunur kuşe boyaları ve türevlerinin kaplanmasıyla ilgili çeşitli yüzey modifikasyon teknikleri ve kaplama uygulamaları üzerine yoğun araştırmalar yürütülmektedir. Bu bağlamda, yumurta kabuğu atıkları da farklı tür ve amaçlarda değerlendirilmiş olup, fosil kaynaklara alternatif bir biyobozunur dolgu ve katkı malzemesi olarak özellikle ambalaj sektöründe kullanım potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir (Gacem vd. 2025). Bu duruma ek olarak literatürde, yumurta kabuğu atığının kâğıt üretiminde ve yüzey kaplama uygulamalarında kullanılabilirliğini ortaya koyan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tutuş vd. (2020), yumurta kabuğunda doğal olarak bulunan kalsiyum karbonat (PCC) yapısının kâğıt üretiminde dolgu maddesi olarak değerlendirilmesini incelemiş ve bu uygulamanın, konvansiyonel fotokopi kâğıtlarına kıyasla daha parlak ve daha pürüzsüz yüzey özelliklerine sahip kâğıtların elde

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

edildiğini bildirmiştir. Ayrıca, mekanik özelliklerde de belirli oranlarda iyileşmeler gözlemlendiği ifade edilmiştir.

Benzer şekilde, Kim ve ekibi (Kim vd., 2022) yaptıkları çalışmada selüloz nanofibrilleri (CNF) kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ile birleştirerek fibril-kalsiyum karbonat kompoziti (FCC) elde etmiş ve bu malzemeyi fotokopi kâğıtlarının yüzeyine kuşe kaplama olarak uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, FCC ile kaplanan kâğıtların kontrol örneklerine göre daha az kalenderleme işlemine ihtiyaç duyduğu ve bu sayede üretim sürecinde hammadde tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir.

Başka bir çalışma (Kóczán ve Pásztory, 2024) ise kitosan (Ch) ile yumurta kabuğu tozunu bir arada kullanarak farklı kâğıt türleri üzerinde bariyer performanslarını değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar, kitosan ve yumurta kabuğu ile takviye edilmiş kâğıtların su buharı ve yağ geçirgenliği açısından iyileşmiş bariyer özellikleri sergilediğini göstermiştir. Yumurta kabuğu içerikli kalsiyum karbonat (ECC) pigmenti kullanılarak kâğıt yüzeyine yapılan kuşe kaplama işlemi sonucunda, kaplanan kâğıtların optik özelliklerinde belirgin gelişmeler gözlemlenmiştir (Yoo vd., 2019). Literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde, yumurta kabuğu atığının farklı biçimlerde işlenerek hem kâğıt hamuru içinde dolgu maddesi hem de yüzey kaplama ajanı olarak kullanılmasının; kâğıtların optik, mekanik ve bariyer özelliklerinde kayda değer iyileşmeler sağlayabildiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, yumurta kabuğunun kâğıt yüzey özelliklerini iyileştirmede dolgu ve kaplama malzemesi olarak potansiyelini araştırmaktır. Çalışmanın özgünlüğü ise, yumurta kabuğunu metal korozif maddeler veya polipropilen gibi farklı malzemeler yerine, doğrudan kâğıt üzerinde değerlendirmesinden ve bu amaçla nişasta-jelatin matriksli, çeşitli çözücüler içeren ve farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış kuşe boyası formülasyonlarını kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, literatürdeki mevcut $CaCO_3$ ve yumurta kabuğu çalışmalarından ayrılarak, biyobozunur bu malzemenin kâğıt endüstrisindeki kullanımına yenilikçi bir bakış açısı sunmaktadır. Literatürde mevcut çalışmalar, yumurta kabuğunun kâğıt yüzeyinde parlaklık, pürüzsüzlük ve baskı kalitesini artırdığını; HCl'nin ise hidrofobik özellikleri ve biyobozunurluk oranını yükselttiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgulardan hareketle, bu çalışmada nişasta-jelatin matriksine çözücü olarak HCl asidi eklenmiş ve farklı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

baz kâğıt türleri üzerine uygulanan yumurta kabuğu içerikli kuşe boyalarının, kâğıdın su ve yağ emicilik performansı üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Kuşe Çözeltisinin İçeriği ve Hazırlanması

Kuşe boyası formülasyonunda patates nişastası (N), sığır jelatini (J), toz yumurta kabuğu ve distile su kullanılmıştır. Çözücü fazda ise yumurta kabuğunda bulunan kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) çözünerek matriks içerisinde dağılmasını sağlamak amacıyla Hidroklorik asit (HCl) tercih edilmiştir.

2.1.1 Yumurta Kabuğu İçeriğinin Hazırlanması

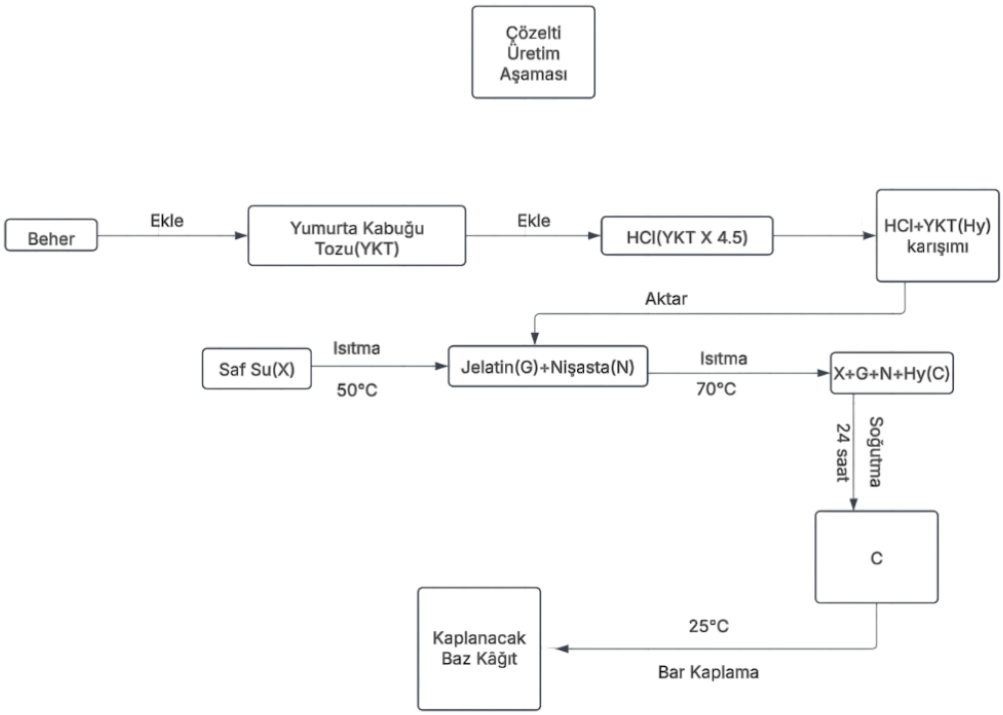
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi kampüsü çevresinde toplanan yumurta kabukları manuel bir el tipi öğütme cihazı kullanılarak yumurta kabuğu tozu haline getirilmiş ve yumurta kabuğu zarından ayrılmadan kullanılmıştır.

2.1.2 Çözeltinin Hazırlanması

Sadece Nişasta(N) ve JN (jelatin +nişasta) içeren çözeltiler dışındaki (HCl asit ilaveli) olan çözeltiler iki ayrı beherde hazırlanmıştır. Bir beherde distile su 50 °C dereceye kadar ısıtılmış, bu sırada ısıtma işlemi devam ederken diğer beherde yumurta kabuğu üzerine kütlesinin 4,5 katı hacminde 0.3 M derişimlik HCl ilave edilmiştir. Çözelti içerisinde çökmüş olan katı CaCO3 maddesi HCl ile $CaCl_2$ tuzuna dönüşmüş ve su içerisinde dağılması sağlanmıştır. 50 °C dereceye kadar ısıtılmış olan distile suya ilk nişasta, sonrasında CaCl2 en son jelatin eklenerek karıştırılmış ve oluşan çözelti 70 °C dereceye kadar ısıtılmıştır. Daha sonrasında çözelti ısıtma işlemine son verilerek, 24 saat oda sıcaklığında (21 ±1 °C) soğumaya bırakılmıştır. Çözeltilerden bahsedilirken N çözeltisi (yalnızca nişasta), JN çözeltisi (Jelatin+Nişasta) içerikli çözeltileri işaret ederken Y1(yüzde 1), Y2(yüzde 2), Y5(yüzde 5), Y10(yüzde 10), Y15(yüzde 15) no'lu çözeltilerde jelatin ve nişasta içeriğinin yanına ilave olarak YKT+HCL (toz yumurta kabuğu ve Hidroklorik asit) materyalleri de kullanılmıştır. Çözelti içerikleri ve numaraları Tablo 1'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.1.3 Çözelti Hazırlama Aşaması:



Görsel 1: Çözeltiler için iş akış şeması

Tablo 1: Çözelti İçerikleri (%)

Çözelti No	Saf Su	Yumurta Kabuğu Tozu+HCl(s)	Jelatin	Nişasta	Çözelti İsmi
1	98	-	-	2	N
2	96	-	2	2	JN
3*	95	1	2	2	Y1
4*	94	2	2	2	Y2
5*	91	5	2	2	Y5
6*	86	10	2	2	Y10
7*	81	15	2	2	Y15

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.2 Kâğıt Malzeme için Yoğunluk ve Gramaj Tayini

Numunelerde gramaj testi TS EN ISO 536 standardına göre yapılmış olup formülü *Denklem 1'de* verilmiştir.

$$\mathrm{GSM}\left(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^2}\right) = \frac{\mathrm{W} \times 10000}{\mathrm{L} \times \mathrm{w}} \text{ X } 100$$

Denklem 1: Kâğıdın gramaj değerinin hesaplanmasında kullanılan formül (Formül'de W=ağırlığı L=uzunluğu ve w=genişliği temsil etmektedir. L ve w' deki değerler mm cinsinden hesaplanmaktadır.)

Yoğunluk tayini için EN ISO 534 standardı uygulanmıştır. Standartta kullanılan formül *Denklem 2'de* belirtilmiştir.

$$PD\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{L \times w \times GSM}{10.000}$$

Denklem 2: Kâğıt yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan formül. (Formül'de L=uzunluğu , w=genişliği , GSM=gramajı , PD ise yoğunluğu temsil etmektedir.)

(Not: Denklem 3'de verilen formüldeki L ve w bilinmeyenleri cm cinsinden GSM'i gr/cm3 birimi alınarak hesaplanmıştır)

2.3 Cobb$_{60}$ Testi

Numunelere uygulanmış olan su direnci testi Cobb$_{60}$ (ISO 535) testini ifade etmektedir. Cobb$_{60}$ testinde numunenin su emme direncinin hesaplandığı formül *Denklem 3'te* verilmiştir.

$$Cobb60 = (F_m - I_m) \times 100$$

Denklem 3: Cobb$_{60}$ test sonuçlarının belirlenmesinde kullanılan formül

F_m=Son ağırlık (ıslak), I_m=İlk ağırlık (kuru)

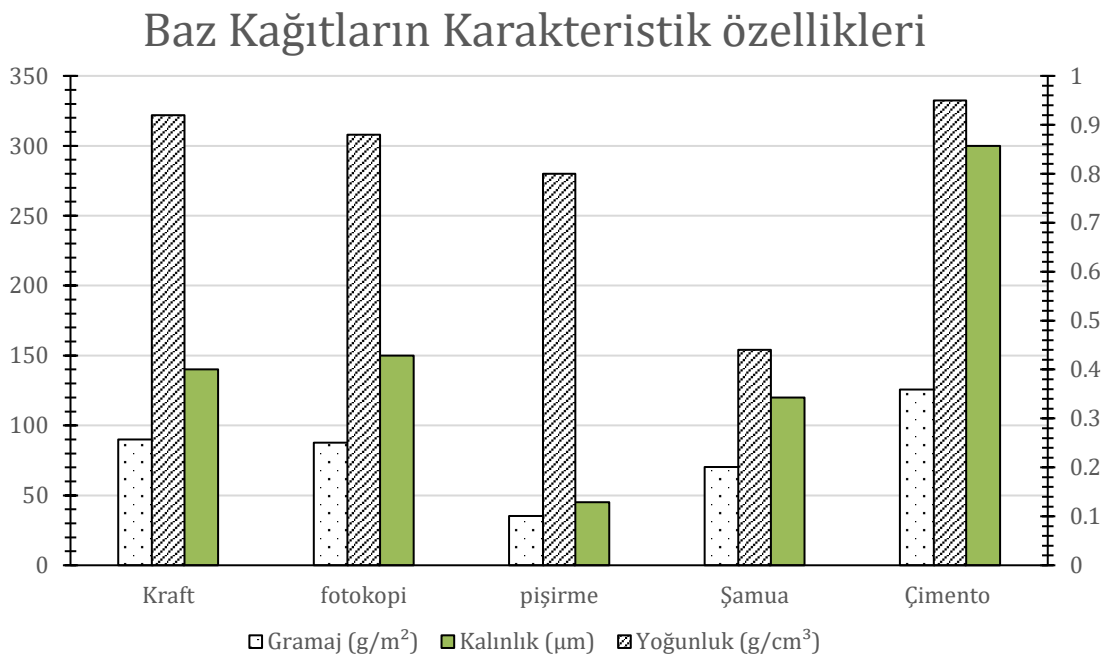
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Baz kâğıtların üzerine uygulanan kuşe boyasının yüzey emiciliği üzerindeki etkisini incelemek için yapılan bu test her numunede en az üç tekrar olacak şekilde uygulanmış ve sonuçları sonuç bölümünde verilmiştir.

2.4 Baz Kâğıtlara Kuşe Boyasının Uygulanması

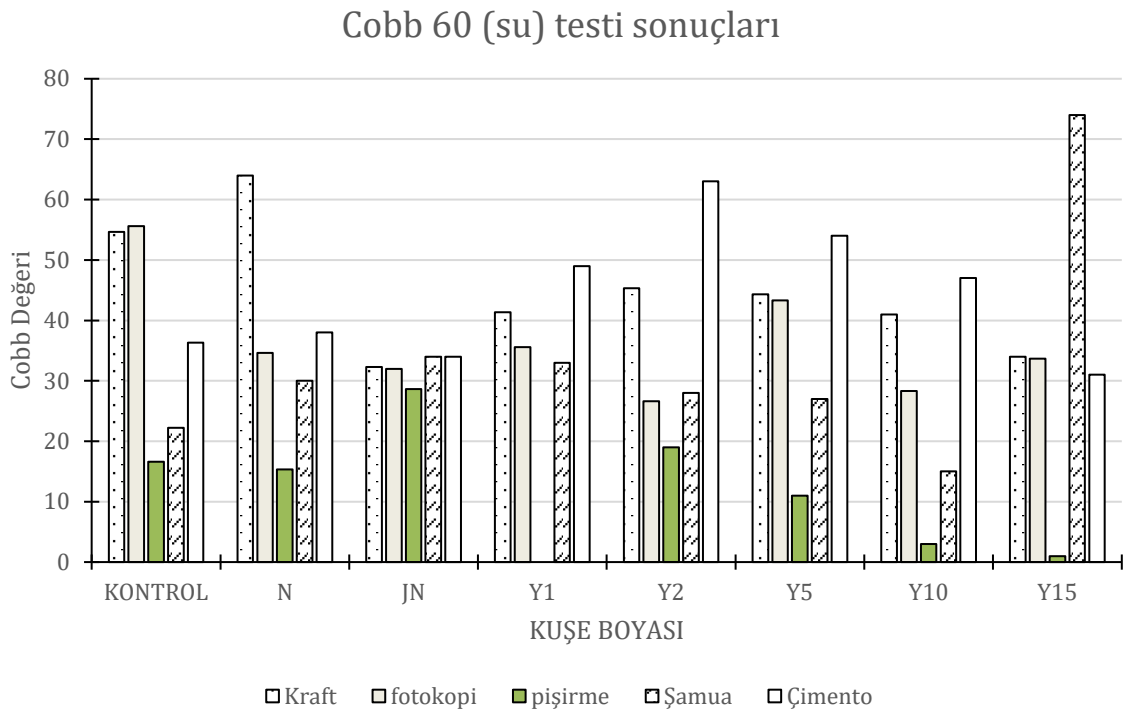
24 saat oda koşullarında saklanan çözeltiler termometre ile ölçümü gerçekleştirildikten sonra 25 °C derece sıcaklıkta çubuk (bar) metodu kullanılarak baz kâğıt yüzeyine uygulanmıştır. Baz kâğıtların 2 yüzünün kuşelenmesi için; kuşeleme işlemi yapılan her bir yüz için kaplama sonrası bir gün oda koşullarında (21 ±1 °C derece) kuşe boyasının kuruması için bekletilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

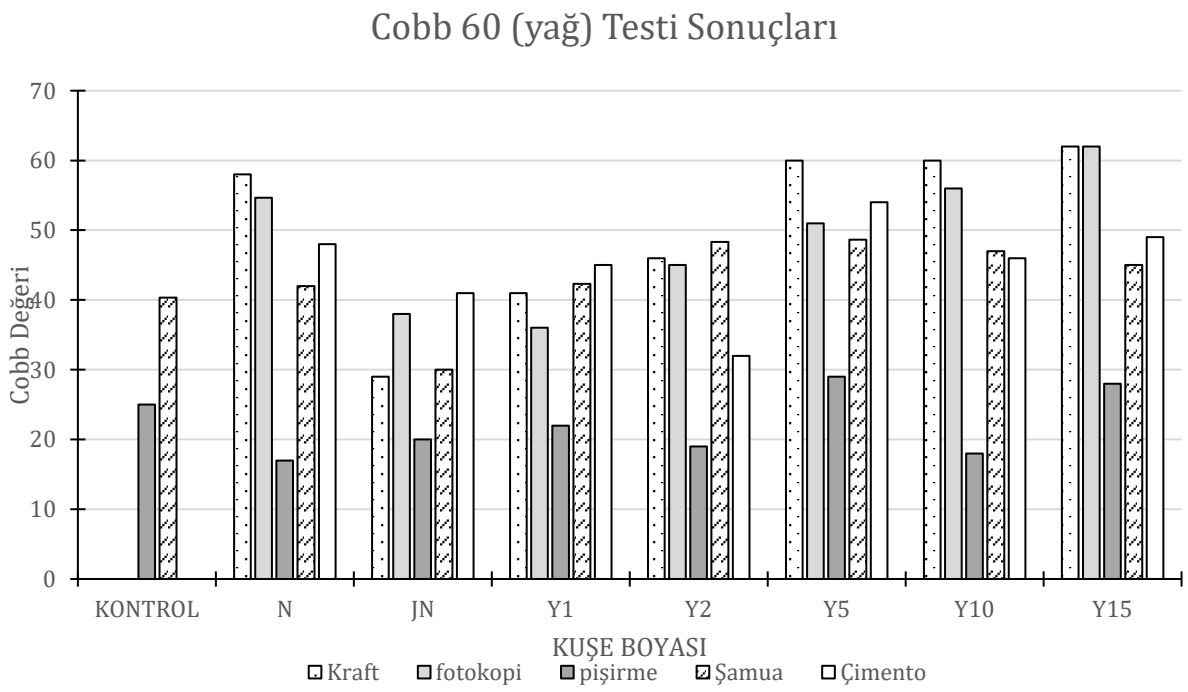


Görsel 3:Baz kâğıtların karakteristik özellikleri

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 3: Baz kâğıtlarda $Cobb_{60}$ su testi sonuçları



Görsel 4: Baz Kâğıtlarda $Cobb_{60}$ Yağ testi sonuçları

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Görsel 3'te görüldüğü üzere biyobozunur kuşe boyası ile yapılan işlem sonrası hidrofobiye karşı katkı eklenmiş numuneler dışındaki tüm katkısız baz kâğıtlarda hidrofobik karakterin artış gösterdiği görülmektedir. Şamua ve Çimento Kraft kâğıtlarında yapılan çalışmalarda kaplama sonrası artış görülmesinin sebebi nişasta ve jelatin biyopolimerlerinin hidrofobik bölgelerde penetrasyona sebep olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda bilinen üzere Çimento kraft kâğıtları normal kraft kâğıtlarından farklı olarak 2 veya 3 katmanlı olarak üretilmekte ve 2.ve 3. Katmanları PE, PS(URL1) gibi su itici (hidrofobik) ve sülfat gibi asitlere karşı dayanıklı olması istenmektedir. Şamua kâğıdı, kullanım alanları bakımından değerlendirildiğinde; ebru sanatı, dini içerikli yazmalar ve özel baskı amaçlı, düşük gramaj gerektiren kâğıt türleri gibi çeşitli alanlarda tercih edilmektedir. Her iki baz kâğıt türü de işlevsel olarak değerlendirildiğinde, üretim süreçlerinde anti-aşındırıcı ajanlar ve mürekkep tutucu bileşenler gibi katkı maddelerinin eklenmesinin kaçınılmaz olduğu bilinmektedir. Bu doğrultuda, baz kâğıtların yapısında yer alan hidrofobik katkı maddeleri ile kaplama çözeltisinde kullanılan katkıların birbiriyle etkileşerek ters yönde etkiler oluşturduğu belirtilebilir. Bununla birlikte, Görsel 4 incelendiğinde aynı durumun oleofobik (yağ itici) davranış açısından geçerli olmadığı görülmektedir. Kaplama işlemi sonrasında, Şamua (Ş) baz kâğıdı dışında kalan tüm baz kâğıt türlerinde oleofobik özelliklerin belirgin biçimde arttığı tespit edilmiştir.

Baz kâğıt yüzeyine uygulanan kuşe çözeltisinde $CaCO_3$ çökmediği için çözücü fazında HCl ile çözücüsü $CaCl_2$ olarak değiştirilmiştir. Çözelti üretim aşamasında ve sonrasında herhangi bir doğaya zarar verecek kimyasal kullanılmamıştır.

3.TARTIŞMA

Ölçümü yapılan baz kâğıtlarda; gramaj olarak yapısı gereği çok katmanlı olması ve kimyasallara dayanıklı olması istendiğinden; en yoğun baz kâğıt türü çimento kraft kâğıdı olmuştur. Bu baz kâğıdı takiben kraft kâğıdı, fotokopi kâğıdı, şamua kâğıt ve en hafif pişirme kâğıdı denk gelmektedir. Baz kâğıtların gramaj kıyaslaması göz önünde bulundurulduğunda; yoğunluk ve kalınlık değerleri için sıralama gramaj değerlerini desteklemektedir.

$Cobb_{60}$ testlerinde Şamua ve Çimento Kraft kâğıtlarında gözüken hidrofilik artışlar için %5 lik çözeltiler ve üzerindeki HCl oranları düşünüldüğünde yapılan çalışmalar göstermektedir ki HCl

asidi süperhidrofobik materyallerde dahi hidrofilik bölgeler açmaktadır. Bu durum da bu baz kâğıtlarda kullanılan hidrofobik materyallerin hidrofobik uçlarının etkileşeme girdiğini dolayısı ile hidrofilik bölge etkileşimini arttırdığını ispatlamaktadır (Chen ve Chen 2024), (Mazan vd.2016)

Oleofobik materyallerle ilgili olarak yapılan çalışmalarda ise oleofobik materyallerin polifloroalkil (PFAS) madde etkileşimlerinden etkilenmediği dolayısı ile yüzey enerjisinin düşmediği oleofobiyi etki etmediği bildirilmiştir (Adarraga vd., 2023). Bu durum da yağ sonuçlarında neden yalnızca Şamua baz kâğıtlarında artış olduğunu ispatlamaktadır.

Kuşe çözeltisi içerisinde kullanılan HCl kuvvetli bir asit olmasından kaynaklı çözelti içerisindeki pH derecesini kuvvetli asit derecesine yaklaştırmaktadır. Biyobozunurluk sürecine negatif bir etki etmediği tespit edilmiş (UZUN, G 2016) %5 üzerinde çözücü olarak kullanılmış olan çözeltilerde oluşan $CaCl_2$ tuzunun nem tutma özelliği sebebiyle numunelere sürekli nemlilik durumu yaratmaktadır. Bu durum da %5 üzerindeki çözeltilerde baz kağıtların kimyasal özelliklerini pozitif etkilediği gözükse de mekanik özellikleri açısından çekme değerlerini düşürmesi, mürekkep tutma ve kuruma durumunu negatif etkileme durumu olduğundan kullanım amacı yangından korumaya dayalı bir girişim sebebi ile düşünülmekte ise %1 ve %2'lik çözeltilerle emprenye edilmesinin yeterli olacağı düşünülmektedir. Literatürdeki yapılan çalışmalar da incelendiğinde yumurta kabuğunun sadece bir takviye ve koruyucu malzeme amacı ile kullanılması dışında ambalaj sektöründe bir alternatif olmadığı, kâğıt parlaklıklarının ve mekanik özelliklerinin daha yüksek olması istenen yerlerde kullanılabileceği de görülmektedir. Bu durum da bu biyobozunur materyalin geleceğe dair umut vadettiğini göstermektedir.

4. KAYNAKÇA

Adarraga, O., Agustín-Sáenz, C., Bustero, I., & Brusciotti, F. (2023). Superhydrophobic and oleophobic microtextured aluminum surface with long durability under corrosive environment. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-28587-z

Bagnall, R. (1998). Papyrus and Preservation. *The Classical World*, *91*(6), 543–552. https://doi.org/10.2307/4352158

Bates, I., Plazonić, I., Radić Seleš, V., & Barbarić-Mikočević, Ž. (2020). Determining the quality of paper substrates containing triticale pulp for printing industry. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, *35*(2), 272–278. https://doi.org/10.1515/npprj-2020-0009

Brian,H.(2010, Winter) *Enviromental benefits of primary fiber vs secondary fiber:it's not black and white.*PERINI Journal.(34), http://www.perinijournal.it/CmsData/PeriniJournal/PJL%2034/PDF/34_15_en_ENVIRO.pdf

Chen, T., & Chen, F. (2024). Chemical Instability-Induced Wettability Patterns on Superhydrophobic Surfaces. *Micromachines*, *15*(3), 329. https://doi.org/10.3390/mi15030329

Gacem, A., Yadav, K. K., Tabasum, Z., Thajudeen, K. Y., Ahmed, M. M., Laeliocattleya, R. A., Khamidah, A., Antarlina, S. S., Alreshidi, M. A., Aldosari, F. M., Kaseem, M., Chopra, C., Wani, A. K., & Malik, T. (2025). Valorization of eggshell waste as sustainable mechanical reinforcement in biodegradable bio-packaging materials. *Journal of Agriculture and Food Research*, 102273. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102273

Hamad, W. Y. (1994). *A fundamental study of the fracture and fatigue characteristics of single wood pulp fibres : application to mechanical refiners* [Thesis, McGill University]. http://digitool.Library.McGill.CA:80/R/?func=dbin-jump-full&object_id=41604

Kim, S. Y., Seo, Y. B., & Han, J. S. (2022). Effect of Calendering on the Properties of Paper Containing Flexible Calcium Carbonate with a Cellulose Nanofibril Core. *ACS Omega*. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c04967

Kóczán, Z., & Pásztory, Z. (2024). Production of bio-based paper coating made with the addition of eggshell powder. *E3S Web of Conferences*, *514*, 02003. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451402003

Mazan, V., Boltoeva, M. Y., Tereshatov, E. E., & Folden III, C. M. (2016). Mutual solubility of water and hydrophobic ionic liquids in the presence of hydrochloric acid. *RSC Advances*, *6*(61), 56260–56270. https://doi.org/10.1039/c6ra06791c

Tutus, A., Killi, U., & Cicekler, M. (2020). Evaluation of eggshell wastes in office paper production. *Biomass Conversion and Biorefinery*. https://doi.org/10.1007/s13399-020-00768-0

URL 1 (https://turkkraft.com.tr/tr/landing/kraft-torba) Retrieved on 08.11.2025 at 11.01 PM

UZUN, G. (2016). *BİYOPARTİKÜL KATKILI PHB BİYOKOMPOZİTLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ* [Unpublished Master's Thesis]. Bartın Üniversitesi.

Yoo, S., Hsieh, J. S., Zou, P., & Kokoszka, J. (2009). Utilization of calcium carbonate particles from eggshell waste as coating pigments for ink-jet printing paper. *Bioresource Technology*, *100*(24), 6416–6421. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.112

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SÜRDÜRÜLEBİLİR DERİ ÜRETİM TEKNİKLERİNİN LİTERATÜRDEKİ ETKİLERİ VE TRENDLERİNE İLİŞKİN BİR META-ANALİZ

Öğr. Gör. ERTAN EROL
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu
eerol@nku.edu.tr - 0000-0002-2595-9387
Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksekokulu,
her@nku.edu.tr - 0000-0003-2125-7406

ÖZET

Deri üretimi, dayanıklılığı ve estetiğiyle değer verilen küresel moda, otomotiv ve mobilya endüstrilerinin temel taşlarından biri olmuştur. Ancak geleneksel deri üretimi, yüksek su ve enerji tüketimi, toksik kimyasal kullanımı ve atık üretimi gibi önemli çevresel zorluklar ortaya koymaktadır. Sektörün ayrıca, özellikle deri üretiminin önemli bir geçim kaynağı olduğu gelişmekte olan bölgelerde karmaşık ekonomik ve sosyal boyutları da bulunmaktadır. Artan çevre düzenlemeleri, tüketici bilinci ve teknolojik yeniliklerle birlikte, sürdürülebilir deri üretim teknikleri son on yılda hızla ortaya çıkmıştır.

Bu makale, sürdürülebilir deri üretim teknikleri üzerine son literatürün (2015-2025) kapsamlı bir meta-analizini sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle çevresel ve ekonomik etkileri incelemekte ve araştırma ve endüstriyel uygulamalardaki yaygın eğilimleri özetlemektedir. Amaçlar, (1) meta-analitik veriler kullanarak farklı sürdürülebilir tabaklama ve işleme yöntemlerinin göreceli çevresel faydalarını ölçmek, (2) üretim maliyetleri ve pazar benimsemesi gibi ekonomik faktörleri değerlendirmek, (3) literatür eğilimlerini analiz etmek ve (4) sektörün sürdürülebilir geçişini desteklemek için teorik bir değerlendirme ve gelecekteki araştırma yönleri sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Dericilik, Deride Sürdürülebilir üretim teknikleri.

Giriş

Deri üretimi, dayanıklılığı ve estetiğiyle değer verilen küresel moda, otomotiv ve mobilya endüstrilerinin temel taşlarından biri olmuştur. Ancak geleneksel deri üretimi, yüksek su ve enerji tüketimi, toksik kimyasal kullanımı ve atık üretimi gibi önemli çevresel zorluklar ortaya

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

koymaktadır. Sektörün ayrıca, özellikle deri üretiminin önemli bir geçim kaynağı olduğu gelişmekte olan bölgelerde karmaşık ekonomik ve sosyal boyutları da bulunmaktadır. Artan çevre düzenlemeleri, tüketici bilinci ve teknolojik yeniliklerle birlikte, sürdürülebilir deri üretim teknikleri son on yılda hızla ortaya çıkmıştır (Daddi vd., 2024; Alemu, 2024; Yorgancioglu vd., 2020).

Bu makale, sürdürülebilir deri üretim teknikleri üzerine son literatürün (2015-2025) kapsamlı bir meta-analizini sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle çevresel ve ekonomik etkileri incelemekte ve araştırma ve endüstriyel uygulamalardaki yaygın eğilimleri özetlemektedir. Amaçlar, (1) meta-analitik veriler kullanarak farklı sürdürülebilir tabaklama ve işleme yöntemlerinin göreceli çevresel faydalarını ölçmek, (2) üretim maliyetleri ve pazar benimsemesi gibi ekonomik faktörleri değerlendirmek, (3) literatür eğilimlerini analiz etmek ve (4) sektörün sürdürülebilir geçişini desteklemek için teorik bir değerlendirme ve gelecekteki araştırma yönleri sunmaktır

Sürdürülebilir Deri Üretim Teknikleri

Sürdürülebilir deri üretimi, malzeme kalitesini korurken çevresel ayak izini en aza indirmeyi amaçlayan bir dizi tekniği kapsar. Literatürde tanımlanan temel yöntemler şunlardır:

Metalsiz veya Kromsuz Tabaklama: Geleneksel krom bazlı tabaklama, verimli olmasına rağmen toksik atıklara yol açar. Yeni yöntemler, tehlikeli emisyonları %30-50'ye kadar azaltan sentetik, bitki bazlı tanenler veya enzimatik işlemler kullanır (Daddi vd., 2024; Zhang vd., 2024; Alemu, 2024).

Enzimatik ve Biyokimyasal İşleme: Endüstriyel enzimler, daha az kimyasal kirlilikle derileri temizlemek ve yumuşatmak için sert kimyasalların yerini alır (Daddi vd., 2024).

Bitki Bazlı Tabaklama (Bitkisel Tabaklama): Kabuk ve yapraklar gibi organik kaynaklardan elde edilen tanenleri kullanarak biyolojik parçalanabilirliği artırır ve sentetik kimyasal girdileri azaltır (Kanagaraj vd., 2020; Fatema vd., 2023).

Biyobozunur ve Biyobazlı Deri Alternatifleri: Miselyum derisi, ananas yaprağı derisi (Piñatex) ve kolajen bazlı deriler gibi yeni malzemeler, sera gazı emisyonlarını ve su kullanımını önemli ölçüde azaltan çevre dostu ikameler sunmaktadır (Fatema vd., 2023; Yang vd., 2024).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Dairesel Ekonomi Yaklaşımları: Atık değerlendirmesi ve kaynak geri kazanımı (örneğin, artıkların geri dönüştürülmesi, atıkların biyoenerjiye dönüştürülmesi) giderek artan bir ilgi görmektedir (Omoloso vd., 2021; Yang vd., 2024).

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu: Yeni ortaya çıkan deri işleme tesisleri, karbon ayak izlerini azaltmak için giderek artan bir şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarını (güneş, rüzgar) ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojileri bünyesinde barındırmaktadır (Zhang vd., 2024; Daddi vd., 2024).

Bu yeniliklerin sentezi, kirleticileri, kaynak tüketimini ve atıkları hedef alan çok boyutlu bir yaklaşımı ortaya koyarak, sektörü daha sürdürülebilir üretim döngülerine doğru yönlendiriyor.

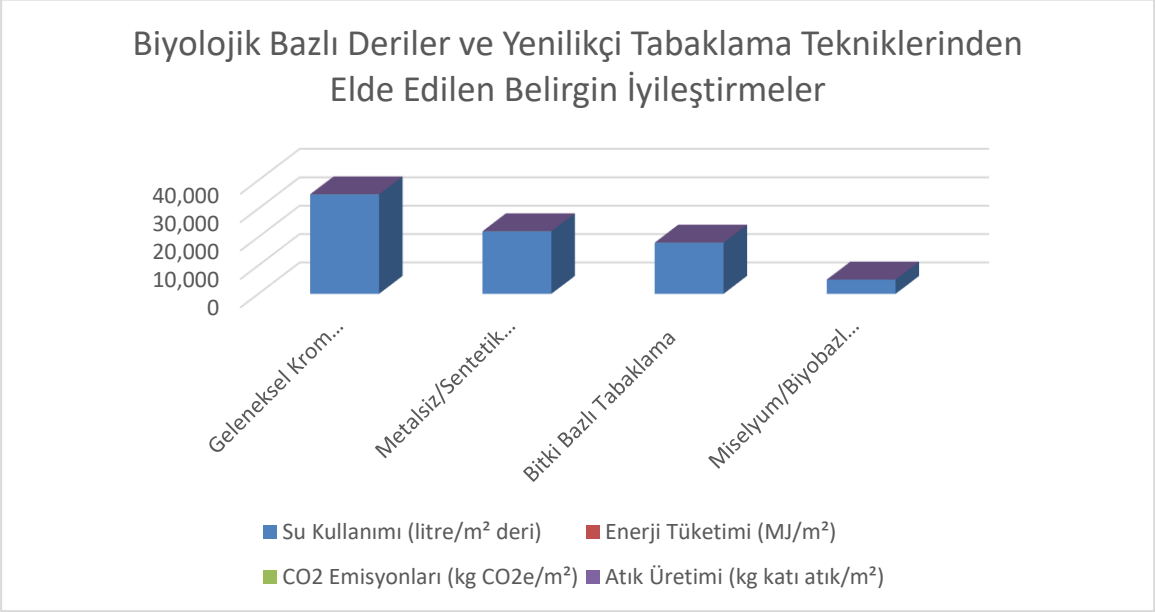
Çevresel Etki Meta-Analizi

Geleneksel ve sürdürülebilir deri tabaklama yöntemleri için çevresel etkileri (su kullanımı, enerji tüketimi, CO2 emisyonları, atık üretimi) ölçen 12 yeni ampirik çalışmadan elde edilen verileri sentezleyen bir meta-analitik özet (Tablo 1).

Çevresel Ölçüm	Geleneksel Krom Tabaklama	Metalsiz/Sentetik Bronzlaştırıcı	Bitki Bazlı Bronzlaşma	Miselyum/Biyobazlı Deri
Su Kullanımı (litre/m² deri)	35.000	22.000 (-%37)	18.000 (-%49)	5.000 (-%86)
Enerji Tüketimi (MJ/m²)	30	22 (-%27)	25 (-%17)	10 (-%67)
CO2 Emisyonları (kg CO2e/m²)	15	12 (-%20)	9 (-%40)	4 (-%73)
Atık Çıkışı (kg katı atık/m²)	5	3,5 (-%30)	3 (-%40)	1 (-%80)

Not: Yüzdeler geleneksel krom tabaklamaya göre azalmayı göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Şekil 1, biyolojik bazlı deriler ve yenilikçi tabaklama tekniklerinden elde edilen belirgin iyileştirmeleri göstererek, yöntemler arasındaki CO2 emisyonlarını grafiksel olarak karşılaştırmaktadır.

Bu veriler, yenilikçi sürdürülebilir tekniklerin (özellikle biyolojik bazlı derilerin) su kullanımında, kimyasal kirlilikte ve sera gazı emisyonlarında önemli azalmalar sağladığını doğrulamaktadır. Metalsiz ve enzimatik tabaklama yöntemlerinin birlikte kullanımı, çevresel yüklerde yaklaşık %20-30 oranında azalma sağlayarak endüstriyel uygulanabilirliğini teyit etmektedir. Ayrıca, tabaklama işlemlerinde güneş enerjisi sistemlerinin kullanıldığı vaka çalışmalarında da gösterildiği gibi, yenilenebilir enerji entegrasyonu emisyonları önemli ölçüde azaltabilir (Ardolino vd., 2024; Daddi vd., 2024; Zhang vd., 2024).

Ekonomik ve Endüstriyel Etki

Sürdürülebilir deri teknolojilerinin ekonomik uygulanabilirliği ve endüstriyel olarak benimsenmesi, büyük ölçekli etki için kritik öneme sahiptir. Literatürde şunlar belirtilmektedir:

Üretim Maliyetleri: Sürdürülebilir tabaklama teknikleri, yenilikçi malzemeler ve teknoloji yatırımları nedeniyle genellikle daha yüksek başlangıç maliyetlerine sahiptir; ancak, atık bertarafı ve enerji maliyetlerinin azaltılması, bunu zamanla telafi edebilir. Örneğin, enzimatik işleme, tehlikeli kimyasal alımlarını ve atık su arıtma giderlerini azaltır (Alemu, 2024; Fatema vd., 2023).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Verimlilik: Metal içermeyen tabaklama ve enzimatik işleme gibi teknikler, verimliliği desteklerken sürdürülebilirliği de artırarak verimi ve malzeme kalitesini korur veya iyileştirir (Zhang vd., 2024; Daddi vd., 2024).

Pazar Kabulü: Çevre dostu ürünlere yönelik artan tüketici talebi, sürdürülebilir deri pazarlarının genişlemesini hızlandırıyor. Biyobazlı deri alternatifleri, özellikle marka sürdürülebilirliğinin bir pazar itici gücü olduğu moda ve lüks ürünlerde ilgi görüyor (Brun vd., 2022; Fatema vd., 2023).

Sosyoekonomik Faydalar: Gelişmekte olan ülkelerde deri KOBİ'leri sürdürülebilir inovasyondan faydalanmakta, işçi güvenliğini artırmakta ve birinci sınıf pazarlara erişimi mümkün kılmakta, bu da iş yaratılmasına ve gelir artışına yol açmaktadır (Omoloso vd., 2021; Alemu, 2024).

Avantajlara rağmen, maliyet rekabeti, tedarik zinciri adaptasyonu ve düzenleyici teşvikler konusunda zorluklar devam etmektedir. Bu engellerin üstesinden gelmek için iş birliğine dayalı endüstri-politika inovasyon çerçeveleri önerilmektedir (Brun vd., 2022).

Literatürdeki Eğilimler

2015-2025 yılları arasındaki araştırma eğilimleri, değişen öncelikleri ortaya koyuyor:

- İlk yıllarda karşılaştırmalı çevresel değerlendirmelere ve yaşam döngüsü analizlerine odaklanıldı.
- Hayvansal kaynaklı deriye alternatif olarak biyolojik bazlı deri ikamelerine (miselyum, bitki bazlı) artan vurgu.
- Özellikle kaynak geri kazanımı ve atık değerlendirmesi olmak üzere dairesel ekonomi modellerinin giderek daha fazla entegre edilmesi.
- Tabaklama süreçlerinde yenilenebilir enerji kullanımı ve dijital teknolojilerin (AI optimizasyonu) artan araştırması.
- Küresel tedarik zincirlerinde sürdürülebilir deri yeniliklerinin sosyoekonomik etkilerine daha fazla focuklanılması.
- Sürdürülebilirliğe yönelik inovasyon çerçeveleri ve politika analizleri, yönetişim ve endüstri geçiş dinamiklerini ele alan yeni araştırma sınırlarıdır (Omoloso vd., 2021; Brun vd., 2022; Kanagaraj vd., 2020).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Literatürde çevre bilimi, ekonomi, malzeme mühendisliği ve sosyal bilimlerin bir araya getirildiği giderek artan bir disiplinlerarasılık görülmektedir.

Teorik Tartışma ve Değerlendirme

Meta-analitik bulgular, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları bütünleştiren sürdürülebilirlik teorisiyle örtüşmektedir. Temiz üretim çerçeveleri, geleneksel deri üretiminde kademeli iyileştirmeleri desteklerken, dairesel ekonomi ilkeleri atık azaltma ve değer geri kazanımı yoluyla sistemik dönüşümü teşvik etmektedir (Yang vd., 2024; Omoloso vd., 2021).

Biyobazlı deri alternatiflerinin yükselişi, biyomimikri ve ekolojik modernizasyon teorilerini yansıtmakta ve yenilenebilir kaynaklara ve biyolojik olarak parçalanabilirliğe dayalı malzeme inovasyonunu teşvik etmektedir. Bu alternatifler, deri kalitesini hayvancılığın ağır çevresel etkilerinden ayırabilecek paradigma değişimlerini temsil etmektedir (Fatema vd., 2023).

Ekonomik analizler, kısa vadeli maliyet engelleri ile uzun vadeli sosyal ve çevresel faydalar arasındaki gerilimi vurgulamaktadır. İnovasyon yayılma teorisi, bu engellerin üstesinden gelmenin, benimsemeyi hızlandırmak için politikaları, piyasa teşviklerini ve tüketici farkındalığını etkinleştirmeyi gerektirdiğini öne sürmektedir (Brun vd., 2022).

Literatürdeki boşluklar arasında, tüm tedarik zincirleri üzerindeki yaşam döngüsü etkilerini ölçen yetersiz uzunlamasına çalışmalar ve deri üretim bölgelerindeki sosyal eşitlik etkileri üzerine sınırlı araştırmalar yer almaktadır. Gelecekteki araştırmalar, entegre çok kriterli sürdürülebilirlik değerlendirmelerine öncelik vermeli ve sürdürülebilir deri geçişlerini kolaylaştıran politika mekanizmalarını araştırmalıdır.

Sonuç ve Öneriler

Bu meta-analiz, sürdürülebilir deri üretim tekniklerinin çevresel etkileri, özellikle su tüketimini, enerji kullanımını, CO2 emisyonlarını ve atık çıktılarını önemli ölçüde azalttığını doğrulamaktadır. Metalsiz tabaklama ve enzimatik işlemler anında uygulanabilir iyileştirmeler sunarken, biyobazlı deri alternatifleri derinlemesine karbonsuzlaştırma ve döngüsel ekonomi entegrasyonu için umut vaat etmektedir.

Ekonomik açıdan sürdürülebilir uygulamalar verimliliği ve pazar fırsatlarını artırır, ancak koordineli endüstri ve politika yanıtları gerektiren maliyet ve tedarik zinciri zorluklarıyla karşı karşıya kalır. Literatürdeki eğilimler, inovasyon, döngüsellik ve sosyoekonomik hususları kritik yollar olarak vurgulamaktadır.

Öneriler şunlardır:

- Sürdürülebilir derinin tüm yaşam döngüsü ve sosyal etkileri üzerine araştırmaları genişletmek.
- Teknolojik benimsemeyi ve yenilenebilir enerji entegrasyonunu teşvik eden politikaları desteklemek.
- Özellikle KOBİ'ler arasında bilgi alışverişi ve kapasite geliştirme amacıyla sektör işbirliklerinin teşvik edilmesi.
- Sürdürülebilir deri ürünlerine olan talebi artırmak için tüketici eğitimini teşvik etmek.

Bu talimatlar, derinin sürdürülebilirlik profilini optimize etmeye yardımcı olurken, küresel endüstrilere sağladığı değerli malzeme katkılarını da koruyacaktır.

KAYNAKÇA

Alemu, LG (2024). Sürdürülebilir deri işlemeye doğru: Geleneksel tehlikeli kimyasalların ve çevresel etkilerin analizi. Sürdürülebilirlik Dergisi, 12(3), 8117915. https://doi.org/10.1155/2024/8117915

Ardolino, F. ve diğerleri (2024). Üç yenilikçi deri üretim sürecinin çevresel performansı. Temiz Üretim Dergisi, 380, 135123. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135123

Brun, A. ve diğerleri (2022). Deri tedarik zincirinde sürdürülebilirlik odaklı inovasyonu etkileyen faktörler. Tedarik Zinciri Yönetimi Dergisi, 58(2), 135-154. https://doi.org/10.1002/jsc.2500

Daddi, T. ve Meslektaşları. (2024). Metal içermeyen tabaklama teknolojisiyle deri endüstrisinin çevresel sürdürülebilirliğinin teşvik edilmesi. Çevre Bilimi ve Teknolojisi, 58(1), 1012-1024. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39680282/

Fatema, S. ve diğerleri (2023). Sürdürülebilir deri katma değeri: KOBİ'ler için riskler ve fırsatlar. Kurumsal Yönetim ve Sürdürülebilirlik İncelemesi, 9(2), 87-101. https://virtusinterpress.org/IMG/pdf/cgsrv9i2p7.pdf

Kanagaraj, J. ve diğerleri (2020). Sürdürülebilir deri işlemede trendler ve gelişmeler. Temiz Üretim Dergisi, 270, 122451. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122451

Omoloso, O. ve diğerleri (2021). Deri endüstrisinde sürdürülebilirlik araştırması: Eleştirel bir inceleme ve geleceğe yönelik yönler. Çevre Yönetimi Dergisi, 277, 111405. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111405

Yang, F. ve diğerleri (2024). Bakteriyel selüloz kompozitlerinden deri benzeri malzemenin çevre dostu üretimi. Yenilenebilir Malzemeler Dergisi, 12(4), 453-472. https://doi.org/10.1016/j.jrm.2023.04.012

Yorgancioglu, A. ve diğerleri (2020). Deri endüstrisinin çevresel etkileri: Zorluklar ve sürdürülebilir çözümler. Sürdürülebilir Malzemeler ve Teknolojiler, 31, e00223. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00223

Zhang, L. ve diğerleri (2024). Enerji tasarrufu sağlayan ve düşük karbonlu deri üretimi: Yapay zekâ destekli kromsuz yöntemler. Temiz Üretim Dergisi, 423, 136734. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.136734

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AKILLI TEKSTİLLERİN GELİŞİMİ VE KULLANILAN MALZEMELERİN TEORİK DEĞERLENDİRMESİ

Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksekokulu,
her@nku.edu.tr - 0000-0003-2125-7406
Öğr. Gör. ERTAN EROL
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu
eerol@nku.edu.tr - 0000-0002-2595-9387

ÖZET

Akıllı tekstiller — e-tekstiller, akıllı kumaşlar veya giyilebilir kumaşlar olarak da bilinir — çevresel ya da kullanıcı kaynaklı uyarıcılara kontrollü bir şekilde tepki verebilen tekstil sistemlerini ifade eder. Bu sistemler genellikle tekstil alt tabakasına elektronik, algılama veya çalıştırma (aktüasyon) yeteneklerinin entegre edilmesiyle oluşturulur (ISO/TR 23383 tanımı) (Smart Textiles: A Review and Bibliometric Mapping, 2023). Zaman içinde bu alan, pasif fonksiyonel kumaşlardan (örneğin nem emici, UV'ye dayanıklı) hesaplama, geri bildirim ve uyarlanabilirlik kapasitesine sahip kumaşlara doğru evrilmiştir. Bu nedenle, bu makale şu amaçlara yöneliktir: (1) akıllı tekstil türlerini sınıflandırmak, (2) kullanılan malzemelerin teorik temelini incelemek, (3) entegrasyon tekniklerini ele almak, (4) malzeme özelliklerinin teorik değerlendirmesini yapmak ve (5) güncel eğilimleri ve geleceğe yönelik yönelimleri vurgulamak.

Anahtar Kelimeler : Akıllı tekstiller, Deri Mühendisliği, Malzeme Bilimi.

I. Giriş

Akıllı tekstiller — e-tekstiller, akıllı kumaşlar veya giyilebilir kumaşlar olarak da bilinir — çevresel ya da kullanıcı kaynaklı uyarıcılara kontrollü bir şekilde tepki verebilen tekstil sistemlerini ifade eder. Bu sistemler genellikle tekstil alt tabakasına elektronik, algılama veya çalıştırma (aktüasyon) yeteneklerinin entegre edilmesiyle oluşturulur (ISO/TR 23383 tanımı) (Smart Textiles: A Review and Bibliometric Mapping, 2023). Zaman içinde bu alan, pasif fonksiyonel kumaşlardan (örneğin nem emici, UV'ye dayanıklı) hesaplama, geri bildirim ve uyarlanabilirlik kapasitesine sahip kumaşlara doğru evrilmiştir.

Akıllı tekstillerin tarihsel gelişim süreci, 20. yüzyılın sonlarında tekstil araştırmacılarının basit iletken unsurları — metal teller veya iletken kaplamalar gibi — kumaşlara yerleştirmeye

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

çalışmasıyla başlamıştır. İlk örnekler, elektrostatik boşalma veya elektromanyetik kalkanlama için tasarlanan giysilerdi. Zamanla araştırmalar sensörler, aktüatörler, enerji üretim bileşenleri ve iletişim unsurlarının entegrasyonuna doğru olgunlaştı (Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review, 2014). Günümüzde kumaşlar mikrodenetleyiciler, esnek bağlantılar, enerji depolama elemanları ve hatta kendi kendini onaran özellikler içerebilir.

Akıllı tekstiller doğası gereği disiplinlerarasıdır: tekstil mühendisliği (kumaş tasarımı, mekanik davranış), malzeme bilimi (iletken polimerler, kompozitler, nanomalzemeler), elektronik (sensörler, mikrodenetleyiciler, sinyal işleme) ve nanoteknoloji (nanoteller, karbon nanotüpler, grafen) alanlarının kesişiminde yer alır. Başarılı bir akıllı tekstil tasarımı; mekanik dayanıklılık, elektriksel performans, esneklik, kullanıcı konforu ve üretilebilirlik arasında bir optimizasyon gerektirir.

Bileşen malzemelerin teorik değerlendirmesi, tasarım kararlarını yönlendirmede, değiş tokuşları (örneğin iletkenlik – esneklik dengesi) yorumlamada ve uzun vadeli davranışları (örneğin yorgunluk, stabilite, bozunma) öngörmede kritik öneme sahiptir. Güçlü bir teorik temel olmadan, akıllı tekstil prototipleri dayanıklılık, konfor veya çevresel etmenler nedeniyle gerçek dünyada başarısız olabilir.

Bu nedenle, bu makale şu amaçlara yöneliktir:

(1) akıllı tekstil türlerini sınıflandırmak,

(2) kullanılan malzemelerin teorik temelini incelemek,

(3) entegrasyon tekniklerini ele almak,

(4) malzeme özelliklerinin teorik değerlendirmesini yapmak ve

(5) güncel eğilimleri ve geleceğe yönelik yönelimleri vurgulamak.

II. Akıllı Tekstillerin Sınıflandırılması

Akıllı tekstiller genellikle üç ana sınıfa ayrılır:

- Pasif Akıllı Tekstiller: Dış uyarıcılara tepki verir ancak aktif olarak algılama veya aktüasyon gerçekleştirmez. Örneğin termokromik lifler, neme duyarlı malzemeler veya UV indikatör boyalar.
- Aktif Akıllı Tekstiller: Algılama ve tepki verme yeteneklerine sahip kumaşlardır. Örneğin, sıcaklık sensörleri tarafından tetiklenen ısıtma elemanları veya biyometrik izleme için gerinim sensörleri.
- Uyarlanabilir (Çok Akıllı) Tekstiller: Sensör, işlemci, aktüatör ve geri bildirim döngülerini birleştirerek özerk uyum veya karar verme kabiliyetine sahip sistemlerdir (örneğin, çevre koşullarına göre ısı yalıtımını ayarlayan kumaşlar).

Sınıflandırma	**Temel Özellik**	**Uygulama Örneği**
Pasif Akıllı Tekstil	Elektronik içermeden uyarana tepki	Termokromik renk değişimi, şekil hafızalı lif
Aktif Akıllı Tekstil	Sensör ve aktüatör içerir	Sıcaklığa tepki veren ısıtmalı ceket

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Sınıflandırma	Temel Özellik	Uygulama Örneği
Uyarlanabilir / Çok Akıllı	Kumaş içinde kapalı döngü kontrol	Kendi kendini düzenleyen ısıl sistemler

Tablo 1. Akıllı tekstillerin sınıflandırması, temel özellikleri ve örnek uygulamaları.

Pasif sistemler daha basit ve düşük maliyetlidir ancak geri bildirim mekanizmasından yoksundur. Aktif tekstiller dinamik işlevler sağlar fakat enerji ve kontrol sistemleri gerektirir. Uyarlanabilir tekstiller tam özerklik hedefler, ancak entegrasyon ve dayanıklılık açısından daha karmaşıktır.

III. Kullanılan Malzemelerin Teorik Temelleri

Bu bölüm, akıllı tekstillerde kullanılan başlıca malzeme sınıflarının teorik temellerini inceler: iletken malzemeler, fonksiyonel kaplamalar, algılama/aktüasyon malzemeleri ve esnek alt tabakalar. Her biri mekanik, elektriksel ve termal davranış açısından ele alınmıştır.

3.1 İletken Malzemeler

Elektriksel işlevselliğin kazandırılması için iletken malzemeler esastır. Başlıca sınıflar şunlardır: karbon nanotüpler, grafen, metalik lifler ve iletken polimerler (örneğin polianilin, polipirol, PEDOT:PSS).

- Karbon nanotüpler (CNT) ve grafen yüksek içsel iletkenlik, mekanik dayanıklılık ve esneklik sunar. İletkenlik, delokalize π elektronlarından kaynaklanır. Perkolasyon teorisine göre, belirli bir dolgu hacim oranı aşıldığında iletken ağ oluşur.
- Metalik lifler (örneğin gümüş, bakır) mükemmel iletkenlik sağlar, ancak ağırdır, esnekliği düşüktür ve tekrarlanan bükülmelerde kırılma eğilimindedir (Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review, 2014).
- İletken polimerler, polimer esnekliğini elektriksel iletkenlikle birleştirir. Polipirol, polianilin ve PEDOT:PSS gibi polimerler polarons ve bipolaron oluşumu yoluyla iletkenlik sağlar (Conductive Polymers for Smart Textile Applications, 2017; Review on Conductive Polymers and Their Hybrids for Flexible and Stretchable Electronics, 2021).

Malzeme Türü	Tipik İletkenlik (S/cm)	Mekanik Esneklik	Notlar
CNT / grafen ağı	~10–10^3	Yüksek	Güçlü, perkolasyon ağı
Metalik lif	~10^4–10^5	Düşük – Orta	Yüksek iletkenlik, kırılgan
PEDOT:PSS (dopingli)	1–100^+	Yüksek	Doping ile ayarlanabilir

Tablo 2. İletken malzemelerin karşılaştırmalı teorik özellikleri (yaklaşık değerler).

İletkenlik genellikle perkolasyon eşiği civarında şu şekilde değişir: $\sigma \propto (f - f_a)^t$

Burada f dolgu hacmi, f_a perkolasyon eşiği, t ise kritik üssü (~1.3–3) temsil eder.

3.2 Fonksiyonel Kaplamalar ve Nanomalzemeler

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Akıllı tekstiller yalnızca iletkenlik değil, antimikrobiyal, UV koruma ve hidrofobik özellikler gibi ek fonksiyonlar da gerektirir.

- Antimikrobiyal kaplamalar gümüş nanoparçacıkları, bakır oksitler veya çinko oksit nanoyapıları içerir.
- UV koruma için TiO_2 veya ZnO nanoparçacıkları kullanılır.
- Hidrofobik kaplamalar, yüzey enerjisini minimize eden ve Cassie–Baxter teorisine dayalı florlu bileşiklerle sağlanır.

3.3 Algılama ve Aktüasyon Malzemeleri

- Piezolektrik malzemeler: PVDF gibi polimerler mekanik deformasyonla elektrik yükü üretir.
- Termoelektrik malzemeler: Sıcaklık farkını voltaja dönüştürür (Seebeck etkisi).
- Optik yanıtlı malzemeler: Elektro-kromik boyalar veya fotolüminesan nanoparçacıklar içerir.

3.4 Esnek ve Elastik Alt Tabakalar

PDMS veya elastomer esaslı lifler tekrarlanan gerilmelere dayanmalıdır. Termal genleşme uyumsuzlukları çatlaklara yol açabilir. Elektrospinning yöntemiyle üretilen nanolifli matlar, düşük bükülme rijitliğiyle yüksek esneklik sunar.

IV. Üretim Teknikleri ve Malzeme Entegrasyonu

4.1 Geleneksel Teknikler

Dokuma, örme ve örgü tekniklerinde iletken iplikler doğrudan kumaşa entegre edilir. Bu yöntem esnekliği korur ancak ipliğin bükülme davranışı dikkate alınmalıdır.

4.2 Nanoteknoloji Tabanlı Yöntemler

- Elektrospinning: Mikron-altı liflerin yüksek yüzey alanıyla üretilmesini sağlar.
- Mikrokapsülleme: Duyusal ajanlar veya boya maddeleri kapsüllenerek kontrollü salınım sağlanır.
- 3D Baskı: İletken mürekkeplerin tekstil yüzeyine doğrudan basılmasını mümkün kılar.

4.3 Kaplama, Laminasyon ve Baskı Teknolojileri

- Daldırma kaplama: Kumaşın iletken polimer süspansiyonuna batırılması ve kurutulması.
- Ekran baskı / püskürtme: Yüksek doğrulukta desenleme sağlar.
- Laminasyon: İletken filmlerin yapıştırıcılarla birleştirilmesi; dielektrik kayıplar sorun yaratabilir.

V. Malzeme Özelliklerinin Teorik Değerlendirmesi

5.1 Mekanik Analiz

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- Gerilme dayanımı, uzama, yorulma direnci ve yapışma gücü başlıca parametrelerdir.
- Kompozit sertliği, Halpin–Tsai gibi modellerle tahmin edilir.
- Yüzey çatlaklarının ilerlemesi kırılma mekaniğiyle açıklanır.

5.2 Elektriksel ve Termal İletkenlik

İletkenlik genellikle perkolasyon teorisine uyar. Sıcaklığa bağlı iletkenlik: $\sigma \propto \exp[-(T_0/T)^{(1/4)}]$ (bozuk polimerlerde değişken menzilli sıçrama modeli).

Metalik liflerde direnç sıcaklıkla doğrusal olarak artar: $\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$.

Şekil 1. Seçilen malzemelerin elektriksel ve termal iletkenlik karşılaştırması.

5.3 Kimyasal Stabilite ve Biyobozunurluk

Nem, UV, sürtünme gibi etkenler malzemeleri bozabilir. Oksidasyon kinetiği ve iyon difüzyon modelleri ömür tahmini için kullanılır.

5.4 Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi: Yaşam Döngüsü Analizi (LCA)

Akıllı tekstiller metal ve polimer içerikleri nedeniyle yüksek çevresel etki yaratabilir. LCA; karbon ayak izi, enerji tüketimi ve geri dönüştürülebilirlik parametrelerini analiz eder (Life Cycle Assessment as Support Tool for Development, 2023).

Geri dönüşüm odaklı tasarım ve biyobazlı malzemeler ön plana çıkmaktadır (Recycling and Sustainable Design for Smart Textiles, 2025).

VI. Güncel Araştırma Eğilimleri ve Gelecek Yönelimleri

- Hibrit malzemeler: Grafen–polimer, metal–polimer veya perovskit tabanlı bileşikler (The Future of Fabric, 2025).
- Kendinden enerjili tekstiller: Piezoelektrik veya termoelektrik jeneratörler içeren kumaşlar (Future of Smart Textiles, 2025).
- Uygulama alanları: Sağlık, savunma, spor ve çevresel izleme.
- IoT ve yapay zekâ entegrasyonu: Tekstillerin veri toplama ve gerçek zamanlı analiz yetenekleri.
- Etik ve çevresel sorunlar: Nadir metallerin kullanımı, e-atık, veri gizliliği.
- Gelecek paradigmaları: Biyobazlı ve kendi kendini onaran tekstiller, döngüsel ekonomiyle uyumlu üretim.

VII. Sonuç

Akıllı tekstiller, pasif uyarı duyarlılığından otonom sistemlere evrilmiştir. Başarı, kullanılan malzemelerin teorik anlaşılmasına ve entegrasyonuna bağlıdır. Bu çalışma, akıllı tekstil sınıflarını, malzeme teorisini, üretim yöntemlerini, mekanik–elektriksel özellikleri ve sürdürülebilirlik perspektiflerini ele almıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Gelecekteki araştırmalar; dayanıklılık, ölçeklenebilirlik, geri dönüştürülebilirlik ve konforu artırmaya odaklanmalıdır. Döngüsel ekonomi yaklaşımı, biyobozunur iletken malzemeler ve çok-fizikli modelleme araçları bu gelişimde belirleyici olacaktır.

Sonuç olarak, güçlü teorik modelleme, sürdürülebilir malzeme seçimi ve ileri üretim tekniklerinin birleşimiyle, akıllı tekstiller laboratuvar prototiplerinden dayanıklı, çevre dostu ve yaygın giyilebilir sistemlere dönüşme potansiyeline sahiptir.

Kaynakça

A Comprehensive Review of Self-Powered Smart Textiles and Their Emerging Applications. (2025). *Journal / Preprint*. (If published, include volume/issue)

Integration of Conductive Materials with Textile Structures, an Overview. (2020). *Frontiers in Materials*, *PMC Article*.

Life Cycle Assessment as Support Tool for Development of Sustainable Materials. (2023). *PMC Article*.

Recycling and Sustainable Design for Smart Textiles. (2025). *Advanced Sustainable Systems*.

Review on Conductive Polymers and Their Hybrids for Flexible and Stretchable Electronics. (2021). *Materials Today Communications*.

Review on PEDOT:PSS-Based Conductive Fabric. (2022). *ACS Omega*.

Smart Textiles: A Review and Bibliometric Mapping. (2023). *Applied Sciences*.

The Future of Fabric: A Comprehensive Review of Self-Powered Smart Textiles. (2025). *ScienceDirect / Preprint*.

Toward Sustainable Wearable Electronic Textiles. (2022). *ACS Nano / PMC*.

Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review. (2014). *PMC Article*.

Zikulnig, J., et al. (2025). Life cycle assessment of printed sensors: environmental hotspots and material challenges. *Scientific Reports*.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

COMPARISON OF SWELLING-SHRINKAGE AND CRACK FORMATION IN LOW AND HIGH PLASTICITY CLAY SOILS STRENGTHENED BY ADDING RESIDUAL LIGNITE POWDER

Assist. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI
Ataturk University, Faculty of Engineering
nyarbasi@atauni.edu.tr - Orcid ID: 0000-0003-4259-1278

ABSTRACT

Clayey soils with low and high plasticity can show significant volumetric changes when they come into contact with water due to their mineralogical structures and plasticity properties. These properties result in the swelling of clayey soils, shrinkage as a result of drying, and subsequent crack formation. The frequent effects of global climate change, particularly on clayey soils in the last 20 years, have negatively impacted these three important properties. These clayey soils, subjected to prolonged wetting-drying cycles, can develop superficial cracks and cause deformations in engineering structures. This study comparatively investigated the formation of these three properties in low- and high-plasticity clayey soils modified with residual lignite coal dust. Mixture samples were prepared by adding different amounts of residual lignite dust to red clayey soils (low plasticity) and green clayey soils (high plasticity) and subjected to three consecutive wetting-drying cycles. The data obtained show that the addition of residual lignite dust to both low and high plasticity clayey soils can reduce the formation of these three properties in these soils. Furthermore, I believe that correlating these two clay soils will provide significant benefits for both soil improvement and engineering measures and control.

Keywords: Green clay, red clay, lignite, wetting-drying

1. INTRODUCTION

In geotechnical engineering, the safety and long-term performance of both shallow and deep foundations of engineering structures are directly related to the geotechnical properties of the soil in contact with the structure. Clayey soils (low or high plasticity) in particular are problematic soil types that need to be carefully examined in terms of engineering applications due to the swelling and shrinkage behaviors they exhibit when interacting with water. These soils, which expand with water intake and lose volume with water loss, can form cracks over time and disrupt the continuity, strength, and hydraulic properties of both natural and artificial soils (Chen, 1988; Mitchell & Soga, 2005).

These types of soils with poor geotechnical properties can be transformed into suitable foundation and sub-foundation soils for engineering structures by applying different ground improvement methods (Akbulut et al., 2007; Bozyigit et al., 2023; Galán-Marín et al., 2010; Kalkan et al., 2019: Prabakar and Sridhar. 2002; Yarbaşı and Kalkan, 2019; Yarbasi, 2019; Yarbaşi, 2020; Yarbasi, 2021).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Water, which affects these three negative formations such as swelling, shrinkage and crack formation in clayey soils, causes swelling as a result of water absorption in both high and low plasticity clayey soils, and shrinkage and crack formation as a result of water evaporation..Especially high plasticity clays (montmorillonite group clays) have serious swelling and shrinkage potential due to their high water retention capacity. However, low plasticity clays (kaolinite group clays) are generally considered less risky, but when exposed to long-term drying-wetting cycles, they can form surface cracks and cause deformations in engineering structures. Cracks, especially those resulting from surface drying, may appear superficial at first but deepen over time and can damage infrastructure systems, coating layers, or building foundations (Nelson and Miller, 1992; Albrecht and Benson, 2001).

Seasonal changes in moisture content accelerate this process in arid and semi-arid climates (Konrad and Ayad, 1997). In addition, these three effects negatively affect the performance of engineering structures (Chertkov, 2000; Cheng et al., 2020; Yarbaş and Kalkan, 2022).

In this study, soil improvement studies were carried out by adding three different rates of residual lignite dust to low and high-plasticity clayey soils. The effects of these rates on soil improvement applications were tried to be determined by comparatively revealing the possible swelling, shrinkage, and crack formations in two different clayey soils.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Green Clayey soil (GCS) and Red Clayey soil (RCS)

GCS and RCS samples were obtained from 5 km northeast of Oltu district (Erzurum, northeastern Türkiye) (Figure 1).Granulometry curves of dried and ground GCS and RCS samples are shown in Figure 2, geotecnical properties are shown in Table 1, and elemental analyses are shown in Table 2.

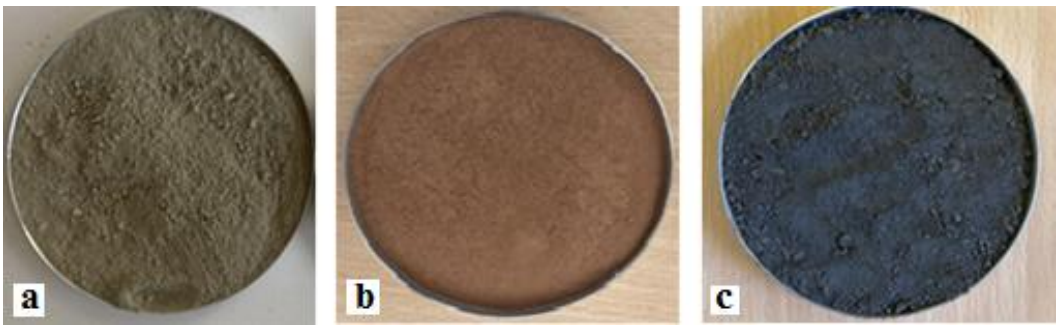


Figure 1. Samples used in the mixture (a: Green clay, b: Red clay, c: Lignite)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

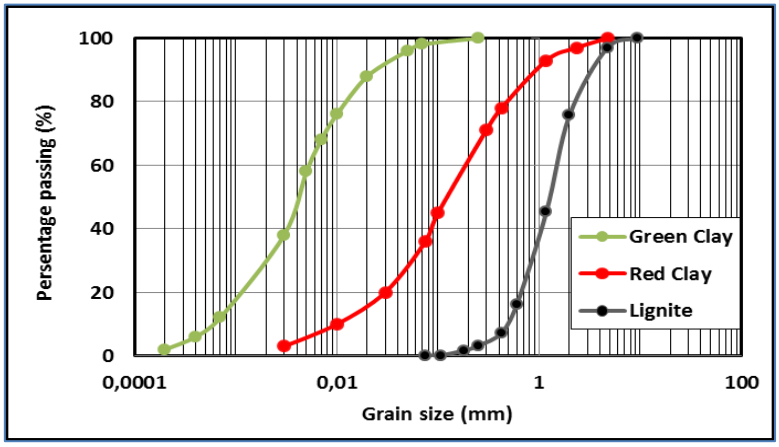


Figure 2. Granulometry graphs of the samples used in the mixture

Table 1. Geotechnical propertiesof GCS and RCS (Kalkan and Bayraktutan, 2008; Yarbasi, 2018)

Properties	GCS[1]	RCS[2]
Specific gravity (g/cm^3)	2.64	2.62
Sand (%)	10.0	14.0
Silt (%)	58.0	52.0
Clay (%)	32.0	34.0
Liquid limit, W_L (%)	68.0	43.5
Plastic limit, W_P (%)	28.0	22.0
Plasticity index, PI (%)	40.0	21.5
[1]Optimum water content, w_{opt} (%)	25.8	22.0
[1]Max. dry unit weight, γ_{kmax} (kN/m^3)	14.1	15.9
[2] Soil Class (USCS)	CH	CL

[1] It was determined as a result of the compaction test
[2] Defined according to the USCS classification system.

Table 1. Elemental analysis of GCS and RCS (Yarbasi et al., 2020; Yarbasi, 2018)

Elements	GCS[1]	RCS[2]
O	50.55	50.3
Na	4.11	1.9
Mg	4.26	1.9
Al	6.75	8.5
Si	22.33	25.4
Nb	--	3.6
K	1.46	1.5
Ca	6.93	2.1

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Fe	3.62	4.7

2.2. Residual lignite powder (RLP)

The lignite coal used in this study was supplied by the Balkaya Lignite Coal Mine in Oltu (Erzurum, Turkey) (Figure 1). The pulverized RLP sample is shown in Figure 1, the granulometry curve in Figure 2, and the elemental and chemical properties in Table 3.

Table 3. Elemental chemical and properties of RLP sample (Naktiyok et al., 2017)

RLP (Oltu-Umutbaca-lignite sample (air dried)	Values (%)
C	62,46
H	5,04
N	1,37
S	0,55
O (according to difference)	8,41
Moisture	4,84
Ash	17,33
Volatile matter	37,39
Fixed carbon	40,44

3. Methods

The mixture samples obtained by adding a (%0 RLP), b (%5 RLP), c (%10 RLP), d (%15 RLP) and e (%20 RLP) dry weight to GCS and a (%0 RLP), b (%5 RLP), c (%10 RLP), d (%15 RLP) dry weight to RCS were compressed in a cylindrical sample mold (Diameter: 54 mm - Height: 34 mm) to optimum water content. These mixture samples were subjected to 3 (W-D) cycles in a laboratory environment (20 ± 1°C). Each cycle lasted 5 days.

4. Results and Discussion

This study compared the effects of RLP added to GCS and RCS soils to reduce the swelling, shrinkage, and drying cracks resulting from W-D cycles observed in GCS (high-plasticity clayey soil) and RCS (low-plasticity clayey soil) soils (Figures 3-6).

In the first drying cycle, all samples experienced 2-4 mm shrinkage and 1-3 mm collapse from the outside inward. However, unlike swelling and shrinkage, no drying cracks formed (Figure 4). The clearly visible openings at the edges of the GCS and RCS samples were interpreted as soil shrinkage (Tang et al., 2011; Cheng et al., 2021).

In the second W-D cycle, 1-2 mm cracks and visible slumps occurred in samples a and b of the GCS mixture, while 1-2 mm slumps were observed in samples c, d, and e (Yarbaşı, 2024). In the RCS samples, after the second W-D cycle, 1.2-2.2 mm cracks occurred in samples a, b, and c, while 0.9-1.3 mm slumps were observed in sample d. In both sample types, crack formation was observed to be limited to the immediate vicinity of the sample container (Figure 5).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

In the third W-D cycle of the GCS, crack formation continued to develop in samples a and b, while no cracks formed in samples c and d, and partial cracks were observed at the edges of the sample container in sample e (Yarbaşı, 2024). At the end of the third W-D cycle of the RCS, the rate of collapse and crack formation continued to decrease, and crack formation in the sample was observed as partial cracks at the edges of the sample container (Figure 6).

In parallel with the increase in the RLP content, the resistance to drying crack formation in the two different mixture samples increased. This resistance effect continued in the GCS (high plasticity clayey soil) samples, starting with the 10% RLP mixture and continuing in the mixtures containing 15% RLP and 20% RLP. In the RCS (low plasticity clayey soil) samples, the crack formation resistance improved as a result of the increase, starting with the addition of 15% RLP. Therefore, it was concluded that this proportional change can be explained by the plasticity of the clayey soil, the fact that RLP is a pozzolanic material and that it gains binding properties under the influence of moisture (Di Maio et al., 2004; Şengül and Vitosoğlu, 2023).

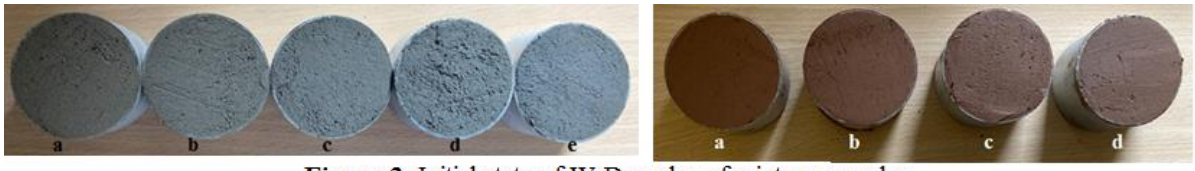


Figure 3. Initial state of W-D cycles of mixture samples

Figure 4. First state of cycles of mixture samples

Figure 5. Second state of cycles of mixture samples

Figure 6. Third state of cycles of mixture samples

5. CONCLUSIONS

Wetting and drying treatments were applied to GCS and RCS soils, and swelling, shrinkage, and crack formation were monitored and visualized. Experimental results showed that swelling, shrinkage, and crack development were more effective in high-plasticity green clay soil reinforced with RLP than in low-plasticity red clay soil. It was concluded that these three important problems should be considered in soils such as GCS and RCS, and that RLP, a pozzolanic material, could be used to mitigate these effects, with particular attention paid to

mixing ratios. Furthermore, it should be noted that RLP can significantly contribute to the prevention of economic, sustainability, and environmental problems when used in the stabilization of high- and low-plasticity clay soils.

6. REFERENCES

1. Akbulut, S., Arasan, S., Kalkan E. (2007). Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers. *Applied Clay Science 38* (1–2): 23–32. doi:10.1016/j.clay.2007.02.001.
2. Albrecht, B.A., Benson, C.H. (2001). Effect of Desiccation on Compacted Natural Clay. *Journal of Geotechnical and Geo-Environmental Engineering, 127,* 67-75. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2001)127:1(67)
3. Bozyigit, I., Zingil, H.O., Altun, S. (2023). Performance of eco-friendly polymers for soil stabilization and their resistance to freeze–thaw action, *Construction and Building Materials 379* (2023) 131133. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131133
4. Chen, F.H. (1988). *Foundations on Expansive Soils.* 2nd Edition, Elsevier Science Publications, New York.
5. Cheng, Q., Tang, C-S., Xu, D., Zeng, H., Shi, B. (2020). Water infiltration in a cracked soil considering effect of drying-wetting cycles. *Journal of Hydrology 593,* 125640.
6. Chertkov, V.Y. (2000). Using Surface Crack Spacing to Predict Crack Network Geometry in Swelling Soils. *Soil Science Society of America Journal 64* (6), 1918-1921.
7. Di Maio, C., Santoli, L., Schiavone, P. (2004). Volume change behaviour of clays: the influence of mineral composition, pore fluid composition and stress state. *Mechanics of Materials 36,* 435-451.
8. Galán-Marín, C, Rivera–Gómez C, Petric-Gray J. (2010). Clay-based composite stabilized with natural polymer and fiber. Construction and Building Materials, 24 (8): 1462–1468.
9. Kalkan, E., Yarbasi, N., Bilici, O. (2019). Strength performance of stabilized clayey soils with quartzite material. International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications, 1 (1):1–5.
10. Kalkan, E., Bayraktutan, M. 2008. Geotechnical evaluation of Turkish clay deposits: a case study in Northern Turkey. *Environmental Geology 55* (5), 937-950.
11. Konrad, J. M., & Ayad, R. (1997). An idealized framework for the volumetric shrinkage behavior of fine-grained soils. *Canadian Geotechnical Journal, 34*(4), 477–488.
12. Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of Soil Behavior* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
13. Naktiyok, J., Bayrakçeken, H., Özer, A.K., Gülaboğlu, M.Ş. 2017. Investigation of combustion kinetics of Umutbaca-lignite by thermal analysis technique. *J Therm Anal Calorim, 129*:531–539. DOI:10.1007/s10973-017-6149-z.
14. Nelson, J. D., Miller, D.J. (1992). *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering.* John Wiley & Sons.
15. Prabakar, J., Sridhar. R.S. (2002). Effect of random inclusion of sisal fiber on strength behaviour of soil. *Construction and Building Materials* 16 (2):123–31. doi:10.1016/S0950-0618(02)00008-9.

16. Sengul, T., Vitosoglu, Y. (2023). *Chemical Stabilization Applications and Materials Used in Soils.* In: Onur, M. İ. (ed.), Innovative Research in Geotechnical Engineering. Özgür Publications. DOI: https://doi.org/10.58830/ozgur.pub391.c1657

17. Yarbasi, N. (2018). Strength Properties of Low Plasticity Clayey Soils Improved with Marble Dust and Waste Tyre. *Artvin Çoruh University Natural Hazards Application and Research Center, Journal of Natural Hazards and Environment, 2018*; 4(2): 162-170, DOI:10.21324/dacd.412489

18. Yarbasi N. (2019). Performance of granular soils reinforced with obsidian (volcanic glass) additives in different proportions subjected to freeze-thaw. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 25(6), 764-767.

19. Yarbaşı, N., Kalkan E. (2019). The Stabilization of Sandy Soils by Using the Plastic Bottle Waste. International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD)Volume 6, Issue11, November-2019, e-ISSN: 2348 - 4470, print-ISSN: 2348-6406.

20. Yarbaşi N. (2020). "Effect of Freezing-Thawing on Clayey Soils Reinforced with Human Hair Fibers". Journal of Natural Fibers, 17(6), 921-931

21. Yarbasi, N., Alacali, M., Akturk, E.A. (2020). Freezing-Thawıng Behavior Of Clayey Soils Reinforced With Pine Tree Sawdust And Marble Dust. *Environmental Engineering and Management Journal, December 2020, Vol.19*, No. 12, 2249-2254.

22. Yarbasi, N. (2021). Effect of Freeze-Thaw on Compressive Strength of Clayey Soils Reinforced with Wool. *Journal of Natural Fibers, 19* (1), 382–393. https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875357

23. Yarbaş, N., Kalkan, E. (2022). Effects of Quartzite on the Desiccation Cracks of Clayey Soils Exposed to Wetting-Drying Cycles. *International Journal of Science and Engineering Applications, 11*, 01, 31 – 34. DOI:10.7753/IJSEA1101.1005.

24. Yarbaşı, N. (2024). Development of drying cracks in clayey soils added with residual lignite dust under wetting-drying cycles. *Karadeniz 17TH international conference on applied sciences, November 8 - 10, 2024* – RIZE, ISBN NR.: 978-625-6283-96-1.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVAN BARINAKLARININ TASARIMINA ETKİSİ

Prof. Dr. Havva Eylem POLAT[1]

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, Türkiye.

epolat@ankara.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-2159-0666

Araş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM[2]

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, Türkiye.

acyildirim@ankara.edu.tr

ÖZET

Hayvansal üretim insanoğlu için her dönemde önemli olmuştur. Hayvansal ürünlerin önemli bir besin kaynağı olmasının yanı sıra diğer birçok sektöre de ham madde sağlaması üretimi daha da önemli kılmıştır. Giderek artan dünya nüfusu besin ihtiyacını da aynı düzeyde arttırmaktadır. Dünya nüfusunun 2050 yılına gelindiğinde yaklaşık 10 milyon 2100 yılına gelindiğinde ise 11 milyon civarında olacağı tahmin edilmektedir. Son yıllara bakıldığı zaman et, süt, yumurta üretiminde önemli artışlar söz konusudur. Artan nüfusun artan gıda talebi için tarımsal üretimde verim artışı zorunlu bir hal almaktadır. Artan şehirleşme oranı ile birlikte tarımsal üretim alanlarının azalması, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri gibi faktörler ise üretimi ve verim artışında zorluklar orta çıkarmaktadır. Hayvansal üretim iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden etkilenirken öte yandan iklim değişikliğine sebep olan faktörler arasında yer almaktadır. Hayvansal üretim kaynaklı sera gazı emisyonlarının yaklaşık olarak %65'lik bir kısmı büyükbaş hayvanlardan kaynaklanmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için hayvan barınaklarının tasarımında uygun değişikliklere ihtiyaç vardır. İç ortam sıcaklığı, nemi, hava kalitesini uygun değerlerde olması için uygun yapı malzemeleri seçilmelidir. Hayvancılık tesislerinin bulunduğu yöreye göre iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulabilir. Gezinme ve yemleme alanlarında hayvanların solar radyasyondan korunması için ek gölgeliklere ihtiyaç duyulabilir. Yağış rejimindeki düzensiz ve dönem dönem gerçekleşen ekstrem yağışlara karşı barınaklarda suyun etkin bir şekilde drene edilmesi düşünülmelidir.

Bu çalışmada iklim değişikliğinin hayvansal üretime ve yapı tasarımı etkisi üzerinde durulmuştur. İyice hissedilir bir hal alan iklim değişikliğine karşı gıda tedariğinde güvenliği sağlamak için ve üretimin sürdürülebilirliği ve adaptasyonu için alternatif planlama ilkeleri ve malzeme seçimi kesin olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Barınak, Hayvancılık, Planlama, Tasarım.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE DESIGN OF ANIMAL SHELTERS

Prof. Dr. Havva Eylem POLAT

Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Ankara, Türkiye.

epolat@ankara.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-2159-0666

Res. Assis. Ahmet Cengiz YILDIRIM

Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Ankara, Türkiye.

acyildirim@ankara.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-1049-437X

ABSTRACT

Livestock has always been important for humankind. In addition to being an important source of nutrition, animal products also provide raw materials for many other sectors, making production even more important. The growing world population is increasing food demand at the same rate. The world population is estimated to reach approximately 10 million by 2050 and around 11 million by 2021. Looking at recent years, there have been significant increases in meat, milk and egg production. Increased agricultural productivity is essential to meet the growing food demand of the increasing population. Factors such as the decline in agricultural production areas due to increasing urbanisation and the adverse effects of climate change pose challenges to production and productivity increases. While livestock is affected by the adverse effects of climate change, it is also among the factors causing climate change. Approximately 65% of greenhouse gas emissions from livestock originate from cattle. Appropriate changes are needed in the design of animal shelters to mitigate the effects of climate change. Suitable building materials should be selected to ensure that the indoor temperature, humidity and air quality are at appropriate levels. Depending on the location of the livestock facilities, climate control systems may be required. Additional shade may be required in grazing and feeding areas to protect animals from solar radiation. Effective drainage of water from shelters should be considered to counteract irregular rainfall patterns and periodic extreme rainfall.

This study focuses on the impact of climate change on livestock and building design. To ensure food security in the face of increasingly noticeable climate change and to ensure the sustainability and adaptation of production, alternative planning principles and material selection must be carefully considered.

Keywords: Shelter, Livestock, Planning, Design.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Hayvansal üretim insanoğlu için her zaman önemli olmuştur. Hayvancılık insanoğlu için önemli bir besin ve protein kaynağıdır. Öte yandan tekstil, ilaç, yem vb. sektörlere de ham madde sağlamaktadır. Böylece katma değer oluşturarak ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Hayvansal ürünler insan beslenmesi için oldukça önemlidir. İnsanoğlunun yeterli ve dengeli beslenebilmesi için önemli olan sekiz adet aminoasit sadece hayvansal kaynaklı gıdalardan alınabilmektedir (Anonim 2024). Dünya nüfusu hızla artmaktadır. Nüfusun 2050 yılına gelindiğinde yaklaşık 10 milyon 2100 yılına gelindiğinde ise 11 milyon civarında olacağı tahmin edilmektedir (Anonim 2025a). Bu artış beraberinde gıdaya olan talebi de arttıracaktır. Artan talebin karşılanması için üretimde ve verimde artış sağlamak sürdürülebilir gıda güvenliği açısından gün geçtikçe daha önemli bir hal almaktadır. Küresel ölçekte tarımsal üretimin önümüzdeki on yıl boyunca artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu artışta hayvansal üretimin %16 ile ilk sırada yer alacağı öngörülmektedir (Anonim 2025c). Dünya genelinde 2000 yılında 138 milyon ton olan et üretimi %60 artışla 2023 yılında 370 milyon tona ulaşmıştır (Anonim 2025b). Süt üretimine bakılacak olursa üretimde ilk sırayı %81 ile sığır sütü almaktadır. %15 ile manda sütü, %4 keçi, koyun ve deve sütü takip etmektedir. Önümüzdeki yıllarda sağlanacak verim artışı ile süt üretiminin %1.8 oranında artışı beklenmektedir (Anonim 2025c). 1992 yılında dünya genelinde süt üretimi miktarı 524 milyon tonken 2022 yılına gelindiğinde %77'lik bir artış ile üretim miktarı 930 milyon ton (Anonim2025d), 2023 yılında ise 933 milyon tona ulaşmıştır (Anonim 2025b).

Artan nüfus, şehirleşme, iklim değişikliği tarım sektöründeki sürdürülebilirliği zora sokmaktadır. İklim değişikliğinin gün geçtikçe hissedilir hale gelen olumsuz etkileri tarımsal üretimi zorlamaktadır. Gıda güvenliği için sürdürülebilir üretim günümüzde giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Hayvansal üretim iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden hem etkilenmekte hem de olumsuz yönde katkı sağlamaktadır. Hayvansal üretim, sera gazı emisyonları, çevre kirliliği ve bozulması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarına olumsuz etkileri mevcuttur (Opio vd. 2012). Özellikle büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan sera gazı emisyonları hayvancılık sektörünün yaklaşık olarak %65'ini oluşturmaktadır. Bu miktarın içerisinde besi sığırcılığı emisyonların %41'ini oluştururken süt sığırcılığı faaliyetleri ise %20'sini oluşturmaktadır (Gerber vd. 2013). Bu nedenle hayvansal üretimde özellikle de büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde yenilikçi ve çevre dostu bir üretim modeli ve iklim değişikliğine adaptasyon zorunlu bir hal almaktadır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BARINAK TASARIMINA ETKİSİ

Hayvan barınakları iklimsel çevre olarak hayvanlara uygun refahı sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Barınak içerisinde fazla miktarda ısı, nem, yetersiz miktarda temiz hava gibi çevresel faktörlere karşı hayvanların savunma mekanizmaları devreye girer. Eğer iç ortamda hayvan refahı açısından uygun koşullar söz konusu değilse bu durumda hayvanların vücut ısısı yükselir. Sonuç olarak hayvanların iştahı düşer dolayısıyla et ve süt üretiminde azalma meydana gelir (Das 2017).

Isı, barınak içerisinde hayvan refahı, hayvanların yem tüketimi ve verimi açısında son derece önemli bir unsurdur. İç ortamda istenilen ısı, yetiştiriciliği yapılan hayvana, hayvanların yaşlarına veya aylarına ve yetiştiriciliğin türüne göre değişir. İklim değişikliğiyle birlikte artan sıcaklıklarla barınak içerisinde istenilenden fazla miktarda ısı oluşturabilir. Bu durum duyulur ısı dengesinin korunması yönünden sakıncalıdır. Hayvanlarda ısı stresi; verim azalması, üreme oranının düşmesi, büyüme performansının düşmesi ve hatta ölümle oranının artmasına neden olmaktadır (Shashank vd. 2022). Süt sığırlarında ısı stresi süt verimi ve kalitesinde azalmaya neden olur (Dunshea vd. 2022). Isı stresi besi sığırlarında da benzer etkileri gösterir. Hayvanlarda yem alımının azalması ve büyümesi gibi olumsuz etkiler mevcuttur (Brown-Brandl 2018). Barınak içerisinde ısı dengesinin sağlanması için yapı inşa edilirken ısı yalıtımı açısından duvarlarda boşluklu yapıda (briket vb.) malzemeler tercih edilmelidir. Öte yandan iç ortam havasında ısı dengesinin sağlanması için öncelikle doğal havalandırma düşünülmelidir. Ancak yöre koşullarında doğal havalandırma yetersiz ise yapay havalandırma düşünülmelidir. İç ortamda yeterli miktarda temiz hava hacmi sağlanacak havalandırma sistemi planlanmalıdır. Barınaklarda yetersiz veya düşük yeterlilikteki havalandırma stresi hayvanlarda ısı stresine ve solunum yolları rahatsızlığına sebep olabilir (Mondaca 2019). Havalandırma sistemleri planlanırken hayvanlar oluşabilecek hava cereyanlarından korunacak şekilde olmalıdır. İç ortamda hayvanlara serinlik sağlaması açısından ortama su püskürtme sistemleri planlanabilir. Liu vd. (2024), yapmış oldukları çalışmada su püskürtme sistemlerinin barınak içinde ısıyı dengelediğini ve süt hayvanlarında ısı stresini önemli bir ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Bu sistemler planlanırken düşük nem oranına sahip bölgelerdeki barınaklarda püskürtülen su en fazla 15 dakikada kurur. Bu nedenle bu sistemler tasarlanırken bu süre dikkate alınmalıdır (Van Os 2019). Fakat bu noktada da iç ortamdaki nem dengesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi halde hayvan sağlığı için uygun olmayan bir ortam meydana geldiği gibi yapı malzemelerinde de deformasyonlar meydana gelebilir. Eğer işletmelerde gezinme alanı varsa

buralarda hayvanları solar radyasyondan korumak için ek gölgelikler planlanmalı ve hayvanlar sıcak çarpmasına karşı korunmalıdır.

İklim değişikliği nedeniyle düşen yağışlar ani ve şiddetli miktarda gerçekleşmektedir. Barınak içerisinde hayvanlar yağıştan korunmalıdır. Zeminde yağış sonrası oluşabilecek ıslaklık ve göllenme hayvanlarda ayak hastalıklarına sebep olabilir. Hayvancılık işletmelerinde mavi su ayak izini azaltmak için çatılardan yağmur suyu hasat edilecek şekilde planlanmalı ve çatılarda uygun ve uzun ömürlü malzemeler seçilmelidir. Gezinme alanına düşen yağışlar neticesinde gübreden yüzey akışa geçen ve yer altına sızan sulardan dolayı çevresel kirliliğe karşı önlem alınmalıdır. Gezinme alanlarında bırakılacak ızgaralı kanallar ile yüzey akışa geçen sular toplanarak sıvı gübre depolarına iletilmelidir. Gezinme alanının zeminin bu kanallara doğru eğim verilmelidir. Gezinme alanının toprak olması durumunda ise zemin altında sızdırmazlık için önlemler alınmalıdır. Barınak içerisinde nem değerleri uygun aralıklarda olmalıdır.

3. SONUÇ

İnsan beslenmesinde hayvancılık çok önemli bir konumdadır. Artan nüfusla birlikte sürdürülebilir gıda güvenliği daha da önemli olmaktadır. Günümüzde iyice hissedilen iklim değişikliğinin olumsuz etkileri, tarım alanlarının azalması, su kaynaklarının giderek azalması ile birlikte hayvansal üretim daha zorlaşmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine rağmen üretimde sürdürülebilirliği devam ettirmek için adaptasyon çalışmaları zorunludur. Hayvansal üretimin koşullara uyum sağlayabilmesi ve hayvan refahının sağlanabilmesi için yapısal tasarımda birtakım değişikliler yapılmalıdır. Boşluklu yapıdaki, yalıtım özelliği yüksek malzemelerin kullanımı, havalandırma ve soğutma sistemleri ile hem barınak içi nem dengesinin sağlanması hem de uygun sıcaklık değerlerinin sağlanması barınak iç ortamında uygun refah kriterlerinin sağlanması açısından son derece önemlidir. Aynı zamanda yağmur suyu hasadı olanaklarının değerlendirilmesi ile hayvancılıkta mavi su ayak izi azaltılmış olacaktır.

4. KAYNAKÇA

Anonim (2024). Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü 2024 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu.

Anonim (2025a). Web Sitesi: https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100. Erişim Tarihi: 18.11.2025.

Anonim (2025b). FAO. 2025. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025. Rome. https://doi.org/10.4060/cd4313en.

Anonim (2025c). OECD/FAO (2025), OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034, Paris and Rome, https://doi.org/10.1787/601276cd-en.

Anonim (2025d). Web Sitesi: https://www.fao.org/dairy-production-products/production/milk-production/. Erişim Tarihi: 19.11.2025.

Brown-Brandl, T. M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *47*, e20160414.

Das, S. (2017). Impact of climate change on livestock, various adaptive and mitigative measures for sustainable livestock production. *Approaches Poult. Dairy Vet. Sci*, *1*, 64-70.

Dunshea, F. R., Leury, B. J., DiGiacomo, K., Cottrell, J. J., & Chauhan, S. S. (2022). Nutritional amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. In *Climate Change and Livestock Production: Recent Advances and Future Perspectives* (pp. 141-150). Singapore: Springer Singapore.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Liu, E., Liu, L., Zhang, Z., Qu, M., & Xue, F. (2024). An Automated Sprinkler Cooling System Effectively Alleviates Heat Stress in Dairy Cows. *Animals*, *14*(17), 2586.

Mondaca, M. R. (2019). Ventilation systems for adult dairy cattle. Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 35(1), 139-156.

Opio, C., Gerber, P., & Steinfeld, H. (2012). Livestock and the environment: addressing the consequences of livestock sector growth. *Advances in Animal Biosciences*, *2*(3), 601-607.

Shashank, C. G., Silpa, M. V., Ezhil Vadhana, P., Devaraj, C., Tiwari, M., & Sejian, V. (2022). Climate change and livestock production: significance of studying multiple stressors impact in cattle in the changing climate scenario. In *Climate Change and Livestock Production: Recent Advances and Future Perspectives* (pp. 59-72). Singapore: Springer Singapore.

Van Os, J. M. (2019). Considerations for cooling dairy cows with water. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *35*(1), 157-173.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KUZULARDA DRUNKEN LAMB SENDROMU

Prof. Dr. İsmail AYTEKİN
Afyon Kocatepe Üniversitesi Yabani Hayvan Hastalıkları ve Ekoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye
aytekin0331@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6794-5453

ÖZET

Kuzularda doğumdan sonraki ilk bir aylık dönemde hastalık ve ölüm oranları çok görülür. Kuzularda hastalıkların 0 ila 30. günler arasında hızlı teşhisleri, tedavide başarı şansını artırır ve ölüm oranlarını azaltır. Kuzularda doğumdan sonraki ilk 21 günlük dönemde drunken lamb sendromu teşhisi konulamadığı zaman ölümlere ve ekonomik kayıplara neden olur. Bu derlemede drunken lamb sendromu'nun önemi vurgulandı.

Anahtar Kelimeler: Kuzu, Drunken lamb sendromu

DRUNKEN LAMB SYNDROME İN LAMBS

ABSTRACT

In lambs, disease and mortality rates are very common during the first month after birth. Rapid diagnosis of diseases in lambs between days 0 and 30 increases the chances of successful treatment and reduces mortality rates. Failure to diagnose drunken lamb syndrome in the first 21 days after birth leads to deaths and economic losses. This review emphasizes the importance of drunken lamb syndrome.

Key Words: Lamb, Drunken lamb sendromu

KUZULARIN DRUNKEN LAMB SENDROMU

Hasta olan kuzularda depresyon, iştahsızlık, letarji, salantılı yürüyüş, yerde yatma, ataksi, inkordinasyon, dehidrasyon, metabolik asidoz görülür.

Etken

Hastalığın tam nedeni bilinmemekle beraber Cl. perfiringens tipleri ve E. coli gibi etkenler hastalığa neden olabilir. Kuzularda genellikle doğum sonrası ilk 21 günlük dönemde görülür. Hastalığın morbitidesi %20, mortalite ise tedavi edilmeyenlerde %30 civarında olabilir.

Patogenez

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Kuzularda sütle beslemeye bağlı rumende veya bağırsak florasında ani ve çok fazla bakteriyel fermantasyon olur, artan D-laktik asit'in sistemik dolaşıma katılması sonucu metabolik asidoz gelişir. D-Laktik asit miktarının yükselmesine bağırsak florasındaki bakteriler sebep olur. Dehidrasyonla birlikte böbrek fonksiyonlarındaki azalmaya bağlı olarak hidrojen iyonun atılmasındaki azalma sonucu metabolik asidoz gelişir. Hastalarda D-laktik asit seviyesinin arttığı görülmüştür.

Klinik Bulgular

Hasta kuzularda depresyon, letarji, iştahsızlık, sallantılı yürüyüş, yerde yatma, inkordinasyon, ataksi, D-laktik asidoz, dehidrasyon görülür. Kuzularda ishal olmadan ya da çok az ishal ile birlikte gelişen metabolik asidoz meydana gelir

Hastalığın teşhisi anemnez, klinik bulgular, kan pH'sı ve bikarbonat seviyesinin tespit edilmesiyle olur.

Laboratuvar Bulguları

Hastalarda, kan pH'sı ve bikarbonat seviyesi düşük, metabolik asidoz tespit edilir. Na ve Cl normaldir.

Tedavi

Hastalara geniş spektrumlu antibiyotikler de yapılabilir. Amoksisilin, ceftiofur, danofloksasin, enrofloksasin, sulfanamid, neomisin ve linkomisin'lerden herhangi birisi seçilebilir. Amoksisilin+klavunik asit 10-20 mg/kg günde iki kez kas içi, enrofloksasin 5 mg/kg günde bir kez kas içi, ceftiofur 2-5 mg/kg kas içi, sulfonamid+trimethoprim 20 mg/kg günde bir kere kas içi yapılabilir. Hastalara nonsteroid antienflamatuarlar yapılır. Fluniksin meglumin 1,2-2.2 mg/kg veya ketoprofen 3 mg/kg ya da meloxicam 1 mg/kg kas içi yapılır.

Hasta kuzulara %1.3'lük sodyum bikarbonat 100-200 ml damar içi verilir. Sıvıların uygulama yolu sıvı kaybı ve emme refleksinin olup olmadığına göre tercih edilir. Sıvı kaybı çok olan ve emme refleksi olmayan ishalli kuzularda damar içi serumlar kullanılmalıdır. Kuzu ishallerinde ölümün nedenlerinden biri olan metabolik asidozisi düzeltmek için sodyum bikarbonat serumlar ile birlikte verilmelidır. Sıvı kaybı az ve emme refleksi olan ishalli kuzularda ağızdan elektrolit solüsyonlar verilir.

Hastanın direncini artırmak amacıyla mineral ve vitamin takviyesi yapılır. C vitamini 10 mg/kg damar içi, A vitamini 10 kg canlı ağırlığa 1 ml kas içi yapılır.

Kaynaklar

1.Angell, J. W., Jones, G., Grove-Whıte, D. H., Jones, E., Hıggıns, R. J., Otter, A. (2013) A prospective on farm cohort study investigating the epidemiology and pathophysiology of drunken lamb syndrome. The Veterinary Record 172, 154.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2. Angell J.W., Jones G.L., Voigt K., Grove-White D.H., (2013). Successful correction of D-lactic acid neurotoxicity (drunken lamb syndrome) by bolus administration of oral sodium bicarbonate. Veterinary Record 173, 193.

3.Aytekin, İ. (2020). Koyun ve Keçi Hastalıkları, Stüdyo Star Ajans Ltd.Şti., Bursa

4.Batmaz H, (2013). Koyun ve keçilerin iç hastalıkları, Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul

4.Bleul, U., Schwantag, S., Stocker, H., Corboz, L., Grımm, F., Engels, M., Borel, N., Lutz, H., Schönmann, M., Kähn, W. (2006). Floppy kid syndrome caused by D-Lactic acidosis in goat kids. Journal of Veterinary Internal Medicine 20, 1003–1008.

5.Ewaschuk, J. B., Naylor, J. M., Palmer, R., Whıtıng, S.J., Zello, G. A. (2004). D-lactate production and excretion in diarrheic calves. Journal of Veterinary Internal Medicine 18, 744 747.

6.Grove-Whıte, D. H., Whıte, D. G. (1993). Diagnosis and treatment of metabolic acidosis in calves: a field study. The Veterinary Record 133, 499–501.

7. Lorenz, I., Lorch, A. (2009). D-lactic acidosis in lambs. The Veterinary Record 164,174-175.

8. Sargıson, N. (2004). Differential diagnosis of diarrhoea in lambs. In Practice 26, 20–27.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

OĞLAKLARDA FLOOPY KİD SENDROMU

Prof. Dr. İsmail AYTEKİN
Afyon Kocatepe Üniversitesi Yabani Hayvan Hastalıkları ve Ekoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye
aytekin0331@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6794-5453

ÖZET

Oğlaklarda 0 ile 28. günler arasında hastalık ve ölüm oranıyla çok karşılaşırız. Hastalıkların hızlı teşhisleri, tedavide başarı şansını artırır, ölümleri azaltır. Oğlaklarda doğumdan sonraki ilk 21 günlük dönemde floopy kid sendromu teşhisi konulamadığından dolayı oğlak ölümleri ve ekonomik kayıplara neden olur. Bu derlemede oğlaklarda floopy kid sendromu'nun önemi vurgulandı.

Anahtar Kelimeler: Oğlak, Floopy kid sendromu

FLOOPY KİD SYNDROME İN KİDS

ABSTRACT

We frequently encounter morbidity and mortality in kids between days 0 and 28. in goat farming, Rapid diagnosis of diseases increases likelihood of successful treatment and decrease mortality. Because floppy kid syndrome is often overlooked in kids during the first 21 days after birth, leads to mortality and economic losses. In this review was emphasized importance of floppy kid syndrome in kids.

Key Words: Kid, Floopy kid sendromu

OĞLAKLARDA FLOOPY KİD SENDROMU

Oğlaklarda halsizlik, inkoordinasyon, kas zayıflığı, iştahsızlık, ataksi, metabolik asidoz ile seyreden bir hastalıktır.

Etken

Hastalığın tam nedeni bilinmemekle beraber Clostridium perfiringens tip A, Cl. perfiringens tip E, E. Coli, Cl. botulinum gibi etkenler hastalığa neden olur. Oğlaklarda 3-21 gün arasında daha çok görülür. Hastalığın morbitidesi %10-50 arasında değişir, hastalar tedavi edilmezse ölüm oranı %20-50 arasında olabilir.

Patogenez

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Oğlaklarda sütle beslenme sonucu rumende veya barsak florasında hızlı ve çok miktarda bakteriyel fermantasyon olur, artan D-laktik asit'in sistemik dolaşıma katılmasından dolayı metabolik asidoz gelişir. D-Laktik asit miktarının artışına bağırsak florasındaki bakteriler neden olur. Sıvı kaybıyla birlikte böbrek fonksiyonlarında azalmaya bağlı olarak hidrojen iyonun atılımındaki azalma metabolik asidoza neden olur. Hasta olan oğlaklarda D-laktik asit yüksek olduğu, L-Laktik asit seviyesinin normal oğlaklara göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Klinik Bulgular

Oğlaklarda doğum sonrası ilk 21 günlük dönemde halsizlik, iştahsızlık, uyuşukluk, kas zayıflığı, inkoordinasyon, ataksi, tetraparazis görülür.

Laboratuvar Bulguları

Hastalarda kan pH'sı ve bikarbonat seviyesi düşük, metabolik asidoz görülür. Na ve Cl normaldir

Tanı

Hastalığın tanısı klinik bulgular, kan pH'sı ve bikarbonat seviyesinin tespit edilmesiyle olur. Oğlaklarda ishal olmadan ya da çok az ishalle birlikte metabolik asidoz gelişir.

Tedavi

Hastalara geniş spektrumlu antibiyotikler yapılabilir. Amoksisilin, enrofloksasin, sulfanamid, danofloksasin, neomisin ve linkomisin'lerden herhangi birisi seçilebilir. Amoksisilin+klavunik asit 10-20 mg/kg günde iki kez kas içi, enrofloksasin 5 mg/kg günde bir kez kas içi, ceftiofur 2-5 mg/kg kas içi, sulfonamid+trimethoprim 20 mg/kg günde bir kere kas içi yapılabilir. Hastalara nonsteroid antienflamatuarlar yapılır. Fluniksin meglumin 1,2-2.2 mg/kg veya meloxicam 1 mg/kg kas içi yapılır. Hasta oğlaklara %1.3'lük sodyum bikarbonat 100-200 ml damar içi verilir Hastalara mineral ve vitamin takviyesi yapılır. A vitamini 10 kg canlı ağırlığa 1 ml kas içi, C vitamini 10 mg/kg damar içi verilir.

Kaynaklar

1.Angell, J. W., Jones, G., Grove-Whıte, D. H., Jones, E., Hıggıns, R. J., Otter, A. (2013) A prospective on farm cohort study investigating the epidemiology and pathophysiology of drunken lamb syndrome. The Veterinary Record 172, 154.

2. Angell J.W., Jones G.L., Voigt K., Grove-White D.H., (2013). Successful correction of D-lactic acid neurotoxicity (drunken lamb syndrome) by bolus administration of oral sodium bicarbonate. Veterinary Record 173, 193.

3.Aytekin, İ. (2020). Koyun ve Keçi Hastalıkları, Stüdyo Star Ajans Ltd.Şti., Bursa

4.Batmaz H, (2013). Koyun ve keçilerin iç hastalıkları, Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

4.Bleul, U., Schwantag, S., Stocker, H., Corboz, L., Grımm, F., Engels, M., Borel, N., Lutz, H., Schönmann, M., Kähn, W. (2006). Floppy kid syndrome caused by D-Lactic acidosis in goat kids. Journal of Veterinary Internal Medicine 20, 1003–1008.

5.Ewaschuk, J. B., Naylor, J. M., Palmer, R., Whıtıng, S.J., Zello, G. A. (2004). D-lactate production and excretion in diarrheic calves. Journal of Veterinary Internal Medicine 18, 744 747.

6.Grove-Whıte, D. H., Whıte, D. G. (1993). Diagnosis and treatment of metabolic acidosis in calves: a field study. The Veterinary Record 133, 499–501.

7. Lorenz, I., Lorch, A. (2009). D-lactic acidosis in lambs. The Veterinary Record 164,174-175.

8. Sargıson, N. (2004). Differential diagnosis of diarrhoea in lambs. In Practice 26, 20–27.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: CURRENT KNOWLEDGE AND THE ROLE OF ANTI-MULLERIAN HORMONE

Assist. Prof. Dr., Serpil AYGÖRMEZ
Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye
serpilaygormez@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-5675-5096

Prof. Dr., Mushap KURU
Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye
mushap.kuru@kafkas.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4409-251X

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR
Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Aksaray University, Aksaray, Türkiye
fmkandemir@aksaray.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8490-2479

ABSTRACT
Polycystic ovary syndrome (PCOS), which affects 6-20% of women of reproductive age, is both an endocrine and metabolic disorder. Its cause remains unclear today. Most symptoms occur during adolescence. According to the Rotterdam criteria, PCOS is defined by the presence of two of the following three features: polycystic ovaries, oligo-ovulation or anovulation, and hyperandrogenism. PCOS causes infertility by leading to irregular menstrual cycles, the formation of numerous small antral follicles, and hormonal imbalance. Obesity, cardiovascular disease, insulin resistance, cancer, and infertility are also associated with PCOS. Hyperandrogenism causes insulin resistance, increasing reactive oxygen species, leading to oxidative stress and subsequently abdominal fat accumulation. In addition to physiological symptoms, PCOS is associated with eating disorders, anxiety, depression, negative body image, and psychosexual dysfunction, contributing to a reduced quality of life. Treatment for PCOS remains temporary due to the incomplete understanding of its mechanisms. In recent years, Anti-Müllerian hormone (AMH) has emerged as a promising biomarker in the diagnosis of PCOS. High AMH levels are used in the diagnosis of PCOS when the Rotterdam criteria are unclear. Additionally, it appears to be a biomarker in the evaluation of the age-related atrophy of the ovarian follicular pool. This review aims to update current knowledge on the pathophysiology of PCOS and the role of AMH in its diagnosis. Considering the scarcity of literature explaining the link between PCOS and AMH, it may be recommended that the relationship between AMH's roles in PCOS pathogenesis be supported by scientific studies and that treatment methods be developed.
Keywords: Polycystic ovary syndrome, rotterdam criteria, anti-müllerian hormone

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. INTRODUCTION

Polycystic ovary syndrome (PCOS), an endocrine disorder, is common in women of reproductive age (Louwers and Laven, 2020; Makav et al., 2023). PCOS, which occurs as a result of an imbalance in female sex hormones, causes cysts in the ovarian antral follicles. The resulting cyst prevents ovulation, disrupting the menstrual cycle and causing amenorrhea. The formation of multiple cysts is called PCOS. The absence of a menstrual cycle and ovulation prevents fertilization and pregnancy. Even if fertilization occurs in women with PCOS, miscarriage or stillbirth may occur. Additionally, pregnancy-induced hypertension and gestational diabetes are observed during pregnancy (Patel, 2018). PCOS, which affects approximately 6-20% of women of reproductive age, is a multifactorial disease. PCOS is characterized by enlarged ovaries containing numerous follicles, ovulatory dysfunction and hyperandrogenism (Ashraf et al., 2019; Dong and Rees, 2023; Vale-Fernandes et al., 2025a). The increasing morbidity and incidence highlight the importance of international recognition of PCOS as a public health condition (Dong and Rees, 2023). PCOS was first identified in 1935 when patients were observed to have hirsutism, obesity, decreased fertility, and menstrual irregularities. It was first used as PCOS in 1960. Luteinizing hormone was accepted as a diagnostic tool in the 1970s and 1980s. In 1990, the National Institutes of Health announced that the symptoms of androgen excess and the exclusion of infrequent ovulation were the primary diagnostic criteria. Since 2003, the Rotterdam criteria have been widely used for the diagnosis of PCOS (Stanczak et al., 2024). In 1990, the National Institutes of Health established hyperandrogenism and ovulatory disorders as criteria. Later, in 2003, the American Society for Reproductive Medicine and the European Society of Human Reproduction and Embryology established the Rotterdam criteria. In 2004, it was deemed necessary to find two of the three: polycystic ovary morphology, ovulation disorder and hyperandrogenism on ultrasound. In 2006, the coexistence of ovarian dysfunction and hyperandrogenism became another criterion (Hajam et al., 2024). Despite evolving diagnostic criteria in the 2018 International PCOS Guidelines, concerns about overdiagnosis in adolescents remain (Neven et al., 2024). Although its pathophysiology is not yet clear, factors such as heterogeneity, lifestyle, endocrine, genetic, environmental and metabolic factors are important in its clinical manifestation. Genes encoding factors involved in the regulation, transport and synthesis of androgens, folliculogenesis and insulin metabolism are the main candidate genes. Unhealthy lifestyles such as sedentary lifestyle,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

tobacco and alcohol consumption, and diets high in saturated fat can be genetically inherited (Bellver et al., 2018).

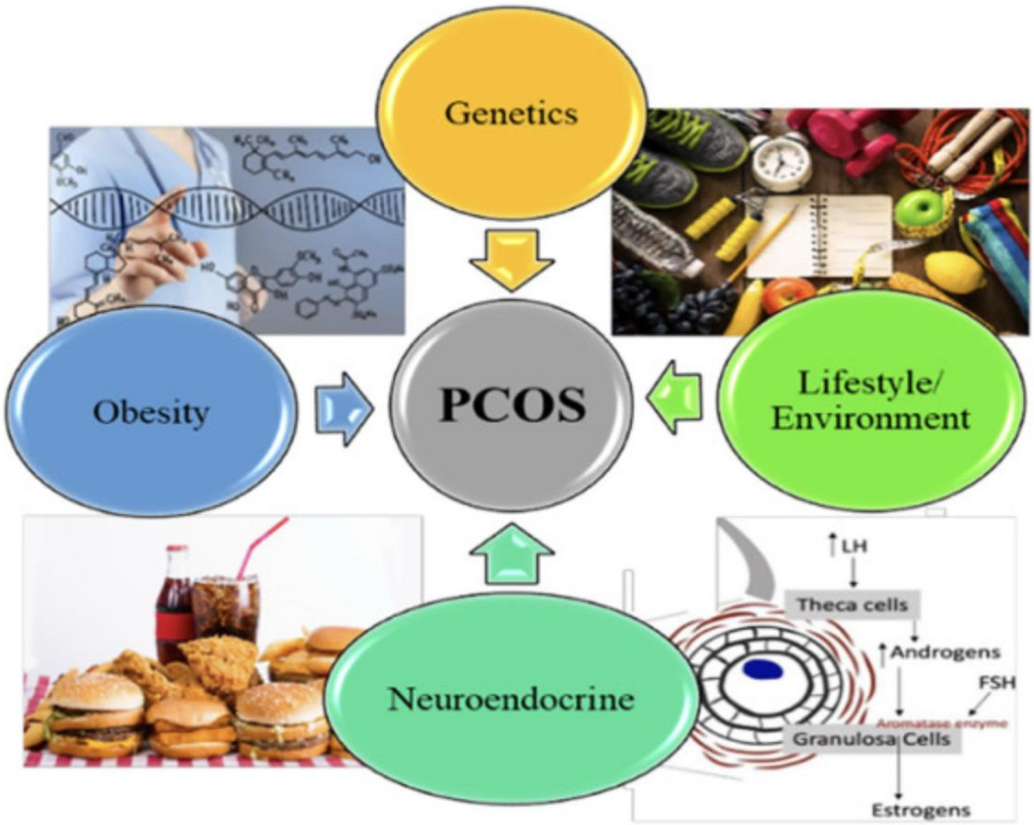


Figure: PCOS risk change factors (Bulsara et al., 2021).

Women with PCOS have a high risk of developing type 2 diabetes mellitus (T2DM), cardiovascular diseases, psychological disorders, insulin resistance, infertility, and various gynecological cancers such as ovarian cancer and endometrial cancer in advanced stages (Ashraf et al., 2019; Neven et al., 2024). It constitutes an important public health problem with its metabolic, psychological and reproductive characteristics. This endocrine disorder, seen between the ages of 15 and 49, shows symptoms such as excessive hair growth, pregnancy complications, infertility, and irregular menstrual cycles. In addition to these symptoms, problems such as low self-esteem, depression and anxiety are also seen. With advancing age, cardiovascular risk transforms into metabolic disorders such as impaired glucose tolerance, insulin resistance, dyslipidemia and T2DM (Louwers and Laven, 2020). Excessive androgen production by the adrenal glands and ovaries contributes to hyperandrogenism. Hyperandrogenism manifests as increased testosterone levels, androgenic alopecia, hirsutism and/or acne. Genetic factors play a role in PCOS, including its inheritance from a hyperandrogenemic mother and its familial nature (Ashraf et al., 2019). PCOS, which exhibits progesterone resistance and unopposed estrogen stimulation, alters immune cell function by impairing decidualization. These changes are associated with increased risk of endometrial cancer, poor pregnancy outcome, and early miscarriages (Eriksson et al., 2025). More than 116 million women worldwide are affected by PCOS according to the World Health Organization (WHO). PCOS varies among individuals and can be diagnosed with cysts of varying sizes in

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

the ovaries, menstrual irregularities and hyperandrogenism (Bulsara et al., 2021; Suha and Islam, 2022). For individual diagnosis and research, the Rotterdam Consensus, established in 2003, is the most widely used diagnostic criterion for PCOS worldwide. PCOS is defined by the presence of two of three characteristics: polycystic ovarian morphology on ultrasound, menstrual irregularities (ovulatory dysfunction), and biochemical or clinical (hyperandrogenism). In adolescents, the Rotterdam criteria are used for the diagnosis of PCOS for the necessity of hyperandrogenism and oligo-anovulation (Rocha et al., 2019). The female hypothalamic-pituitary-ovarian (HPO) axis is a tightly regulated and meticulously synchronized network responsible for individual survival and reproductive ability. The HPO axis responds to environmental factors, neuronal and hormonal signals. Internal and external factors affect future generations through epigenetic factors from the gestational period. PCOS is characterized by excess adrenal androgen and/or ovarian hypersecretion. Ovarian factors such as altered steroidogenesis and hyperinsulinemia contribute to excessive ovarian androgen production. In PCOS, interactions between autocrine, paracrine and endocrine factors responsible for follicular maturation lead to ovarian dysregulation (Witchel et al., 2019). In women, PCOS involves autoantibodies targeting the HPO axis, including autoantibodies against ovarian tissue, luteinizing hormone receptor, follicle-stimulating hormone receptor, follicle-stimulating hormone, and gonadotropin-releasing hormone receptor (Kwiatkowski et al., 2025). The relationship between insulin receptor and body weight occurs through inflammatory pathways. Obesity, which causes changes in the release of adipokines and cytokines, manifests itself through endocrine and paracrine effects. In PCOS, without obesity, the production of reactive oxygen species leads to increases in circulating thiobarbituric acid-reactive substances. Diets rich in saturated fatty acids and simple sugars increase the production of reactive oxygen species through different mechanisms. Excess circulating adipose tissue and mononuclear cells are factors that contribute to oxidative stress. Lipid-induced oxidative stress is the main factor in hyperandrogenism and insulin resistance in PCOS. Chronic exposure to reactive oxygen species in androgens increases oxidative stress, leading to mitochondrial dysfunction (Szczuko et al., 2021). Oxidative stress occurs as a result of increased reactive oxygen species in women with PCOS. Oxidative stress occurs as a result of the imbalance between antioxidants and oxidants (Zeber-Lubecka et al., 2023). Increased oxidative stress markers in women with PCOS are one of the causes of poor quality oocytes. Increased reactive oxygen species cause lipid peroxidation and oxidative damage to deoxyribose nucleic acid (DNA) (Siddiqui et al., 2022). If antioxidants remain vulnerable to increased reactive oxygen species in the body, they cause DNA damage and trigger cell apoptosis. Most importantly, oxidative stress plays a role in the pathophysiology of gynecological disorders such as preeclampsia, endometriosis and infertility in PCOS (Zeber-Lubecka et al., 2023). Generally, women with PCOS experience excess fat in the thighs, hips, and abdomen, and this fat increases hyperinsulinemia, cytokine secretion, hyperadiponectinemia, androgen secretion, and oxidative stress. The interconnectedness of all these events makes PCOS treatment difficult and requires multiple drug therapy (Siddiqui et al., 2022). The main symptoms and causes of PCOS are thought to be hyperandrogenism and hormonal imbalance. Immune cells and hormones play an important role in PCOS. Hyperandrogenemia, which can stimulate monocyte infiltration in the ovary, affects the maturation of follicles developing in the ovary by increasing the release of inflammatory cytokines such as tumor necrosis factor-α (TNF-α) and interleukin-6 (IL-6),

causing ovarian tissue inflammation and cystic follicle formation (Luan et al., 2022). Proper functional autophagy in the ovary is required from the origin of oocytes to the development of follicles. Under normal conditions, autophagy is essential for follicular differentiation, growth, reproductive cycle, oocyte development, and follicular atresia. Infertility may occur as a result of low quality oocytes as a result of defective autophagy in ovarian follicular cells (Kumariya et al., 2021). Non-pharmacological measures remain the most effective method for treating infertility. First-line treatment is lifestyle changes such as physical exercise and smoking cessation. Additionally, weight loss is recommended for obese or overweight women (Collee et al., 2021).

2. ANTI-MULLERIAN HORMONE AND PCOS

In recent years, Anti-Müllerian Hormone (AMH) has attracted great interest (Vale-Fernandes et al., 2025b). First discovered by Alfred Jost in 1940, AMH is a glycoprotein with a dimeric structure belonging to the Transforming Growth Factor-β (TGF-β) family (Kaya et al., 2024). AMH, whose sole production source is the ovaries, is produced by the granulosa cells of the follicles and its serum levels are considered a reliable marker of ovarian reserve (Kaya et al., 2024; Vale-Fernandes et al., 2025b). It is the main factor responsible for folliculogenesis in the ovaries (Bhattacharya et al., 2022). AMH, secreted from the 36th week of pregnancy onward, cannot be detected until several years before menopause. AMH levels even precede changes in antral follicle count, serum inhibin B levels, and follicle-stimulating hormone (FSH) (Rudnicka et al., 2021). Increased AMH levels are not only due to increased granulosa cell density and follicular number, but also to increased synthesis in granulosa cells, leading to excessive AMH availability in individuals with PCOS. For this reason, in the diagnosis of PCOS, polycystic ovary morphology, oligo/amenorrhea and hyperandrogenism, as well as AMH level, can be used to estimate the severity of PCOS (Bhattacharya et al., 2022). In women with PCOS, AMH levels increase with the increase in the number of follicles (Laven, 2025; Vale-Fernandes et al., 2025b). High AMH, which inhibits the recruitment of primordial follicles from the resting follicular pool, suppresses the action of follicle-stimulating hormone, which contributes to ovulation disorders (Malhotra et al., 2023). AMH, a potent inhibitor of aromatase (cytochrome P450) action, is responsible for excessive androgen production in the ovary by preventing the conversion of androgens to estrogens. High androgen levels are associated with AMH-Smad signaling, which inhibits the decline in AMH and halts follicle progression in PCOS. AMH receptors expressed on gonadotropin-releasing hormone neurons also regulate hypothalamic gonadotropin-releasing hormone release (Laven, 2025). It has been stated that increased AMH levels are not only due to increased follicle numbers but also to greater production by individual granulosa cells. AMH is not only a biomarker in the diagnosis of PCOS but also plays an important role in its pathogenesis (Garg and Tal, 2016). Studies have reported that AMH increases in women with PCOS and that AMH can be used in the diagnosis of PCOS (Kloos et al., 2024; Wang et al., 2024).

3. CONCLUSION

In conclusion, PCOS, a major health problem, is faced with excessive androgen exposure and insulin resistance and can cause reproductive abnormalities and metabolic disorders. Therefore, individuals' quality of life, general health status, hormonal consequences and lifestyle changes

should be improved. Considering the scarcity of literature explaining the link between PCOS and AMH, it may be recommended that the relationship between the roles of AMH in the pathogenesis of PCOS be supported by scientific studies and treatment methods be developed.

4. REFERENCES

Ashraf, S., Nabi, M., Rashid, F., & Amin, S. (2019). Hyperandrogenism in polycystic ovarian syndrome and role of CYP gene variants: a review. Egyptian Journal of Medical Human Genetics, 20(1), 1-10.

Bellver, J., Rodríguez-Tabernero, L., Robles, A., Muñoz, E., Martínez, F., Landeras, J., Garcıa-Velasco, J., Fontes, J., Alvarez, M., Alvarez, C., & Acevedo, B. (2018). Polycystic ovary syndrome throughout a woman's life. Journal of assisted reproduction and genetics, 35(1), 25-39.

Bhattacharya, K., Saha, I., Sen, D., Bose, C., Chaudhuri, G. R., Dutta, S., Sengupta, P., Bhattacharya, S., Barman, S. S., & Syamal, A. K. (2022). Role of anti-Mullerian hormone in polycystic ovary syndrome. Middle East Fertility Society Journal, 27(1), 32.

Bulsara, J., Patel, P., Soni, A., & Acharya, S. (2021). A review: brief insight into polycystic ovarian syndrome. Endocrine and metabolic science, 3, 100085.

Collee, J., Mawet, M., Tebache, L., Nisolle, M., & Brichant, G. (2021). Polycystic ovarian syndrome and infertility: overview and insights of the putative treatments. Gynecological Endocrinology, 37(10), 869-874.

Dong, J., & Rees, D. A. (2023). Polycystic ovary syndrome: pathophysiology and therapeutic opportunities. BMJ medicine, 2(1), e000548.

Eriksson, G., Li, C., Sparovec, T. G., Dekanski, A., Torstensson, S., Risal, S., Ohlsson, C., Hirschberg, A. L., Petropoulos, S., Deng, Q., & Stener-Victorin, E. (2025). Single-cell profiling of the human endometrium in polycystic ovary syndrome. Nature Medicine, 1-14.

Garg, D., & Tal, R. (2016). The role of AMH in the pathophysiology of polycystic ovarian syndrome. Reproductive biomedicine online, 33(1), 15-28.

Hajam, Y. A., Rather, H. A., Kumar, R., Basheer, M., & Reshi, M. S. (2024). A review on critical appraisal and pathogenesis of polycystic ovarian syndrome. Endocrine and Metabolic Science, 14, 100162.

Kaya, S., Taşcı, S. K., Demir, M. C., Karadağ, M. A., Kumcu, M. S., Kaçar, C., Gülece Ermutlu, D., & Kuru, M. (2024). Determination of anti-Müllerian hormone levels in blood and urine in fertile cats. Theriogenology, 224, 102-106.

Kloos, J., Perez, J., & Weinerman, R. (2024). Increased body mass index is negatively associated with ovarian reserve as measured by anti-Müllerian hormone in patients with polycystic ovarian syndrome. Clinical Obesity, 14(3), e12638.

Kumariya, S., Ubba, V., Jha, R. K., & Gayen, J. R. (2021). Autophagy in ovary and polycystic ovary syndrome: role, dispute and future perspective. Autophagy, 17(10), 2706-2733.

Kwiatkowski, J., Akpang, N., Ziemkiewicz, Z., Zaborowska, L., & Ludwin, A. (2025). Molecular Insights into Elevated Autoantibodies in Polycystic Ovary Syndrome: Mechanisms and Clinical Implications. International Journal of Molecular Sciences, 26(17), 8192.

Laven, J. (2025). Polycystic Ovary Syndrome (PCOS): Anti-Müllerian Hormone (AMH) and its role in the pathophysiology of the syndrome. Fertility and sterility.

Louwers, Y. V., & Laven, J. S. (2020). Characteristics of polycystic ovary syndrome throughout life. Therapeutic Advances in Reproductive Health, 14, 2633494120911038.

Luan, Y. Y., Zhang, L., Peng, Y. Q., Li, Y. Y., Liu, R. X., & Yin, C. H. (2022). Immune regulation in polycystic ovary syndrome. Clinica chimica acta, 531, 265-272.

Makav, M., Kuru, M., Aras, Ş. Y., Sarı, E. K., Bulut, M., & Alwazeer, D. (2023). The effect of hydrogen-rich water on letrozole-induced polycystic ovary syndrome in rats. Reproductive BioMedicine Online, 47(6), 103332.

Malhotra, N., Mahey, R., Cheluvaraju, R., Rajasekaran, K., Patkar, D., Prabhakar, P., Rajput, M., & Upadhyay, A. (2023). Serum anti-mullerian hormone (AMH) levels among different PCOS phenotypes and its correlation with clinical, endocrine, and metabolic markers of PCOS. Reproductive Sciences, 30(8), 2554-2562.

Neven, A. C., Forslund, M., Ranashinha, S., Mousa, A., Tay, C. T., Peña, A., Oberfield, S., Witchel, S., Teede, H., & Boyle, J. A. (2024). Prevalence and accurate diagnosis of polycystic ovary syndrome in adolescents across world regions: a systematic review and meta-analysis. European Journal of Endocrinology, 191(4), S15-S27.

Patel, S. (2018). Polycystic ovary syndrome (PCOS), an inflammatory, systemic, lifestyle endocrinopathy. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology, 182, 27-36.

Rocha, A. L., Oliveira, F. R., Azevedo, R. C., Silva, V. A., Peres, T. M., Candido, A. L., Gomes, K. B., & Reis, F. M. (2019). Recent advances in the understanding and management of polycystic ovary syndrome. F1000Research, 8, F1000-Faculty.

Rudnicka, E., Kunicki, M., Calik-Ksepka, A., Suchta, K., Duszewska, A., Smolarczyk, K., & Smolarczyk, R. (2021). Anti-Müllerian hormone in pathogenesis, diagnostic and treatment of PCOS. International journal of molecular sciences, 22(22), 12507.

Siddiqui, S., Mateen, S., Ahmad, R., & Moin, S. (2022). A brief insight into the etiology, genetics, and immunology of polycystic ovarian syndrome (PCOS). Journal of assisted reproduction and genetics, 39(11), 2439-2473.

Stanczak, N. A., Grywalska, E., & Dudzińska, E. (2024). The latest reports and treatment methods on polycystic ovary syndrome. Annals of medicine, 56(1), 2357737.

Suha, S. A., & Islam, M. N. (2022). An extended machine learning technique for polycystic ovary syndrome detection using ovary ultrasound image. Scientific Reports, 12(1), 17123.

Szczuko, M., Kikut, J., Szczuko, U., Szydłowska, I., Nawrocka-Rutkowska, J., Ziętek, M., Verbanac, D., & Saso, L. (2021). Nutrition strategy and life style in polycystic ovary syndrome—narrative review. Nutrients, 13(7), 2452.

Vale-Fernandes, E., Moreira, M. V., Bernardino, R. L., Sousa, D., Brandão, R., Leal, C., Barreiro, M., & Monteiro, M. P. (2025a). Polycystic ovary syndrome and excessive body weight impact independently and synergically on fertility treatment outcomes. Reproductive Biology and Endocrinology, 23(1), 97.

Vale-Fernandes, E., Pignatelli, D., & Monteiro, M. P. (2025b). Should anti-Müllerian hormone be a diagnosis criterion for polycystic ovary syndrome? An in-depth review of pros and cons. European Journal of Endocrinology, 192(4), R29-R43.

Zeber-Lubecka, N., Ciebiera, M., & Hennig, E. E. (2023). Polycystic ovary syndrome and oxidative stress—from bench to bedside. International journal of molecular sciences, 24(18), 14126.

Wang, L., Luo, M., Yu, X., Li, R., Ye, F., Xiong, D., Gong, Y., Zheng, M., Liu, W., & Zeng, J. (2024). Assessing the clinical diagnostic value of anti-Müllerian hormone in polycystic ovarian syndrome and its correlation with clinical and metabolism indicators. Journal of ovarian research, 17(1), 78.

Witchel, S. F., Oberfield, S. E., & Peña, A. S. (2019). Polycystic ovary syndrome: pathophysiology, presentation, and treatment with emphasis on adolescent girls. Journal of the Endocrine Society, 3(8), 1545-1573.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BIST-100 FORECASTING WITH FUZZY FUNCTIONS APPROACHES

Lec. Şeyda DEMİREL TATLI
Giresun University,
seyda.demirel@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-8736-5162

Prof. Dr. Eren BAŞ
Giresun University,
eren.bas@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun University,
erol.egrioglu@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

ABSTRACT

Fuzzy function approaches have been one of the important alternatives used in solving the forecasting problem. In the literature, it is seen that it provides successful forecasting results especially in the forecasting of stock market composite indices. In this study, the Istanbul Stock Exchange BIST100 index is analyzed with different classical, intuitionistic and picture fuzzy regression function approaches proposed in the literature and the method with the best prediction performance for BIST 100 is determined. Comparisons are made over a set of time series of BIST 100 data for different years, and one-step prediction performance comparisons are performed at different test set lengths. The results are evaluated with statistical hypothesis tests and the results are presented in tables and graphs.

Keywords: Fuzzy Regression Functions, Intuitionistic Fuzzy Regression Functions, Picture Fuzzy Regression Functions, Forecasting.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. INTRODUCTION

Today, processing data to obtain meaningful insights and make accurate forecasts is essential. Various methods are employed to solve forecasting problems, and fuzzy inference systems are one such method. These systems use fuzzy sets created from input-output data. However, determining rules for fuzzy inference systems requires expert knowledge, making it a challenging task. To address this, fuzzy regression function (FRF) approaches, which do not require rule bases or expert input, have been proposed.

FRF is a fuzzy inference system based on fuzzy set theory that performs well in time series forecasting. The FRF method uses fuzzy c-means (FCM) to fuzzify the system inputs, and the memberships derived from fuzzy sets are used in model construction. Extensions of FRF, such as intuitionistic fuzzy regression functions (IFRF) and picture fuzzy regression functions (PFRF), incorporate additional membership values and new algorithms to improve forecasting performance.

The literature highlights the use of fuzzy systems in various fields, such as economics, healthcare, engineering, and energy. In the literature, the FRF approach is widely applied in forecasting problems. Beyhan and Alci [1] and Aladag et al. [2] utilized fuzzy function approaches for prediction tasks, while Aladag et al. [3] integrated particle swarm optimization into FRF models. Dalar and Egrioglu [4] introduced a bootstrap-based regression function, and Bas et al. [5] proposed a fuzzy forecasting method to address multicollinearity. Demirhan and Baser [6] developed a hierarchical fuzzy regression approach for real estate price prediction. The IFRF approach has also been frequently employed. Kizilaslan et al. [7] introduced a heuristic fuzzy regression function for time series forecasting, while Cagcag Yolcu et al. [8] proposed a hesitation-degree-based method. Tak et al. [9] presented a meta-fuzzy function approach, and Egrioglu and Bas [10] developed a robust heuristic fuzzy regression model resistant to outliers. Additionally, several studies focus on the PFRF approach. Cuong [11] and Son et al. [12] applied picture fuzzy inference systems in control theory. Egrioglu et al. [13] improved fuzzy time series accuracy using meteorological data, while He and Wang [14] combined sentiment analysis with picture fuzzy sets for energy analysis. Haktanir and Kahraman [15] and Kumar and Tyagi [16] utilized picture fuzzy sets in decision-making, and Bas and Egrioglu [17] proposed a regression function for handling outliers.

This study compares the forecasting performance of FRF, IFRF, and PFRF using BIST 100 index time series from 2022 and 2023, evaluating their effectiveness in time series prediction. The structure of the paper includes a detailed explanation of each approach, followed by a

comparison of the methods and an analysis of the results obtained from the BIST 100 index data.

The remaining sections of the study are organized as follows. In the second section, the fuzzy regression function approach, the third section the intuitive fuzzy regression function approach, the fourth section the image fuzzy regression function approach is explained step by step. The fifth section focuses on the analysis of the BIST 100 time series data used in the study, and the methods are compared based on the results of the analyses. Finally, the last section presents the conclusions and recommendations derived from the findings.

2. FUZZY REGRESSION FUNCTION

In the FRF approach proposed by Turksen [18], for each fuzzy set obtained through the fuzzy c-means (FCM) method by Bezdek et al. [19], a function is generated using the regression method. The system's output is obtained from the weighted fuzzy function predictions where the memberships serve as weights. The algorithm of the method is provided step by step in Algorithm 1.

Algorithm 1. Algorithm for Type-1 FRF Approach

Step 1. The dataset is divided into training (n) and test $(ntest)$ sets, and the researcher determines the number of delays (p).

Step 2. By constructing a matrix D that consists of the lagged variables of the training set and their corresponding outputs, the FCM algorithm is applied for clustering based on the predefined number of fuzzy clusters (c), resulting in the membership values $(u_{ik},\ i = 1,2,\cdots,c\ ;k = 1,2,\cdots,n)$ where n denotes the length of the training set.

Step 3. By subtracting the corresponding component from the D matrix, the cluster centers are reduced, and the membership values are recalculated.

Step 4. The normalized membership values (μ) are obtained according to the alpha-cut (α) value using Equations (1-2)

$$\gamma_{ik} = \begin{cases} u_{ik} & u_{ik} > \alpha \\ 0 & u_{ik} \leq \alpha \end{cases} \tag{1}$$

$$\mu_{ik} = \gamma_{ik} / \sum_{i=1}^{c} \gamma_{ik} \tag{2}$$

Step 5. The inputs and outputs of the system are created as given in Equations (3-4), respectively.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

$$X^{(i)} = \begin{bmatrix} 1 & \mu_{i1} & {\mu_{i1}}^2 & exp\,(\mu_{i1}) & ln(\frac{(1-\mu_{i1})}{\mu_{i1}}) & x_1 & x_2 & \cdots & x_p \\ 1 & \mu_{i2} & {\mu_{i2}}^2 & exp\,(\mu_{i2}) & ln(\frac{(1-\mu_{i2})}{\mu_{i2}}) & x_2 & x_3 & \cdots & x_{p+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \mu_{in} & {\mu_{in}}^2 & exp\,(\mu_{in}) & ln(\frac{(1-\mu_{in})}{\mu_{in}}) & x_{n-p} & x_{n-p+1} & \cdots & x_{n-1} \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$Y^{(i)} = \begin{bmatrix} x_{p+1} \\ x_{p+2} \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \tag{4}$$

Step 6. For each fuzzy cluster in the training set, fuzzy regression functions are estimated using Equations (5-6).

$$\hat{\beta}^{(i)} = (X^{(i)\prime} X^{(i)})^{-1} X^{(i)\prime} Y^{(i)} \tag{5}$$

$$\hat{Y}^{(i)} = X^{(i)} \hat{\beta}^{(i)}\ ;\ i\ =\ 1, 2, \dots c \tag{6}$$

Step 7. The obtained outputs are weighted with the corresponding membership values, and the final prediction values for the training set $(\hat{Y}_k)$ are obtained using Equation (7).

$$\hat{Y}_k = \frac{\sum_{i=1}^{c} \hat{Y}^{(i)} \mu_{ik}}{\sum_{i=1}^{c} \mu_{ik}}\ , i = 1,2, \dots, c,\ \ k = 1,2, \dots, n \tag{7}$$

Step 8.The $X^{(i)}$ matrix and $Y^{(i)}$vector are reconstructed for the test set using membership values and cluster centers from the training set. Prediction values for each fuzzy regression function are calculated based on these matrices.

3. INTUITIONISTIC FUZZY REGRESSION FUNCTION

The IFRF approach, proposed by Bas et al. [20], extends the standard fuzzy regression by incorporating both membership and non-membership degrees obtained through the Intuitionistic Fuzzy C-Means (IFCM) algorithm [21]. In this method, lagged variables of the time series, membership values, and non-membership values form the model inputs.

The process involves clustering the training data into intuitionistic fuzzy clusters using IFCM. Membership and non-membership degrees are normalized and transformed (e.g., exponential, logarithmic) to enhance model flexibility. Multiple linear regression is then applied to estimate the regression coefficients. The final forecasts are computed by combining predictions weighted by membership and non-membership degrees, controlled by a parameter β ∈ [0,1], which adjusts the influence of each component. An IFRF method uses more information than

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

an FRF method. One reason for this is that IFRF method uses membership values as well as non-membership values compared to FRF method. With all this information, it can be concluded that the IFRF method is a generalization of the FRF method.

4. PICTURE FUZZY REGRESSION FUNCTION

The PFRF method, developed by Bas et al. [22], incorporates more detailed uncertainty representation through Picture Fuzzy Sets, which capture positive, neutral, and negative membership degrees. Clustering is performed using the Picture Fuzzy C-Means (PFCM) algorithm [23].

For each cluster, these three degrees are calculated, normalized, and transformed if necessary. A multivariate linear regression is then estimated based on these extended features. A PFRF method can also be regarded as a generalization of the IFRF method. One reason for this is that the PFRF method contains more information than the IFRF method. The PFRF method can also use refusal membership values as additional information. In the PFRF method, the final forecast is obtained by a weighted combination of positive, neutral and negative forecast components. When obtaining the final forecast, it is necessary to determine an optimal weight value for each forecast. In the PFRF method, each weight value is obtained by the genetic algorithm method, which does not fall into the local minimum trap and searches with more initial solutions than a classical optimization algorithm. Thus, the calculation of the weights is determined by using an artificial intelligence optimization algorithm instead of a subjective calculation.

5. APPLICATIONS

In this study, the predictive performance of the FRF, IFRF, and PFRF methods has been compared using time series data of daily opening prices for the BIST 100 index obtained in 2022 and 2023. The BIST 100 index time series graphs for 2022 and 2023 are provided as Figure 1 and Figure 2 respectively.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

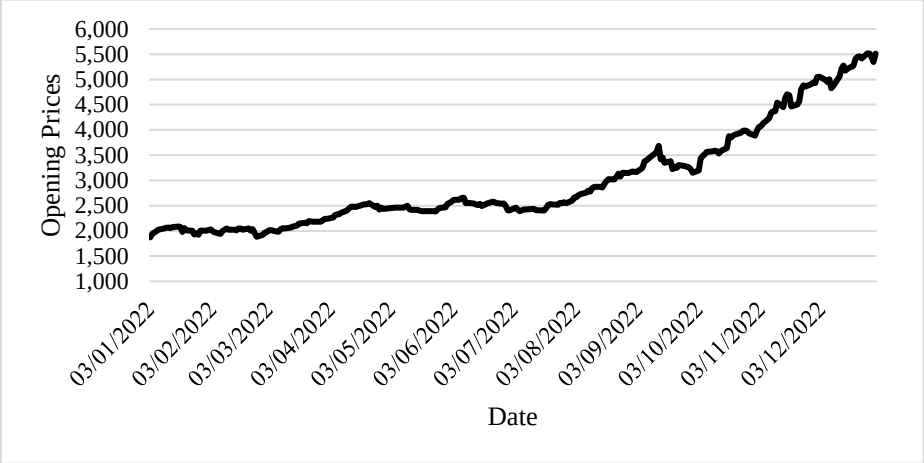


Figure 1. BIST 100 Index Time Series Graph for the Year 2022

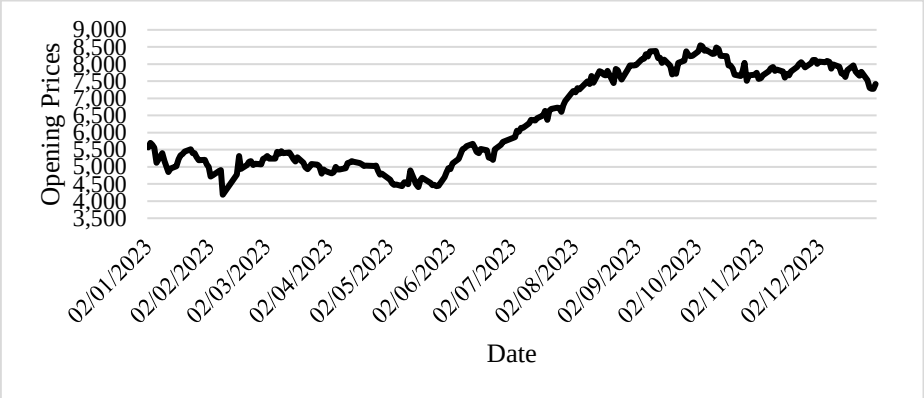


Figure 2. BIST 100 Index Time Series Graph for the Year 2023

Each BIST 100 index time series was divided into three sets: training, validation, and test sets. The division process was carried out in a block structure, with the sets being designated as training, validation, and test sets, respectively. The length of both the validation and test sets was set to 30. In the performance comparison of the FRF, IFRF, and PFRF methods, the root mean square error (RMSE) criterion, as given in Equation (8), was used. The RMSE criterion measures the mean difference between the predicted values of a statistical model and the actual values.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntest}(X_t - \hat{X}_t)^2}{ntest}} \tag{8}$$

Furthermore, for each FRF, IFRF, and PFRF method, the input number was incremented from one to five, and the number of clusters was incremented from three to ten, leading to analyses with different input and cluster numbers. The optimal parameters for each method were determined using the validation set. A total of forty different trials were performed for the analysis of each BIST 100 index time series, and the parameters with the lowest RMSE value

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

were obtained for each method. Then, using these optimal parameters, each method (FRF, IFRF, and PFRF) was run ten times, generating ten different RMSE values. Finally, using these ten RMSE values, the average, median, standard deviation, IQR, minimum, and maximum statistics were calculated for each BIST 100 index time series test set.

The statistics for the RMSE values obtained from the analysis of the BIST 100 index time series test set in 2022 using the FRF, IFRF, and PFRF methods, along with the optimal parameters for each method, are presented in Table 1.

Table 1. Various Statistics of RMSE Values Obtained from All Methods for the Test Set of the 2022 BIST 100 Index Time Series

Methods	Mean	Median	Std. Dev.	IQR	Min	Max
FRF	90.6422	90.6424	0.0002	0.0003	90.6417	90.6424
IFRF	90.0914	90.0914	0.0000	0.0001	90.0913	90.0914
PFRF	89.9408	89.8348	1.1821	0.9619	88.2981	93.4305

According to the analysis results provided in Table 1, the PFRF method is found to be the most successful method based on the average, median and minimum statistics of the 2022 BIST 100 index time series analysis. However, when considering the standard deviation, IQR and maximum values, the IFRF method yield better performance.

The statistics for the RMSE values obtained from the analysis of the BIST 100 index time series test set in 2023 using the FRF, IFRF, and PFRF methods, along with the optimal parameters for each method, are presented in Table 2.

Table 2. 2023 Yılına Ait GBP/USD Paritesi Zaman Serisinin Test Kümesi İçin Tüm Yöntemlerden Elde Edilen HKOK Değerlerine Ait Çeşitli İstatistikler

Methods	Mean	Median	Std. Dev.	IQR	Min	Max
FRF	126.081	127.128	2.562	0.994	118.886	127.129
IFRF	123.365	126.503	4.205	8.565	117.649	126.532
PFRF	121.278	120.125	2.692	2.638	119.283	127.470

According to the analysis results provided in Table 2, the PFRF method is found to be the most successful method based on the average, median values of the 2023 BIST 100 index time series analysis. However, when considering the minimum and maximum values, the IFRF method yield better performance.

6. DISCUSSION AND CONCLUSION

Classical fuzzy inference system methods have been largely replaced in recent years by types of fuzzy regression functions that do not require expert knowledge or rule bases, due to problems such as the need for expert knowledge, reliance on rule-based systems, and the difficulty of determining these rules. FRF, IFRF and PFRF methods are fuzzy logic-based methods frequently used in time series forecasting problem. While many classical forecasting methods use the lagged variables of the time series as input, these methods use various membership values obtained by clustering algorithms as input as additional information in addition to the lagged variables of the time series. In this study, the analysis performance of the FRF, IFRF, and PFRF methods was evaluated on the BIST 100 index time series for different years. In the analysis of the BIST 100 index time series for 2022 and 2023, the most successful prediction method was the PFRF method. In future studies, robust FRF, IFRF and PFRF methods can be used when outlier(s) are found in the time series. Additionally, hybrid models that combine fuzzy regression functions with machine learning or deep learning techniques can be explored to further enhance forecasting accuracy and adaptability to complex financial data structures. In future studies, various robust fuzzy regression function approaches that can be used for the case of outliers in a time series can be used.

KAYNAKÇA

[1] Beyhan, S., & Alci, M. (2010). Fuzzy functions based ARX model and new fuzzy basis function models for nonlinear system identification. Applied Soft Computing, 10(2), 439 444.

[2] Aladag, C. H., Turksen, I. B., Dalar, A. Z., Egrioglu, E., & Yolcu, U. (2014). Application of type-1 fuzzy functions approach for time series forecasting. Turkish Journal of Fuzzy Systems, 5(1), 1-9.

[3] Aladag, C. H., Yolcu, U., Egrioglu, E., & Turksen, I. B. (2016). Type-1 fuzzy time series function method based on binary particle swarm optimisation. International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies, 8(1), 2-13.

[4] Dalar, A. Z., & Egrioglu, E. (2018). Bootstrap type-1 fuzzy functions approach for time series forecasting. Trends and Perspectives in Linear Statistical Inference, Springer International Publishing, 69-87.

[5] Bas, E., Egrioglu, E., Yolcu, U., & Grosan, C. (2019). Type 1 fuzzy function approach based on ridge regression for forecasting. Granular Computing, 4, 629-637.

[6] Demirhan, H., & Baser, F. (2024). Hierarchical fuzzy regression functions for mixed predictors and an application to real estate price prediction. Neural Computing and Applications, 36, 11545-11561.

[7] Kizilaslan, B., Egrioglu, E., & Evren, A. A. (2020). Intuitionistic fuzzy ridge regression functions. Communications in Statistics-Simulation and Computation, 49(3), 699-708.

[8] Cagcag Yolcu, O., Bas, E., Egrioglu, E., & Yolcu, U. (2020). A new intuitionistic fuzzy functions approach based on hesitation margin for time-series prediction. Soft Computing, 24, 8211-8222.

[9] Tak, N., Egrioglu, E., Bas, E., & Yolcu, U. (2021). An adaptive forecast combination approach based on meta intuitionistic fuzzy functions. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 40(5), 9567-9581.

[10] Egrioglu, E., & Bas, E. (2023). Robust intuitionistic fuzzy regression functions approaches. Information Sciences, 638, 118992.

[11] Cường, B. C. (2014). Picture fuzzy sets. Journal of Computer Science and Cybernetics, 30(4), 409-420.

[12] Son, L. H., Viet, P. V., & Hai, P. V. (2017). Picture inference system: a new fuzzy inference system on picture fuzzy set. Applied Intelligence, 46, 652–669.

[13] Egrioglu, E., Bas, E., Yolcu, U., & Chen, M. Y. (2020). Picture fuzzy time series: Defining, modeling and creating a new forecasting method. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 88, 103367.

[14] He, S., & Wang, Y. (2023). Evaluating new energy vehicles by picture fuzzy sets based on sentiment analysis from online reviews. Artificial Intelligence Review, 56(3), 2171-2192.

[15] Haktanır, E., & Kahraman, C. (2023). Intelligent replacement analysis using picture fuzzy sets: Defender-challenger comparison application. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 121, 106018.

[16] Kumar, S., & Tyagi, R. (2023). A novel score function for picture fuzzy numbers and its based entropy method to multiple attribute decision-making. Lecture Notes in Networks and Systems, 547, 719-729.

[17] Bas, E., & Egrioglu, E. (2024). Robust picture fuzzy regression functions approach based on M-estimators for the forecasting problem. Computational Economics, 1-36.

[18] Turksen, I. B.: Fuzzy functions with LSE. Applied Soft Computing, 8(3), 1178-1188 (2008).

[19] Bezdek, J. C., Ehrlich, R., & Full, W. (1984). FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. Computers & Geosciences, 10(2-3), 191-203.

[20] Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2021). Intuitionistic fuzzy time series functions approach for time series forecasting. Granular Computing, 6(3), 619-629

[21] Chaira, T. (2011). A novel intuitionistic fuzzy C means clustering algorithm and its application to medical images. Applied Soft Computing, 11(2), 1711-1717

[22] Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2020). Picture fuzzy regression functions approach for financial time series based on ridge regression and genetic algorithm. Journal of Computational and Applied Mathematics, 370, 112656

[23] Thong, P. H., & Son, L. H. (2016). Picture fuzzy clustering: a new computational intelligence method. Soft Computing, 20(9), 3549-3562.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GEÇİTLİ GERİ BESLEMELİ DERİN YAPAY SİNİR AĞLARINA DAYALI SEZGİSEL BULANIK ZAMAN SERİSİ TAHMİN YÖNTEMİ

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun Üniversitesi,
erol.egrioglu@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

Prof. Dr. Eren Baş
Giresun Üniversitesi,
eren.bas@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

ÖZET

Sezgisel bulanık zaman serisi tahminleri için farklı yapay zekâ yöntemlerini birleştiren yaklaşımlar literatürde mevcuttur. Derin sinir ağları, sezgisel bulanık zaman serilerinde gecikmeli değişkenlerin ilişkilerini modellemek için etkili bir araç olabilir. Bu çalışmada, popüler derin sinir ağı yöntemlerinden biri olan geçitli tekrarlayan birim sinir ağlarını kullanan bir algoritma, sezgisel bulanık ilişkileri modellemek için tasarlanmıştır. Bu yeni algoritmanın performansı, uluslararası borsa verileri üzerine literatürdeki alternatiflerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sezgisel bulanık zaman serileri, Derin sinir ağları, Tahmin, Geçitli tekrarlayan birim.

1. GİRİŞ

Son 20 yılda, bulanık zaman serileri yaklaşımları, öngörü problemini çözmek için güçlü bir alternatif olarak literatüre sunulmuştur. İlk bulanık zaman serisi yönteminde, gerçek gözlemler bulanıklaştırılır ve yeni serinin tahmini elde edilir. Bulanık zaman serilerini modellemede önemli bir yaklaşım, üyelik değerlerinin analizde daha fazla kullanıldığı bulanık zaman serisi yaklaşımıdır. Egrioglu ve ark. [1] çalışmasında, bulanık zaman serileri ve sezgisel bulanık zaman serileri yeniden tanımlanmış ve literatüre yeni tanımlar kazandırılmıştır. Bu yeni tanımlar sayesinde, klasik yaklaşımlarda bulanık mantığın en önemli unsuru olan üyelik değerlerini göz ardı etme sorunu ortadan kaldırılmıştır. Sezgisel bulanık zaman serileri, tanımlayıcı ilişkilerde üyelik değerlerinin yanı sıra üye olmama değerlerini de kullanır. Bu durum, modelleme sürecinde daha fazla bilgi kullanılarak daha başarılı tahmin sonuçları elde

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

edilmesini sağlar. Egrioglu ve ark. [1] çalışmasında, sezgisel bulanık zaman serisi tanımı aşağıda verildiği gibidir.

Tanım 1. $A_1, A_2, \dots, A_c$ sezgisel bulanık kümeler olsun.. $\mu_{A_j}(t)$, $\nu_{A_j}(t)$ sırasıyla üyelik ve üyelik olmama değerlerini göstersin. Sezgisel bulanık zaman serisi (IF_t) aşağıdaki gibi gösterilir.

$$IF_t = \{X_t, \mu_{A_1}(t), \mu_{A_2}(t), \dots, \mu_{A_c}(t), \nu_{A_1}(t), \nu_{A_2}(t), \dots, \nu_{A_c}(t)\} \quad (1)$$

Egrioglu vd. [1] çalışmasında bulanık zaman serisi öngörü modeli ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Tanım 2. K bir doğrusal ya da doğrusal olmayan fonksiyon ve ε_t sıfır ortalamalı hata terimi olmak üzere birinci dereceden sezgisel bulanık zaman serisi öngörü modeli aşağıdaki gibi verilebilir.

$$X_t = K\Big(X_{t-1}, \dots, X_{t-p}, \mu_{A_1}(t-1), \mu_{A_2}(t-1), \dots, \mu_{A_c}(t-1), \dots, \mu_{A_1}(t-p), \mu_{A_2}(t-p), \dots, \mu_{A_c}(t-p), \nu_{A_1}(t-1), \nu_{A_2}(t-1), \dots, \nu_{A_c}(t-1), \dots, \nu_{A_1}(t-p), \nu_{A_2}(t-p), \dots, \nu_{A_c}(t-p)\Big) + \varepsilon_t \quad (2)$$

Buradan da görülebileceği gibi, tanım (2) hem üyelik (membership) hem de üye olmama (non-membership) derecesi ile gecikmeli değişkenlerin (lagged variables) derecesi "p" olarak verilmiştir. Ayrıca, Egrioglu ve ark. [1] çalışmasında "K" fonksiyonunu belirlemek için pi-sigma yapay sinir ağı kullanılmıştır. Literatürde yapay sinir ağları, bulanık zaman serilerini modellemede önemli bir araç olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, üyelik, üye olmama değerleri, gecikmeli değişkenler ve tahmin arasındaki doğrusal olmayan ilişki için iyi bir yaklaşık fonksiyon oluşturabilir. Literatürdeki birçok çalışmada, bulanık ve sezgisel bulanık zaman serilerinde yapay sinir ağları bir araç olarak kullanılmıştır. Aladag [2], bir bulanık zaman serisi yöntemi oluşturmak için tek çarpımsal nöron model yapay sinir ağı kullanmıştır. Bas ve ark. [3], pi-sigma yapay sinir ağına dayalı bir bulanık zaman serisi ağı yaklaşımı önermiştir. Cansu ve ark. [4], sezgisel bulanık teoriye dayalı bir tahmin yöntemi oluşturmak için dendritik nöron modeli (dendritic neuron model) kullanmıştır. Bas ve ark. [5], sezgisel bulanık zaman serisi yönteminde birleşik pi-sigma yapay sinir ağı kullanmıştır. Son yıllarda, derin yapay sinir ağları öngörü uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kocak ve ark. [6], sezgisel teoriye dayalı bir yöntemde ilişkileri tanımlamak için uzun kısa süreli bellek (Long Short-Term Memory - LSTM) kullanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Öngörü problemi için derin geri beslemeli yapay sinir ağları iyi bir alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle çok değişkenli zaman serilerinin, örneğin satış tahmininde başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Çok sayıda verinin bulunduğu problemlerde, serbestlik derecesi problemine takılmadan çok sayıda parametreye tolerans gösterilebildiği için LSTM, GRU vb. derin geri beslemeli yapay sinir ağlarını kullanmak mümkündür. Ancak, az sayıda gözleme sahip tek değişkenli problemlerde de derin geri beslemeli sinir ağlarını kullanmak mümkündür. Bu durumda, literatürde yetersiz uyum (underfitting) ile başa çıkabilecek algoritmaların, tek bir gizli katmanlı (single hidden layer), bazen en iyi sonuçları veren tek hücreli LSTM, GRU ile mümkün olduğu çalışmalar yayınlanmıştır. Derin geri beslemeli yapay sinir ağları, tek değişkenli bulanık zaman serilerini çözmek için iyi bir alternatif olabilir. Önemli bir tekrarlayan derin sinir ağı (recurrent deep neural network), ilk olarak Cho ve ark. [7] tarafından önerilen Gated Recurrent Unit (GRU) sinir ağıdır. GRU, doğrusal olmayan ilişkileri modellemede iyi bir araç olarak kullanılabilir. Bu çalışmanın motivasyonu, GRU'nun tahmin çalışmalarındaki başarılı sonuçlarının, sezgisel bulanık küme tabanlı (intuitionistic fuzzy set based) öngörü yöntemlerinde de faydalı olabileceği gerçeğidir. Bu çalışmada, ilişkileri tanımlamak için GRU kullanan yeni bir öngörü yöntemi önerilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, yeni sezgisel bulanık zaman serisi tanımı ve GRU tabanlı sezgisel bulanık zaman serisi yönteminin algoritması verilmiştir. Üçüncü bölümde, Bitcoin fiyatları zaman serisi üzerindeki uygulama çalışmaları özetlenmiştir. Son bölüm ise çalışmadan elde edilen sonuçları sunmaktadır.

2. YENİ SEZGİSEL BULANIK ZAMAN SERİSİ ÖNGÖRÜ YÖNTEMİ

Bu çalışmada, sezgisel kümelere ve GRU'ya dayalı yeni bir tahmin yöntemi sunulmaktadır. Önerilen yöntem aşağıdaki öngörü modelini kullanmaktadır.

Tanım 3. Karma dereceli model (mixed order model) aşağıdaki formda tanımlanabilir.

$$X_t = G\begin{pmatrix} X_{t-1}, \dots, X_{t-p}, \mu_{A_1}(X_{t-1}), \mu_{A_2}(X_{t-1}), \dots, \\ \mu_{A_c}(X_{t-1}), \nu_{A_1}(X_{t-1}), \nu_{A_2}(X_{t-1}), \dots, \nu_{A_c}(X_{t-1}) \end{pmatrix} + \varepsilon_t \tag{3}$$

Burada (3) numaralı fonksiyondaki G fonksiyonu, bir GRU (Gated Recurrent Unit) derin yapay sinir ağı kullanılarak tahmin edilmiştir. Önerilen yöntem, aşağıda verilen algoritmada adımlar halinde açıklanmıştır.

Algoritma 1. Önerilen Yöntem

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Adım 1. Zaman serileri, blok yapısı şeklinde üç kümeye ayrılır. Bu üç küme eğitim kümesi (training set), doğrulama kümesi (validation set) ve test kümesi (test set) olarak adlandırılır. Eğitim kümesi, yöntemin parametrelerini tahmin etmek için kullanılırken, doğrulama kümesi hiperparametre seçimi için kullanılır. Test verileri ise önerilen yöntemin performansını karşılaştırmak amacıyla kullanılır.

Adım 2. Eğitim veri setine sezgisel bulanık kümeleme (intuitionistic fuzzy clustering) uygulanarak, eğitim verileri için küme merkezleri ve üyelikler (memberships) hesaplanır. Sezgisel bulanık kümeleme, Chaira [8] tarafından verilen algoritma ile gerçekleştirilir.

Adım 3. Eğitim verileri için hesaplanan küme merkezleri kullanılarak, doğrulama ve test kümesi için üyelik ve üye olmama değerleri hesaplanır.

Adım 4. Hiperparametreler için olası değerler oluşturulur. Hiperparametreler şunlardır:

Sezgisel Bulanık Küme Sayısı: Bu, kümeleme sürecinde kullanılacak sezgisel bulanık küme sayısını ifade eder ($c \in [c_{min}, c_{max}]$).

Modeldeki Gecikmeli Değişken Sayısı: Modelin tahmin yaparken kaç önceki zaman noktasındaki veriyi kullanacağını belirler ($p \in [p_{min}, p_{max}]$).

GRU'daki Zaman Adımı Sayısı: Tekrarlayan sinir ağı (GRU) tarafından analiz edilecek sıralı veri uzunluğunu ifade eder ($h \in [h_{min}, h_{max}]$).

GRU'daki Gizli Katman Ünitesi Sayısı: GRU hücresinin karmaşık ilişkileri modelleme kapasitesini belirleyen tabakası sayısını ifade eder. ($m \in [m_{min}, m_{max}]$)

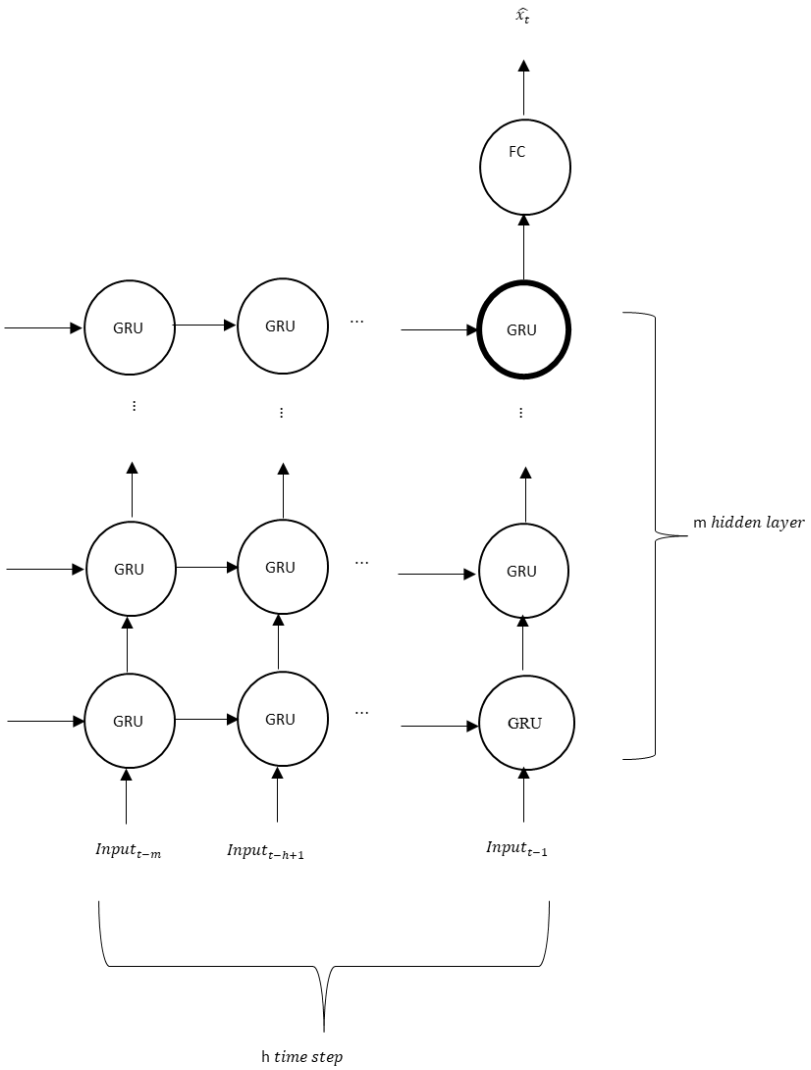
Hiperparametreler, modelin performasını önemli ölçüde etkileyebilir. Analizde kullanılan veri setinin karakteristikleri, hiperparametreler için olası değerlerin belirlenmesinde önemlidir. Öngörü problemlerinde, zaman serisinin trend ve mevsimsellik (seasonality) bileşenleri ile gözlem sayısı dikkate alınmalıdır.

Adım 5. Olası hiperparametre setlerinin her biri için GRU ağları eğitilir. GRU'nun girdileri (inputs), bulanık küme sayısına kadar olan üyelikler (memberships), üyelik olmamam değerleri ve gecikmeli değişkenlerdir (lagged variables). Hedef değeri (target value) ise zaman serisinin gerçek gözlemleridir. Algoritmada yer alan GRU'nun mimarisi (architecture), Şekil 1'de verilmiştir. GRU'nun mimarisi, ileriye dönük tahmin problemine özgü bir tasarım kullanır. GRU hücreleri hiyerarşik bir yapıda birbirine bağlıdır ve son katmanda tam bağlantılı (fully connected) bir yapı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

mevcuttur. GRU hücreleri, normal girdilerine ek olarak önceki zaman adımında gecikmiş bir girdi de alırlar.

Şekil 1. GRU Yapay Sinir Ağının Mimari Yapısı



GRU sinir ağının girdileri, (4) numaralı denklemde verilmiştir. Denklemden de görülebileceği gibi, GRU'nun girdileri: gecikmeli değişkenler, üyelik değerlerinin bir adımlı gecikmeli değişkenleri ve üye olmama değerlerinin bir adımlı gecikmeli değişkenleridir.

$$Input_t = [X_{t-1}, \dots, X_{t-p}, \mu_{A_1}(X_{t-1}), \mu_{A_2}(X_{t-1}), \dots, \mu_{A_c}(X_{t-1}), \nu_{A_1}(X_{t-1}), \nu_{A_2}(X_{t-1}), \dots, \nu_{A_c}(X_{t-1})] \quad (4)$$

Adım 6. Farklı hiperparametre setleri üzerinde eğitilmiş olan GRU sinir ağları kullanılarak doğrulama kümesi (validation set) için performans hesaplamaları yapılır. Performans hesaplaması, doğrulama kümesinin hedef değerleri (targets) için aşağıda verilen formüle göre

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

hesaplanan RMSE (Kök Ortalama Kare Hatası) değerleri ile gerçekleştirilir. En düşük RMSE değerine sahip olan hiperparametre seti seçilir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntest}(X_t - \hat{X}_t)^2}{ntest}} \quad (5)$$

Adım 7. 6. adımda seçilen optimal hiperparametre seti için eğitim kümesi ve doğrulama kümesi birleştirilir ve GRU sinir ağı bu yeni genişletilmiş eğitim seti için eğitilir. Eğitim, 30 farklı rastgele başlangıç (random initializations) ile tekrarlanır. Bu sayede 30 farklı eğitilmiş GRU ağı elde edilir.

Bu yöntem sayesinde, hiperparametreleri seçilen modelin sonuçlarının detaylı bir analizi gerçekleştirilecektir. Özellikle makine öğrenimi yöntemlerinde, klasik tahmin yöntemlerinin aksine, hata yüzeyleri çok sayıda yerel optimum içerdiğinden:

- Arama uzayından seçilen rastgele başlangıç ağırlıkları, optimizasyon sürecinde elde edilen optimum noktanın farklı yerel optimumlara yakınsamasına neden olur.
- Bu durum, elde edilen sonuçların değişkenliğinin yüksek olmasına yol açar.

Çoklu regresyonda (multiple regression) ise optimizasyon uzayında tek bir optimumun bulunması, yöntemin sonuçlarının tekil olarak elde edilmesine neden olur. Bu bağlamda, makine öğrenimi yöntemlerinin sonuçlarını değerlendirmek için bu çalışmada kullanılan yöntem, literatürdeki birçok çalışmada tercih edilmektedir.

Adım 8. Eğitilmiş GRU ağlarının test kümesi (test set) için performansı hesaplanır.

- RMSE değerlerinin ortalama, standart sapma, minimum (minimum) ve maksimum istatistikleri hesaplanır.
- Yöntemin performansını değerlendirmek amacıyla, ağ farklı rastgele başlangıç ağırlıklarıyla tekrar tekrar eğitilir ve performanstaki değişim gözlemlenir.

3. UYGULAMA

Bu çalışmada, önerilen yöntem performansını test etmek için 01/01/2022 ile 26/04/2023 tarihleri arasındaki Bitcoin USD (BTC-USD) ayarlanmış kapanış fiyatları kullanılmıştır. BTC-USD serisi, "finance.yahoo.com" web sitesinden elde edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

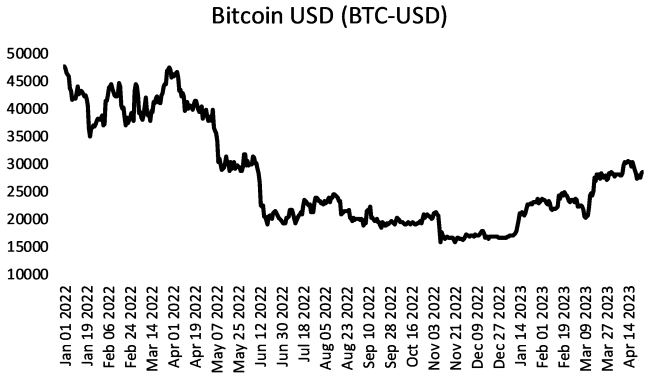
Veri Seti Yapısı:

- Zaman serisi 502 gözleme sahiptir.
- Bu gözlemlerden 14'er tanesi sırasıyla doğrulama (validation) ve test kümelerine ayrılmıştır.
- Zaman serisinin çizgi grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

Seri Analizi ve Ön İşleme

Zaman serisinin grafiği incelendiğinde, serinin ilk günlerde düşüşe geçtiği, ardından yatay eksene paralel hale gelerek düşüş trendinden kurtulduğu görülmektedir. Serinin ilk gözlemlerinde dalgalanmaların daha yüksek olduğu da gözlemlenmiştir. Zaman serisinin grafiksel sunumu, seride azalan bir trend olduğunu ve serinin durağan olmayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, zaman serisinin analizindeki tüm uygulamalar serinin birinci fark serisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Genellikle, bu tür serilerin birinci fark serisinin bir beyaz gürültü süreci özelliklerine sahip olduğu ve doğrusal ilişkileri temsil eden otokorelasyonların sıfıra yakın olduğu gözlemlenir. Ancak, bu tür serilerde doğrusal olmayan ilişkilerin hala mevcut olabileceği gözlemlenmektedir ve bu nedenle, makine öğrenimi yöntemleri birinci fark serisine rastgele yürüyüş modelinden daha iyi sonuçlarla uygulanabilir.

Şekil. 2. 01/01/2022 ve 26/04/2023 tarihleri arasındaki Bitcoin kapanış fiyatları



Önerilen yöntemin performansı, bulanık zaman serisi yöntemleri ve resim bulanık fonksiyon yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır. En temel bulanık metotlar ve güncel metotlarla bir karşılaştırma yapılmıştır.

Performans Karşılaştırmasında Kullanılan Metotlar

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

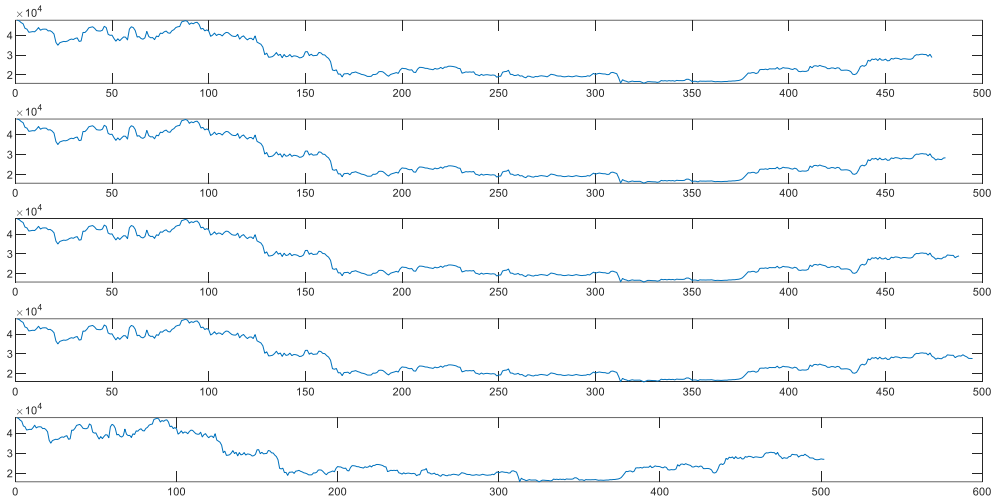
Performans karşılaştırmasında kullanılan metotlar şunlardır:

- Bas ve ark. [3]
- Aladag [2]
- Bas ve ark. [8]
- Chen [9]
- Chen [10]

Kaydırma Penceresi Yaklaşımı (Rolling Window Approach)

BTC-USD zaman serisi, kaydırma penceresi yaklaşımı ile 5 ayrı zaman serisine bölünmüş ve tüm metotlar bu serilere uygulanmıştır. Çizim grafikleri Şekil 3'te verilmiştir. Kaydırma penceresiyle oluşturulan zaman serilerinin gözlem sayıları sırasıyla 474, 481, 488, 495 ve 502'dir.

Şekil. 3. 01/01/2022 ve 26/04/2023 tarihleri arasındaki kapanış fiyatları



Kayan pencere yöntemiyle oluşturulan zaman serileri için tüm yöntemlerin sonuçları sırasıyla Tablo 1-5'te özetlenmiştir. Tablolarda, yöntemin genel performansını değerlendirmek amacıyla ortalama ve medyan istatistikleri sunulmuştur. Medyan istatistiği aykırı değerlerden etkilenmediği için; arama uzayının optimum noktasından uzak veya komşuluk yapıları tarafından kolayca erişilemeyen rastgele başlangıç noktalarında elde edilen kötü tahmin performanslarını hariç tutmada yararlı kabul edilebilir. Standart sapma ve benzeri sağlam bir ölçüt olan çeyrekler arası sapma, yöntemin rastgele başlangıç ağırlıklarına göre değişkenliğinin bir ölçüsü olarak sunulmuştur. Ayrıca, en iyi ve en kötü sonuçları görebilmek adına minimum ve maksimum istatistiklere de yer verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tablo 1. Seri 1 için RMSE Sonuçları

Yöntem	Ortalama	Std. Sap.	Min.	Max.
Bas et al. [3]	395,67	0,49	395,02	396,18
Aladag [2]	376,26	0	376,26	376,26
Bas et al. [8]	383,79	26,14	337,32	471,28
Chen [9]	835,91			
Chen [10]	978,92			
Önerilen Yöntem	387,37	2,38	384,88	391,13

Tablo 2. Seri 2 için RMSE Sonuçları

Yöntem	Ortalama	Std. Sap.	Min.	Max.
Bas et al. [3]	573,23	5,70	566,27	580,24
Aladag [2]	593,08	0	593,08	593,08
Bas et al. [8]	592,27	36,48	538,10	680,14
Chen [9]	875,20			
Chen [10]	854,85			
Önerilen Yöntem	574,07	0,66	572,77	576,56

Tablo 3. Seri 3 için RMSE Sonuçları

Yöntem	Ortalama	Std. Sap.	Min.	Max.
Bas et al. [3]	623,1	4,09	616,26	635,00
Aladag [2]	649,4	0	649,40	649,40
Bas et al. [8]	682,2	34,14	616,69	1079,34
Chen [9]	849,45			
Chen [10]	565,06			
Önerilen Yöntem	612,60	0,91	611,21	614,16

Tablo 4. Seri 4 için RMSE Sonuçları

Yöntem	Ortalama	Std. Sap.	Min.	Max.
Bas et al. [3]	691,54	5,48	682,24	702,05
Aladag [2]	675,43	0	675,43	675,43
Bas et al. [8]	810,02	47,39	665,82	3359,07
Chen [9]	988,33			
Chen [10]	781,05			
Önerilen Yöntem	675,74	1,45	673,48	678,91

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tablo 5. Seri 5 için RMSE Sonuçları

Yöntem	Ortalama	Std. Sap.	Min.	Max.
Bas et al. [3]	685,97	2,38	679,30	690,43
Aladag [2]	727,08	0	727,08	727,08
Bas et al. [8]	729,22	26,92	645,89	1587,71
Chen [9]	880,30			
Chen [10]	747,75			
Önerilen Yöntem	685,38	2,05	682,75	686,87

Tablo 1, yöntemin ortalama ve minimum istatistiklere göre en iyi 3., maksimum istatistiklere göre ise en iyi 2. sonucu verdiğini göstermektedir. Tablo 2'de, yöntemin ortalama istatistiklere göre en iyi 2., maksimum istatistiğe göre ise en iyi sonucu verdiği; minimum istatistiğe göre ise en iyi 3. sonucu verdiği görülmektedir. Tablo 3, yöntemin tüm istatistikler açısından en iyi sonuçları sağladığını ortaya koymaktadır. Tablo 4'te yöntemin tüm istatistiklerde en iyi ikinci sonucu verdiği görülürken; Tablo 5, yöntemin ortalama istatistiklerde en iyi sonucu, minimum ve maksimum istatistiklerde ise en iyi ikinci sonucu verdiğini göstermektedir.

Uygulama sonuçlarına dayalı genel bir değerlendirme yapıldığında, önerilen yöntemin ortalama istatistiklere göre diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu görülmektedir. Merkezi eğilimi en iyi yansıtan istatistiklerden biri olması nedeniyle, yöntemlerin performans değerlendirmesinde ortalama istatistiği öncelikli kabul edilebilir. Ayrıca, yöntemin değişkenliğinin makul bir seviyede olduğu, en iyi ve en kötü sonuçların ise istenilen düzeylerde gerçekleştiği görülmektedir. Bu çalışmanın kısıtı, sonuçların yalnızca Bitcoin borsa verileri üzerinde elde edilmiş ve değerlendirilmiş olmasıdır. Yöntemin performansı diğer veri setleri üzerinde de sınanmalıdır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, GRU (Geçitli Tekrarlayan Birimler) tabanlı yeni bir öngörü yöntemi önerilmiştir. Makalenin özgünlüğü, GRU'nun sezgisel bulanık zaman serisi yönteminde ilk kez kullanılmasıdır. Bir diğer yenilik ise, yeni bir bulanık zaman serisi öngörü modeli sunmasıdır.

Önerilen yeni öngörü yönteminin performansı, hem klasik hem de gelişmiş bulanık tekniklerle karşılaştırılmıştır. Yöntemin rekabetçi sonuçlar ürettiği ve tatmin edici öngörü sonuçlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Bu tür yöntemlerdeki bir diğer önemli sorun, yöntemin girdilerinin sınanması ve yöntemin geçerliliğinin test edilmesidir. Makine öğrenmesi yöntemleri genellikle öngörü performansına odaklansa da yöntemin geçerliliğini kontrol etmek de kritiktir. İstatistiksel öngörü yöntemlerinde, hipotez testleri bu tür kontrollerin ve adımların sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılar. Gelecek çalışmalar için düşünülebilecek konulardan biri, bu çalışmada önerilen yöntemde model geçerliliğini ve girdi geçerliliğini kontrol edecek yöntemlerin geliştirilmesidir. İlerideki çalışmalarda, GRU'nun resim bulanık kümeleri tabanlı yeni bir öngörü yöntemi oluşturulmasında kullanılması planlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] Egrioglu, E., Yolcu, U., & Bas, E. (2019). Intuitionistic high-order fuzzy time series forecasting method based on pi-sigma artificial neural networks trained by artificial bee colony. Granular Computing, 4, 639–654.

[2] Aladag, C. H. (2013). Using multiplicative neuron model to establish fuzzy logic relationships. Expert Systems with Applications, 40(3), 850–853.

[3] Bas, E., Egrioglu, E., Aladag, C. H., & Yolcu, U. (2015). Fuzzy-time-series network used to forecast linear and nonlinear time series. Applied Intelligence, 43, 343–355.

[4] Cansu, T., Bas, E., Egrioglu, E., & Akkan, T. (2024). Intuitionistic fuzzy time series forecasting method based on dendrite neuron model and exponential smoothing. Granular Computing, 9(2), 49.

[5] Bas, E., Egrioglu, E., & Kolemen, E. (2022). A novel intuitionistic fuzzy time series method based on bootstrapped combined pi-sigma artificial neural network. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 114, 105030.

[6] Kocak, C., Egrioglu, E., & Bas, E. (2021). A new deep intuitionistic fuzzy time series forecasting method based on long short-term memory. The Journal of Supercomputing, 77, 6178–6196.

[7] Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., & Bengio, Y. (2014). Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation. arXiv preprint arXiv:1406.1078.

[8] Chaira, T. (2011). A novel intuitionistic fuzzy C means clustering algorithm and its application to medical images. Applied Soft Computing, 11(2), 1711–1717.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[9] Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2020). Picture fuzzy regression functions approach for financial time series based on ridge regression and genetic algorithm. Journal of Computational and Applied Mathematics, 370, 112656.

[10] Chen, S. M. (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems, 81(3), 311–319.

[11] Chen, S. M. (2002). Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series. Cybernetics and Systems, 33(1), 1–16.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ÖNGÖRÜ PROBLEMİ İÇİN GUMBEL AKTİVASYON FONKSİYONU İLE DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI

Ögr. Gör. Mete ÖZDEMİR
Giresun Üniversitesi,
mete.ozdemir@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-0908-4311

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun Üniversitesi,
erol.egrioglu@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

Prof. Dr. Eren Baş
Giresun Üniversitesi,
eren.bas@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

ÖZET

Dentritik yapay sinir ağı, çok katmalı algılayıcıya alternatif olarak geliştirilmiş, bir sığ yapay sinir ağıdır. Bu yapay sinir ağında çıktı katmanında lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu çıktının doğrusal olmayan dönüşümünü sağlayan önemli bir bileşen olup, ağın performansı üzerinde doğrudan etkilidir. Literatürde dentritik yapay sinir ağında farklı aktivasyon fonksiyonlarının performans üzerindeki etkisi araştırılmamıştır. Ayrıca aktivasyon fonksiyonları olasılık yoğunluk fonksiyonlarına benzer yapıya sahip olmasına rağmen, Gauss eğrisi haricinde diğer dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonlarının aktivasyon fonksiyonu olarak ele alınmadığı görülmektedir. Bu çalışmada Dentritik yapay sinir ağı, çıktı katmanında Gumbel aktivasyon fonksiyonu kullanılarak yeni bir sığ yapay sinir ağı formülasyonu elde edilmiştir. Yeni sığ yapay sinir ağının eğitimi için parçacık sürü optimizasyonuna dayalı bir eğitim algoritması önerilmiştir. Bu yeni sığ yapay sinir ağı literatürdeki diğer bilinen yapay sinir ağları ile karşılaştırılarak performansı araştırılmıştır. Uygulamada S&P 500 borsasından elde edilen zaman serileri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dentritik yapay sinir ağı, Aktivasyon Fonksiyonu, Gumble Dağılımı, Öngörü, Parçacık Sürü Optimizasyonu

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Son yıllarda, yapay zekâ alanında dendritik yapay sinir ağları giderek artan bir ilgi görmektedir. Klasik yapay sinir ağları genellikle girdilerin lineer ağırlıklandırmasına dayalı çalışırken, dendrit yapay sinir ağlarında girdilerin doğrusal olmayan dönüşümleri ağırlıklandırılmakta ve biyolojik nörona daha yakın bir hesaplama mimarisi sunmaktadır. Literatürde, dendritik ağların daha az parametre ile daha yüksek genelleme kapasitesine sahip olabileceği görülmektedir. Literatür incelendiğinde…

Çalışmanın ikinci bölümünde, Gumbel dağılımı ve Gumbel aktivasyon fonksiyonu tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde Gumbel aktivasyon fonksiyonunu kullanan dentritik yapay sinir ağı tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde uygulama sonuçları sunulmuştur. Son bölümde ise tartışma gerçekleştirilmiş ve gelecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

2. GUMBEL DAĞILIMI VE GUMBEL AKTİVAYON FONKSİYONU

Gumbel dağılımı tüm reel eksen üzerinde tanımlanmış, maksimum ve minimum noktaların dağılımını modellemek için kullanılan bir istatistiksel dağılımdır. Standart Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$f(x) = \exp\left(-(x + \exp(-x))\right) \tag{1}$$

Yapay sinir ağlarında kullanılan aktivasyon fonksiyonları sınırlı fonksiyonlar olup, yapay sinir ağına genel fonksiyon yaklaştırıcı özelliği kazandırmaktadırlar. Aktivasyon fonksiyonları doğrusal olmayan eşleştirmeyi sağlamada önemli bir göreve sahiptir. İstatistikte kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının yapay sinir ağlarında aktivasyon fonksiyonu olarak kullanımına en önemli örnek radyal temelli yapay sinir ağlarında Gauss aktivasyon fonksioynunun kullanımıdır.

Standart Gumbel dağılımının yapay sinir ağlarında bir aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılması, literatürde özellikle asimetrik öğrenme ve uç değerlerin yönetimi konularında standart aktivasyon fonksiyonlarına (Sigmoid, Tanh, ReLU) göre önemli farklılıklar ve avantajlar sunar. Bu fonksiyonun Sigmoid gibi "S" eğrisi çizen diğer fonksiyonlardan en temel farkı simetrik olmamasıdır. Standart Sigmoid veya Tanh fonksiyonları orijine veya 0.5 noktasına göre simetriktir ancak gerçek dünya verileri her zaman simetrik değildir. Standart Gumbel dağılımının aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılması durumunda bazı avantajlara sahip olmasını bekleyebiliriz. Eğer modellediğiniz veri seti normal dağılım göstermiyor ve sağa veya sola çarpık bir yapıya sahipse, Gumbel aktivasyon fonksiyonu bu yapıyı modellemede Sigmoid'den daha başarılı olabilir. Gumbel, doğası gereği uç değerler teorisine dayandığı için verideki bu dengesizliği daha doğal bir şekilde yakalar. Sigmoid fonksiyonu, giriş değeri çok büyüdüğünde veya çok küçüldüğünde türevi sıfıra yaklaşır. Gumbel fonksiyonunun asimetrik yapısı, hatanın pozitif veya negatif olmasına bağlı olarak farklı cezalandırma uygular. Bu durum, ağın ağırlıklarını güncellerken "hatalı pozitifler" ve "hatalı negatifler" için farklı öğrenme oranları gibi davranmasını sağlar, bu da bazı durumlarda daha hızlı yakınsama yaratabilir. Gumbel dağılımı istatistikte "Uç Değer Teorisi"nin bir parçasıdır. Bu fonksiyon aktivasyon olarak kullanıldığında, ağın nadir görülen olaylara veya uç değerlere karşı daha sağlam özellikler geliştirmesine yardımcı olabilir. Özellikle finansal kriz tahminleri veya doğal afet modellemeleri gibi "nadir ama etkisi büyük" olayların analizinde avantaj sağlayabilir. Bu

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

çalışmada önerilen Gumbel aktivasyon fonksiyonu iki parametreye $(k_{soma}, \theta_{soma})$ bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$f(x) = \exp\left(-(k_{soma}(x - \theta_{soma} + \exp\left(-k_{soma}(x - \theta_{soma})\right) \quad (2)$$

3. GUMBEL AKTİVASYON FONKSİYONUNA SAHİP DENDRİTİK NÖRON MODEL

Dendrit nöron model ilk olarak Todo vd. (2014) çalışmasında önerilmiştir. Bu çalışmada Dendrit nöron model yapay sinir ağı lojistik aktivasyon fonksiyonu yerine, Gumbel aktivasyon fonksiyonu kullanılarak değiştirilmiştir.

Dendritik nöron modelde p girdi ve M dendrite bulunduğu durum için çıktı hesaplama formülleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Sinaptik fonksiyon:

$$Y_{ij} = \frac{1}{1+\exp\left(-k\left(w_{ij}Girdi_i+\theta_{ij}\right)\right)} \quad i = 1,2,\dots,p; j = 1,2,\dots,M \quad (3)$$

Dendrit foksiyon:

$$Z_j = \left(\prod_{i=1}^{p} Y_{ij}\right); j = 1,2,\dots,M \quad (4)$$

Membrane fonksiyon:

$$V = \sum_{j=1}^{M} Z_j \quad (5)$$

DNM'nin çıktısı eşitlik (6)'daki gibi bulunur.

$$output = \exp\left(-(k_{soma}(V - \theta_{soma} + \exp\left(-k_{soma}(V - \theta_{soma})\right) \quad (6)$$

Gumbel aktivasyonu ile çalışan dentritik nöron model yapay sinir ağının eğitiminde parçacık sürü optimizasyonu, genetik algoritma gibi bir yapay zeka optimizasyon algoritması kullanılabilir. Bu çalışmada parçacık sürü optimizasyonu yöntemi eğitim algoritmasını oluşturmada tercih edilmiştir.

4. UYGULAMA

Önerilen Gumbel aktivasyonu ile çalışan dentritik nöron model yapay sinir ağının performansının araştırılmasında 2014 ve 2016 yılları arasındaki S&P 500 borsa zaman serisi kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan zaman serileri ve yöntemler için kullanılan hiper parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Önerilen yöntemin performansının araştırılmasında sığ yapay sinir ağları ile karşılaştırmalar esas alınmıştır. Önerilen yöntemin katkı vermesi durumunda, lojistik aktivasyon fonksiyonu ile çalışan dendrtik nöron modelinden daha yüksek performans göstermesi beklenmektedir. Yöntemin performansının karşılaştırılmasında tek çarpımsal sinir hücreli yapay sinir ağı (SMNM-ANN), çok katmanlı algılayıcı (MLP-ANN), Pi-Sigma yapay sinir ağı (PS-ANN), dendritik yapay sinir ağı (DNM-ANN) yöntemleri kullanılmıştır. Performans karşılaştırmalarında test kümesi üzerinden hesaplanan hata kareler ortalaması karekök değeri (RMSE) kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntest}(X_t - \hat{X}_t)^2}{ntest}} \quad (7)$$

Tablo 1. Veri Setinin Özellikleri ve Hiperparametreler

Veri Seti	Gözlem Sayısı	p	M	$ntest$
S&P 500-2014	252	1:5	2:5	25
S&P 500-2015	252	1:5	2:5	25
S&P 500-2016	252	1:5	2:5	25

Yöntemlerin performanslarını karşılaştırılması için elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yapay Sinir Ağlarının Performans Sonuçları

Data Sets	Methods	Mean	Median	Min
S&P 500-2014	SMNM-ANN	44.78	44.71	40.24
	MLP-ANN	47.89	46.21	25.38
	PS-ANN	38.40	35.30	30.42
	DNM-ANNs	47.89	46.21	25.38
	DNM-GUMBEL	24.45	24.45	24.45
S&P 500-2015	SMNM-ANN	20.58	20.58	20.58
	ML-FF-ANN	20.18	20.18	20.16
	PS-ANN	20.18	20.18	20.16
	DNM-ANNs	20.83	20.68	19.24
	DNM-GUMBEL	26.85	26.85	26.85
S&P 500-2016	SMNM-ANN	53.28	52.36	49.26
	ML-FF-ANN	78.77	78.08	76.31
	PS-ANN	78.77	78.08	76.31
	DNM-ANNs	88.36	80.78	76.27
	DNM-GUMBEL	34.22	34.22	34.22

En iyi yöntem Gumbel dağılımını kullanan DNM-GUMBEL yöntemidir. Ancak bu başarı yıla göre değişkenlik göstermektedir:

S&P 500-2014: DNM-GUMBEL (24.45), en yakın rakibi PS-ANN'den (38.40) ve diğerlerinden (47.89) çok daha düşük bir hata oranına sahip. Yaklaşık %35-%50 daha iyi performans göstermiş.

S&P 500-2015: Bu yılda tablo tersine dönmüş. SMNM, MLP ve PS-ANN yöntemleri 20.18 - 20.58 bandında seyrederken, DNM-GUMBEL 26.85 ile en yüksek hatayı vermiş.

S&P 500-2016: Fark daha da çarpıcı. Diğer yöntemler 53 ile 88 arasında yüksek hatalar verirken, DNM-GUMBEL 34.22 seviyesinde kalmış. Rakiplerine kıyasla hatayı yarı yarıya düşürmüş.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, klasik Dendritik Yapay Sinir Ağı (DNM) mimarisinde kullanılan lojistik aktivasyon fonksiyonu yerine, asimetrik yapısı ve uç değerlere olan duyarlılığı ile bilinen Gumbel kümülatif dağılım fonksiyonu entegre edilerek yeni bir öngörü modeli (DNM-GUMBEL) önerilmiştir. Önerilen yöntemin performansı, literatürde yaygın olarak kullanılan SMNM-ANN, MLP-ANN, PS-ANN ve standart DNM-ANN yöntemleri ile S&P 500 borsa endeksinin üç farklı dönemi (2014, 2015, 2016) üzerinden karşılaştırılmıştır.

Elde edilen uygulama bulguları, Gumbel aktivasyon fonksiyonunun özellikle verinin yüksek oynaklık içerdiği veya standart dağılımdan saptığı dönemlerde model performansını belirgin şekilde artırdığını göstermektedir. Standart aktivasyon fonksiyonları (Sigmoid, Tanh) simetrik yapıları gereği pozitif ve negatif hatalara benzer tepkiler verirken, önerilen Gumbel tabanlı yaklaşım asimetrik bir öğrenme süreci sunmaktadır. Tablo 2'deki sonuçlar incelendiğinde, DNM-GUMBEL yönteminin Mean, Median ve Min değerlerinin birbirine eşit olduğu görülmektedir. Bu durum, önerilen yöntemin başlangıç ağırlıklarına karşı hassasiyetinin düşük olduğunu ve eğitim sürecinde çok yüksek bir kararlılıkla global minimuma yakınsadığını kanıtlamaktadır. Sonuç olarak; önerilen DNM-GUMBEL modeli, her veri seti için tek bir çözüm olmaktan ziyade, özellikle finansal krizler, ani borsa hareketleri veya asimetrik dağılım gösteren zaman serileri için özelleşmiş, yüksek performanslı bir alternatif olarak literatüre kazandırılmıştır.

Gelecek çalışmalarda, Gumbel dağılımının yanı sıra, Weibull veya Fréchet gibi diğer uç değer dağılımlarının da dendritik yapay sinir ağlarında aktivasyon fonksiyonu olarak performansı araştırılabilir. Bu çalışmada sığ bir mimari (Dendritik YSA) kullanılmıştır. Gelecek çalışmalarda Gumbel aktivasyon fonksiyonunun Derin Dendritik Yapay Sinir Ağları (Deep Dendritic ANN) veya Derin Öğrenme mimarileri (LSTM, CNN) üzerindeki etkisi incelenebilir. Yöntem bu çalışmada finansal zaman serileri üzerinde test edilmiştir. Yöntemin başarısı, doğası gereği Gumbel dağılımına uyan rüzgar hızı tahmini, yağış miktarı öngörüsü veya deprem büyüklüğü tahmini gibi farklı disiplinlerdeki problemler üzerinde de test edilmelidir.

Kaynaklar

1- Bas, E., & Egrioglu, E. (2024). Robust training of median dendritic artificial neural networks for noisy environments. *Expert Systems with Applications*, 242, 122834. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122834
2- Bird, A. D., Cuntz, H., & Smith, S. L. (2021). Dendritic normalisation improves learning in sparsely connected artificial neural networks. *PLoS Computational Biology, 17*(12), e1009728. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009728
3- Chavlis, S., & Poirazi, P. (2025). Dendrites endow artificial neural networks with accurate, robust and parameter-efficient learning. *Nature Communications, 16*, 1928. https://doi.org/10.1038/s41467-025-56760-5
4- Egrioglu, E. (2022). Recurrent dendritic neuron model artificial neural network and its forecasting performance. *Neural Computing and Applications, 34*, 21431–21445. https://doi.org/10.1007/s00521-022-07317-5
5- Egrioglu, E., & Bas, E. (2024). A new deep neural network for forecasting: Deep dendritic artificial neural network. *Artificial Intelligence Review, 57*(6), 4501–4525. https://doi.org/10.1007/s10462-024-10664-2

6- Endocrinology Research and Practice. (2025). Diabetes development prediction using a hybrid model combining dendritic artificial neuron model and logistic regression. *Endocrinology Research and Practice, 29*(2), 145–156. https://doi.org/10.1016/j.endrep.2025.02.005
7- Pagkalos, M. (2024). Leveraging dendritic properties to advance machine learning. *Neural Networks, 171*, 324–338. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.02.017
8- Sadegh-Zadeh, S. A., Ahmadabadi, M. N., & Poirazi, P. (2024). Advancing neural computation: Experimental validation of dendritic-inspired artificial neurons. *Frontiers in Computational Neuroscience, 18*, 142. https://doi.org/10.3389/fncom.2024.00142
9- Wang, Y., Li, Z., & Zhang, H. (2023). Bootstrapped dendritic neuron model for robust classification. *Knowledge-Based Systems, 268*, 110345. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.110345
10- Zhang, L., Liu, J., & Sun, Y. (2024). Dendritic integration inspired artificial neural networks. In *Proceedings of the 38th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*. arXiv preprint arXiv:2406.12892

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

YABANCI ZİYARETÇİ SAYISININ ÖNGÖRÜSÜ İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN PERFORMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Şerif Ahmet DEMİRDAĞ
Giresun Üniversitesi,
serif.demirdag@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-4317-5727

İbrahim EĞRİOĞLU
Giresun Üniversitesi,
o252054002@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0009-0009-9068-8075

Prof. Dr. Eren Baş
Giresun Üniversitesi,
eren.bas@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

ÖZET

Ziyaret edilen ülkedeki, özel veya kamuya açık konaklama tesislerinde en az bir gece kalan yabancı ziyaretçi sayıları, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından takip edilmekte ve Sınır İstatistikleri yıllık bültenlerinde yayınlanmaktadır. Yabancı ziyaretçi sayılarının öngörülmesi ülkemizdeki turizm planlaması için kritik öneme sahiptir. Son yıllarda öngörü yöntemleri olarak makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmanın motivasyonu, makine öğrenmesi yöntemlerinin ziyaretçi sayılarının öngörüsü için kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada Türkiye'ye gelen yabancı ziyaretçilerin sayısından oluşan zaman serisi, çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri ile öngörülerek, öngörü için kullanılabilecek en iyi performansa sahip yöntem belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Turizm Öngörüsü, Yabancı Ziyaretçi Sayısı, Zaman Serileri Analizi, Makine Öğrenmesi Yöntemleri, Turizm İşletmeciliği

1. GİRİŞ

Turist sayılarının öngörülmesi, turizm planlaması açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Turist sayılarının doğru öngörüleri sayesinde, turizm kaynaklarının verimli ve akılcı

kullanılması sağlanabilmektedir. Turizm öngörüsü alanında farklı yaklaşımlar bulunmakla birlikte, genel olarak yaklaşımlar tek değişkenli ve çok değişkenli yaklaşımlar olarak iki grupta toplanabilir. Çok değişkenli yaklaşımlarda talep gibi ziyaretçi sayısı ile nedensel ilişkiye sahip değişkenler belirlenerek öngörüye yardımcı olmaktadır. Tek değişkenli zaman serisi analizinde ise, ziyaretçi sayılarının önceki zamanlarda gerçekleşen değerleri üzerinden örüntüler yakalamak hedeflenmektedir. Tek değişkenli zaman serisi analizi için gecikmeli değişkenler büyük öneme sahip olup, analizdeki yardımcı faktörler olarak düşünülebilirler. Athanasopoulos vd. (2011) çalışmasında tek değişkenli zaman serisi analizinin diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Turizm alanında son yıllarda diğer bir trend ise makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılmasıdır. Nunez vd. (2024) çalışmasında turizm alanında makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımı üzerine detaylı bir literatür incelemesi gerçekleştirmiştir. Literatür çalışmasında turizm talebi öngörüsü alanında makine öğrenmesi yaklaşımlarını kullanan makalelerin ağırlıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Makine öğrenmesi yaklaşımı olarak 37 farklı yöntemin kullanıldığı ve turizm alanındaki çalışmaların %35'inin ise tahmin odaklı gerçekleştirildiği görülmektedir. Turizm alanında kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin ARIMA, SARIMA ve regresyon gibi klasik öngörü yöntemleri, CNN, GRU ve LSTM gibi yapay sinir ağları yöntemleri, Rastgele Orman gibi karar ağacı yöntemleri ve destek vektör makinaları olduğu görülmektedir. Türkiye turizm verilerinin öngörüsü için literatürde bazı çalışmalar bulunmaktadır. Aki (1988)'de doğrusal regresyon modelleri ile Turizm talep tahmini üzerine çalışmıştır. Ulucak vd. (2020) çalışmasında panel veri yaklaşımı ile gravity modelleri Türkiye turizm verilerine uygulamıştır. Yabanci (2024), Türkiye turizm verilerindeki mevsimselliği araştırmıştır. Bilek (2025) çalışmasında turizm talebi öngörüsü için SARIMA ve SARIMAX modellerini kullanmıştır. SARMA modelinin yani tek değişkenli zaman serisi analizi ile çalışan doğrusal bir modelin, açıklayıcı değişken kullanana ya da yardımcı seri kullanan SARIMAX yöntemine göre daha başarılı öngörü sonucu verdiğini bulmuştur.

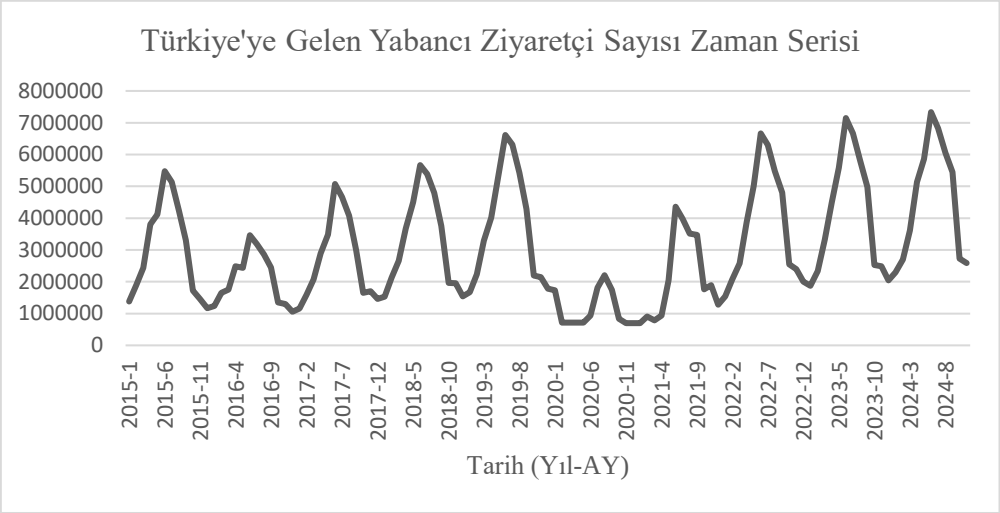
Literatür incelemesi sonucunda turizm talep öngörüsü ya da yabancı ziyaretçi sayısının öngörüsünde literatürde genel olarak tek değişkenli zaman serisi analizi ile daha doğru öngörü sonuçlarına ulaşıldığı görülmektedir. Bu çalışmada tek değişkenli zaman serisi analizinde makine öğrenmesi yöntemlerinin performansı karşılaştırılmıştır.

2. VERİ SETİ VE ÖN İNCELEME

Çalışmada kullanılacak veri seti T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı ile Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı tarafından derlenen 2015 ile 2024 yılları arasında Türkiye'ye gelen aylık yabancı

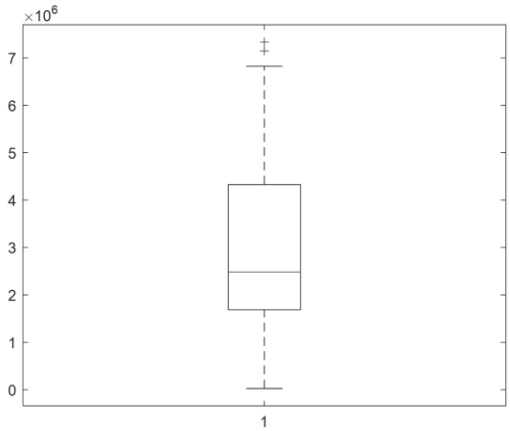
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

uyruklu ziyaretçi sayılarıdır. Zaman serisinin grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Zaman serisi grafiği incelendiğinde zaman serisinin mevsimsellik içerdiği, Koronavirüs pandemisi döneminde (2020 ve 2021) ise ziyaretçi sayılarının belirli aylarda çok düşük kaldığı görülmektedir. Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi için Box-Plot Grafiği ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi Grafiği

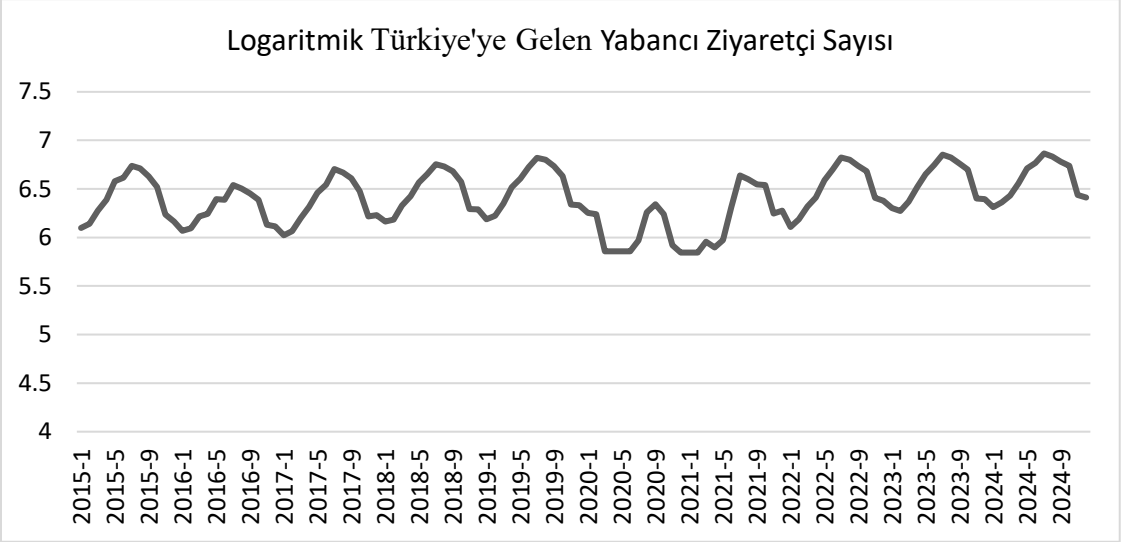
Box-Plot Grafiği incelendiğinde pandemi dönemi verileri aykırı değer olarak işaretlenmemesi yanında, 2023ve 2024 yılları temmuz ayındaki veriler çok fazla değere sahip olduğundan aykırı değer olarak işaretlenmişlerdir.



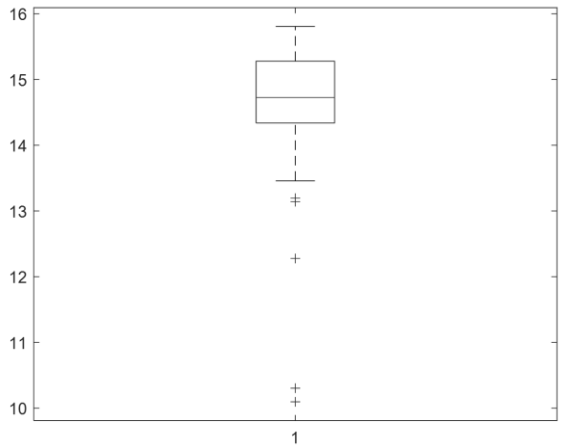
Şekil 2. Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi için Box-Plot Grafiği

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Şekil 2 incelendiğinde verinin sağa çarpık olduğu görülmektedir. Bu nedenle zaman serisi verisinin logaritması ile çalışılması tercih edilmiştir. Logaritmik zaman serisinin grafiği Şekil 3'de verilmiştir. Logaritmik seri için Box-Plot Grafiği ise Şekil 4'de verilmiştir.



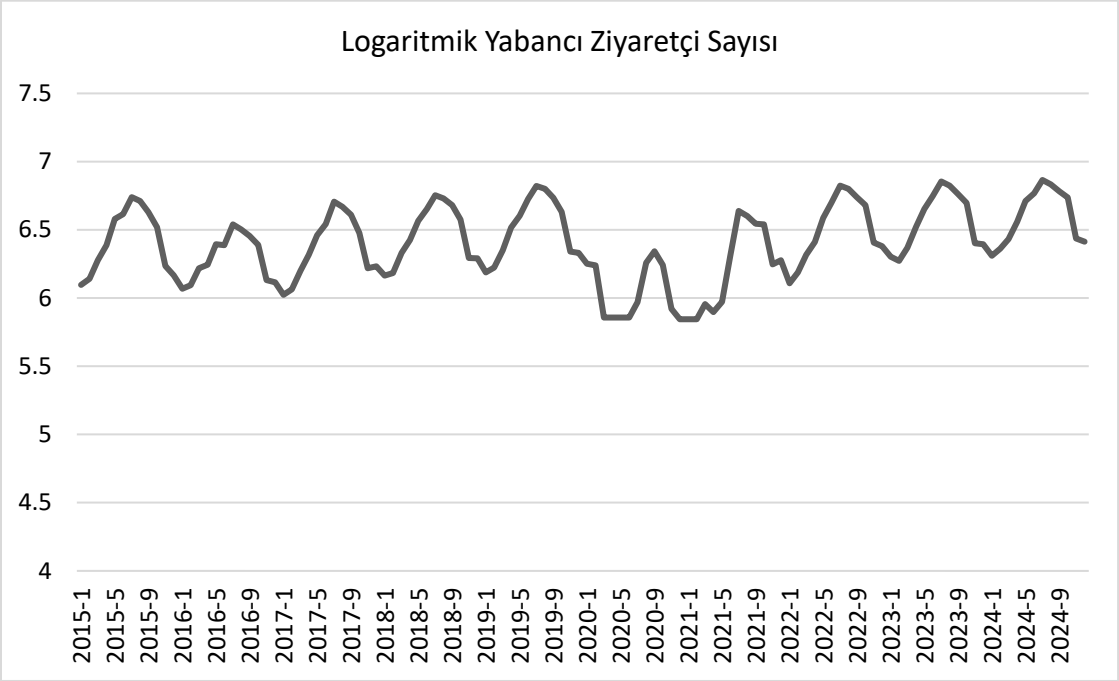
Şekil 3. Logaritmik Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi Grafiği



Şekil 4. Logaritmik Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi için Box-Plot Grafiği

Logaritmik serinin nispeten simetrik hale geldiği görülmek ile birlikte, bazı gözlemler aykırı değer olarak işaretlenmiştir. Bu 5 gözlemler pandemi dönemindeki kapanma verileri olan 2020 yılı 4,5 ve 6. ay ile, 2021 yılı 1 ve 2. ay değerleridir. Bu gözlemler kendilerinden önceki bir ayın gözlem değerleri ile değiştirilerek zaman serisinin daha rahat modellenmesi sağlanacaktır. Nihai zaman serisi Şekil 5'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Şekil 5. Aykırı Değerlerden Temizlenmiş Logaritmik Türkiye'ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayıları Zaman Serisi Grafiği

3. MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN UYGULAMA SONUÇLARI

Makine öğrenmesi yöntemlerinin uygulanması için veri setinden ilk olarak zaman serisinin aylık olduğu da dikkate alınarak 18 adet gecikmeli değişken belirlenmiştir. Gecikmeli değişkenlerin modelleme de hangilerinin kullanılacağının belirlenmesi için MRMR özellik seçim yöntemi uygulanmıştır. En önemli 6 değişken ile makine öğrenmesi yöntemlerinin uygulanmasına karar verilmiştir. Tüm makine öğrenmesi yöntemlerinde 5 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Uygulama Matlab Regression Learner aplikasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. MRMR özellik seçim yöntemi sonuçları

Gecikmeli Değişken	MRMR Skoru	Gecikmeli Değişken	MRMR Skoru
X(t-1)	**0,5885**	**X(t-5)**	0,0251
X(t-17)	**0,4162**	**X(t-16)**	0,0249
X(t-12)	**0,3389**	**X(t-6)**	0,0203
X(t-7)	**0,2723**	**X(t-9)**	0,0500
X(t-10)	**0,1188**	**X(t-15)**	0,0370
X(t-2)	**0,1056**	**X(t-3)**	0,0342
X(t-18)	0,0516	**X(t-8)**	0,0335
X(t-11)	0,0505	**X(t-14)**	0,0277

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

X(t-13)	0,0255	**X(t-4)**	0,0251

Makine öğrenmesi yöntemlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'de RMSE, MAE ve MAPE ölçütlerinin sonuçları verilmiştir.

Tablo 1. Makine Öğrenmesi Yöntemleri İçin 5 Kat Çapraz Geçerlilik Sonuçları

Yöntem	**MAPE**	**RMSE**	**MAE**
Linear	1,3304	0,1144	0,0836
Robust Linear	1,3199	0,1421	0,0822
Stepwise Linear	1,1150	0,0968	0,0706
Fine Tree	1,6568	0,1520	0,1054
Medium Tree	1,7829	0,1482	0,1131
Coarse Tree	2,6030	0,1983	0,1650
Linear SVM	1,2200	0,1213	0,0759
Quadratic SVM	0,9476	0,0919	**0,0595**
Cubic SVM	**0,9143**	0,0903	0,0573
Efficient Linear Least Squares	1,8652	0,1721	0,1181
Efficient Linear SVM	2,6691	0,2253	0,1677
Boosted Trees	4,2986	0,2967	0,2771
Bagged Trees	1,4167	0,1214	0,0894
Gaussian Process Regression	0,9474	**0,0893**	0,0596
Narrow Neural Network	1,0935	0,1284	0,0683
Medium Neural Network	1,5210	0,1466	0,0965
Wide Neural Network	2,0927	0,1971	0,1320
Bilayered Neural Network	1,6530	0,1831	0,1036
Trilayered Neural Network	1,9380	0,1869	0,1222
Kernel	1,3884	0,1253	0,0871

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemleri ile tek değişkenli zaman serisi yaklaşımı prensibini kullanarak Türkiye'ye gelen yabancı ziyaretçi sayılarının performansı araştırılmıştır. İlk olarak zaman serisinden pandemi döneminin etkisinin arındırılması ve verinin simetrik hale getirilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Temizlenen ve ön işlemden geçirilen zaman serisine özellik seçim yöntemi olarak MRMR uygulanarak en önemli özellikler belirlenmiştir. MRMR yöntemine göre en önemli özellik bir ay önce gelen yabancı turist sayısı olmakla birlikte, bu değişkeni 17, 12 ,7, 10 ve 2 ay önceki yabancı ziyaretçi sayısı değişkenleri takip etmiştir. Bu durum zaman serisinde aylık etkinin yanında farklı periyodik özelliklerinin olacağını da göstermektedir. Daha sonra 5 kat çapraz geçerlilik ile birlikte çeşitli makine öprenmesi yöntemleri uygulanmıştır. RMSE ölçütüne göre en başarılı makine öğrenmesi yöntemi "Gaussian Processes Regression" yöntemidir. MAPE ölçütne göre ise en başarılı makine

öğrenmesi yöntemi Cubic SVM, MAE ölçütüne göre ise Quadratic SVM'dir. Her üç yöntem içinde RMSE, MAPE ve MAE ölçüt değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Türkiye'ye gelen yabancı ziyaretçi sayısını tahmin etmede her üç yönteminde kullanılacak en ideal yöntemler olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

[1] Aki, S. (1998). A compact econometric model of tourism demand for Turkey. *Tourism Management*, *19*(1), 99–102.

[2] Athanasopoulos, G., Hyndman, R. J., Song, H., & Wu, D. C. (2011). The Tourism Forecasting Competition. *International Journal of Forecasting*, *27*(3).

[3] Bilek, G. (2025). Modeling Tourism Demand in Turkey (2008–2024): Time-Series Approaches for Sustainable Growth. *Sustainability*, *17*(4), 1396. (https://doi.org/10.3390/su17041396)

[4] Núñez, J. C. S., Pulido, J. A. G., & Ramírez, R. R. (2024). Machine learning applied to tourism: A systematic review. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, *14*(e1549). (https://doi.org/10.1002/widm.1549)

[5] Ulucak, R., Yücel, A. G., & İlkay, S. Ç. (2020). Dynamics of tourism demand in Turkey: Panel data analysis using gravity model. *Tourism Economics*, *26*, 1394–1414.

[6] Yabanci, O. (2024). Seasonality of tourism demand in Turkey: A multi-methodical analysis. *Current Issues in Tourism*, *27*, 1930–1946.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TRAINING OF INTEGRATED AND FIRE NEURON MODEL ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS USING PARTICLE SWARM OPTIMISATION

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun University
erol.egrioglu@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-4301-4149
Prof. Dr. Eren BAŞ
Giresun University
eren.bas@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

ABSTRACT

Artificial neural networks have a wide range of applications in the field of artificial intelligence due to their ability to derive meaning from complex data structures and provide effective solutions to various problems. Artificial neural networks, especially when they have complex architectures, also bring with them certain architectural and training issues. Particularly in multi-layer perceptron artificial neural networks, designing an appropriate architecture and adjusting parameters pose significant challenges during the training process. An artificial neural network proposed as an alternative to these issues is the multiplicative neuron model artificial neural network. Multiplicative neuron model artificial neural networks can produce successful results with fewer parameters. In addition, artificial neural network structures based on integrated and fire neuron models, which can represent interactions between inputs in greater detail and work closer to biological neural systems, offer a powerful alternative to multiplicative neuron model artificial neural networks. In this study, training integrated and fire neuron model artificial neural networks using the particle swarm optimisation method is proposed, and the effectiveness of the method is evaluated using the Dow Jones time series. The analysis results obtained reveal that the proposed method provides better performance than classical artificial neural networks.

Keywords: Integrated and Fire Neuron Model, Artificial Neural Networks, Particle Swarm Optimisation, Forecasting

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. INTRODUCTION

Artificial neural networks (ANNs) have become one of the fundamental tools of artificial intelligence due to their ability to extract meaningful representations from complex data structures and to provide effective solutions across a wide variety of domains. Their flexibility and learning capacity make them suitable for tasks ranging from pattern recognition to time-series forecasting.

However, as the architectural complexity of ANNs increases, several structural and training-related challenges arise. In particular, multi-layer perceptron (MLP)–based neural networks often require careful architectural design, extensive parameter tuning, and computationally costly training procedures. These difficulties motivate the exploration of alternative neuron models capable of achieving high performance with fewer parameters and reduced structural complexity.

One such approach is the single multiplicative neuron model artificial neural networks (SMNM-ANN) proposed by Yadav et al. (2007), which captures nonlinear input interactions through multiplicative operations rather than classical additive transformations.

When the literature on SMNM-ANN is examined, it is seen that various optimization approaches have been employed to improve its training performance. One of the early studies by Yadav et al. (2007) utilized the backpropagation algorithm for the training of SMNM-ANN. Later, Zhao and Yang (2009) adopted the particle swarm optimization (PSO) technique as an alternative to gradient-based learning for SMNM-ANN. In the following years, several advanced optimization frameworks were introduced. Wu et al. (2013) employed online learning mechanisms, enabling real-time parameter updates. Cui et al. (2015) proposed an improved firefly swarm optimization algorithm to increase the robustness of SMNM-ANN training. Another notable contribution was presented by Bas (2016), who introduced a DE/rand/1-based differential evolution strategy specifically tailored for SMNM-ANN. Furthermore, Bas et al. (2016) implemented the artificial bat algorithm, inspired by echolocation behaviour, to optimize the model parameters more efficiently. Finally, Kolay (2019) suggested a sine cosine algorithm leveraging trigonometric search dynamics for SMNM-ANN training, and demonstrated improved accuracy and convergence behaviour.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

In addition to multiplicative structures, another biologically inspired alternative is the integrate-and-fire neuron model (IFNM). IFNM-based artificial neural networks (IFNM-ANN) are capable of representing input relationships in a more detailed manner and operate more closely to biological neural processing. Their nonlinear, log-based transformation and multiplicative integration mechanism enable them to model complex signal behaviours that classical neurons cannot easily capture.

Despite these advantages, the effectiveness of IFNM-ANN depends strongly on the optimization of their parameters. Gradient-based learning methods may not be suitable due to the neuron's nonlinear and multiplicative structure. Therefore, a derivative-free and population-based optimization approach is needed.

In this context, PSO proposed by Kennedy and Eberhart (1995) offers an attractive solution, providing efficient global search capability without requiring gradient information and demonstrating strong performance in high-dimensional nonlinear optimization problems.

In this study, an IFNM-ANN is trained using the PSO algorithm, and the proposed model is evaluated on the Dow Jones time-series data. Experimental results show that the PSO-trained IFNM-ANN architecture outperforms classical artificial neural network models, demonstrating its potential as a robust and effective alternative for nonlinear time-series forecasting.

In Section 2, IFNM is introduced in detail, and its mathematical structure and processing mechanism are explained. Section 3 presents the proposed PSO based training approach for the IFNM-ANN architecture. The experimental setup and empirical evaluations conducted on the Dow Jones time series are given in Section 4, where the performance of the proposed method is compared with benchmark neural network models. Finally, Section 5 provides the conclusions and discussions, highlighting the main findings of the study and outlining possible directions for future research.

2. INTEGRATE-AND-FIRE NEURON MODEL

IFNM is a biologically inspired computational unit that transforms its inputs through a nonlinear integration mechanism. The net input *net* in case of an IFNM is given by Equation (1).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

$$net = \prod_{k=1}^{n}[a_k log_e(b_k x_k) + c_k] \quad (1)$$

where n denotes the number of inputs, x_k is the $k-th$ input, and a_k, b_k and c_k are the adjustable parameters corresponding to the $k-th$ input. The $output$ is also calculated by Equation (2).

$$y = f(net) \quad (2)$$

3. THE PROPOSED METHOD

In this study, PSO based training approach is proposed for IFNM-ANN. Since PSO is a derivative-free population-based optimizer, the proposed model does not require gradient computations. The complete training procedure is presented in Algorithm 1.

Algorithm 1. The proposed IFNM-ANN model

Step 1. Determine the algorithm parameters

Input the following parameters:

Time series data: x_t
Input order: n
Swarm size: ps
Inertia weight: w
Cognitive and social learning coefficients: c_1, c_2
Maximum iterations: itr
Validation size: n_{val}
Test size: n_{test}

Step 2. Preparation of input–target pairs

Instead of directly forming lagged vectors as in classical time-delay embedding, the time series is reorganized into input–output pairs suitable for learning.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Step 3. Partitioning and scaling of the dataset

Once the input–target structure is generated, the data are divided chronologically into training, validation, and test sets. The earliest samples are allocated to training, the middle part to validation, and the most recent observations to the test set. To ensure numerical stability and consistent optimization performance, all subsets are scaled to the interval $[-2,2]$.

Normalization is performed using only the minimum and maximum values computed from the training set, and the same scaling parameters are applied to the validation and test samples.

Step 4. Initialization of the particle swarm

The total parameter dimension is $p = 3n$. For each input x_k, three adjustable parameters are defined as a_k, b_k and c_k. Thus, each particle is represented as $X_i = [a_1, a_2, \cdots a_n, b_1, b_2, \cdots b_n, c_1, c_2, \cdots c_n]$. The initial population matrix $X(ps, p)$ is generated by sampling all parameters uniformly from a predefined interval.

Each particle is evaluated, and its initial personal best $(pbest)$ is stored.

Step 5. Fitness evaluation

For each particle, IFNM-ANN output is calculated by Equations (1) and (2).

The training and validation fitness values are computed by Equations (3) and (4).

$$RMSE_{train} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntrain}(y_t - \hat{y}_t)^2}{ntrain}} \tag{3}$$

$$RMSE_{val} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{nval}(y_t - \hat{y}_t)^2}{nval}} \tag{4}$$

Validation error is used as the fitness value for optimization.

Step 6. PSO update equations

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

During each iteration, particles are updated as in Equations (5) and (6.)

Velocity update:

$$V_i^{(t+1)} = wV_i^{(t)} + c_1 r_1 \left(pbest_i - X_i^{(t)}\right) + c_2 r_2 \left(gbest - X_i^{(t)}\right) \tag{5}$$

Position update:

$$X_i^{(t+1)} = X_i^{(t)} + V_i^{(t+1)} \tag{6}$$

where:
$r_1, r_2 \sim U[0,1]$

$pbest_i =$ best position of particle i

$gbest$ = best particle among the entire swarm (lowest $RMSE_{val}$)

Step 7. Extracting the best parameters

After the update operations are completed for all individuals in the population, the chromosome that produces the lowest validation error $RMSE_{val}$ is selected as the best solution. After completing all iterations, the global best position vector is selected as the optimal parameter set as in Equation (7).

$$gbest = [a_{best}, b_{best}, c_{best}] \tag{7}$$

Step 8. Final evaluation on the test set

Using the optimal parameter set obtained from the validation-based selection stage, the final performance is calculated over test data.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

4. APPLICATIONS

The Dow Jones index for 2022, whose time series graph is provided in Figure 1, was selected as the benchmark dataset for the analysis.

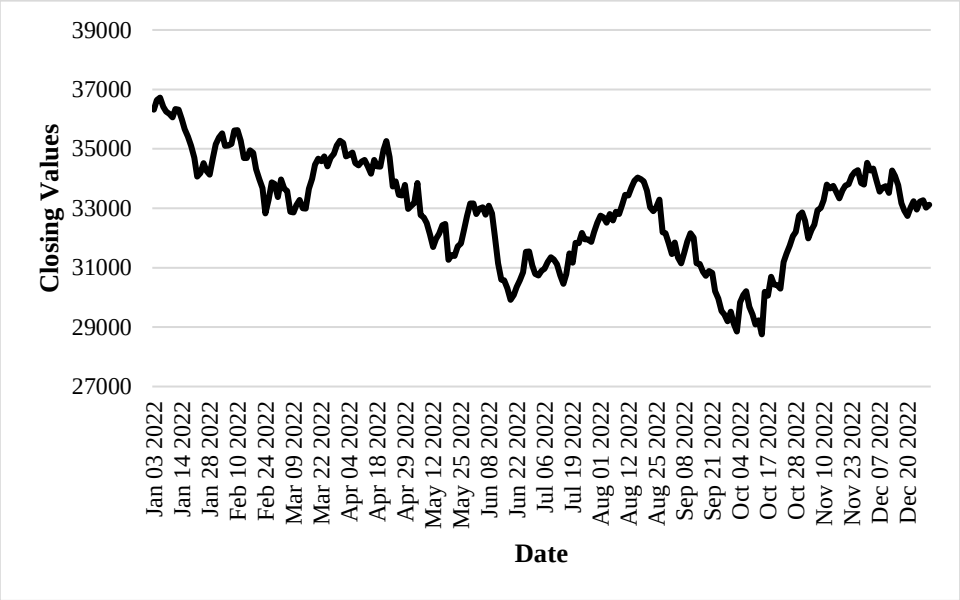


Figure 1. The Graph of Dow Jones Time Series

In the analysis of the Dow Jones index for 2022, IFNM-ANN is compared with two benchmark models: MLP-ANN and SMNM-ANN. To determine the optimal structure for each model, input dimensions ranging from 1 to 5 are combined with hidden-layer sizes from 1 to 5, and each configuration is executed 10 independent times. After identifying the best-performing architecture for each method, the optimal models are further evaluated over 30 independent runs to ensure statistical reliability. For each model, the mean and standard deviation RMSE values obtained from these repetitions are computed to provide a comprehensive comparative performance assessment.

Table 1. The Analysis Results

Method	Mean	Standard Deviation	cbest	hbest
MLP-ANN	396,3390	26,7740	5	3
SMNM-ANN	408,5172	55,2906	4	-
IFNM-ANN	381,4699	26,4132	10	2

cbest: Optimal number of inputs, hbest: Optimal number of hidden layer unit;

Table 1 presents the comparative forecasting performances of the evaluated models. Among all methods, IFNM-ANN achieves the lowest mean RMSE (381.4699) with a relatively small standard deviation, indicating both higher accuracy and more stable performance. The classical MLP-ANN model attains a mean RMSE of 396.3390, while the SMNM-ANN model performs less accurately with a higher error level and increased variability. These results demonstrate that the proposed IFNM-ANN trained with PSO provides a more reliable forecasting structure compared to the benchmark neural network models.

5. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this study, an IFNM-ANN trained by PSO was proposed for nonlinear time-series forecasting. The IFNM structure provides a biologically inspired nonlinear transformation capability, while PSO enables efficient parameter optimisation without relying on gradient information. The experimental evaluation conducted on the Dow Jones 2022 index demonstrated that the IFNM-ANN trained by PSO achieves better forecasting accuracy than both classical MLP-ANN and SMNM-ANN structures. The proposed method yielded the lowest mean RMSE and maintained a comparatively low standard deviation, indicating not only improved accuracy but also higher stability across repeated trials.

Overall, the results show that integrating the IFNM-ANN with PSO provides a powerful alternative to conventional neural network models, especially in situations where nonlinear interactions and complex dynamic patterns are present. Future studies may explore hybrid optimisation schemes and multi-neuron IFNM architectures.

REFERENCES

[1]Bas, E. (2016). The training of multiplicative neuron model based artificial neural networks with differential evolution algorithm for forecasting. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 6(1), 5–11.

[2]Bas, E., Yolcu, U., Egrioglu, E., Yolcu, O. C., & Dalar, A. Z. (2016). Single multiplicative neuron model artificial neural network trained by bat algorithm for time series forecasting. *American Journal of Intelligent Systems*, 6, 74–77.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[3]Cui, H., Feng, J., Guo, J., & Wang, T. (2015). A novel single multiplicative neuron model trained by an improved glowworm swarm optimization algorithm for time series prediction. *Knowledge-Based Systems*, 88, 195–209.

[4]Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. In Proceedings of the ICNN'95—International Conference on Neural Networks (pp. 1942–1948). IEEE.

[5]Kolay, E. (2019). A novel multiplicative neuron model based on sine cosine algorithm for time series prediction. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A – Applied Sciences and Engineering*, 20, 153–160.

[6]Wu, X., Mao, J., Du, Z., & Chang, Y. (2013). Online training algorithms based on single multiplicative neuron model for energy consumption forecasting. *Energy*, 59, 126–132.

[7]Yadav, R. N., Kalra, P. K., & John, J. (2007). Time series prediction with single multiplicative neuron model. *Applied Soft Computing*, 7, 1157–1163.

[8]Zhao, L., & Yang, Y. (2009). PSO-based single multiplicative neuron model for time series prediction. *Expert Systems with Applications*, 36, 2805–2812.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GAUSS PROCESS REGRESSION-BASED PICTURE FUZZY REGRESSION FUNCTIONS APPROACH

Prof. Dr. Eren BAŞ
Giresun University
eren.bas@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun University
erol.egrioglu@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

ABSTRACT

The fuzzy regression function approach is widely used in the literature as a powerful and flexible alternative, particularly in forecasting problems. In this method, positive, negative, and neutral membership values obtained from data sets are included in the modelling process as additional explanatory variables alongside traditional inputs, enabling more effective management of uncertainties and fuzziness. Thus, the model can more accurately reflect the complex and uncertain relationships within the data. Although the multiple linear regression method is used in the creation of picture fuzzy regression functions, this method may not sufficiently capture the complex structures and non-linear relationships in the data sets. In contrast, Gaussian process regression, with its non-parametric and flexible structure, offers a powerful modelling method that can adapt to the complex structure of the data. This study proposes a new picture fuzzy regression function approach that uses Gaussian process regression instead of multiple linear regression. The effectiveness of the proposed method is evaluated through experimental studies conducted on Dow Jones time series data and compared with various forecasting methods found in the literature. The results obtained show that the proposed method can achieve more successful forecasts than various forecasting methods, especially in time series problems with non-linear and complex structures.

Keywords: Picture Fuzzy Regression Functions, Gaussian Process Regression, Forecasting.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. INTRODUCTION

Classical fuzzy inference methods (CFIM) based on fuzzy logic are frequently used for time series forecasting problems. The most significant disadvantages associated with the implementation of CFIM pertain to the fact that such systems are predominantly founded upon the expertise of individuals, and frequently present challenges in terms of the discernment of explicit rules. Türksen (2008) proposed a solution to the aforementioned issue concerning classical fuzzy inference systems. This solution was to introduce the concept of fuzzy regression functions (FRF). In CFIM, the rule determination phase is carried out with the relations between input and output, while in the FRF method, this process is carried out with fuzzy functions. Multiple regression analysis produces these fuzzy functions. The FRF method involves the incorporation of the inputs through the use of the membership values obtained through the FCM proposed by Bezdek (1981). This approach serves to provide supplementary information. Celikyılmaz and Turksen (2009) showed that including these member-ships, as well as the nonlinear conversions of these memberships as additional inputs, improves the efficiency of the approach. In the FRF method, after preparing the input set, a fuzzy regression function is obtained for each fuzzy set, taking into ac-count the number of fuzzy sets. Subsequent to this process, outputs of the system are obtained with the aid of fuzzy regression functions. The ultimate output of the system is derived by assigning a relative weight to the outputs obtained from the fuzzy regression functions, based on the corresponding membership values.

Although FRF technique has been extensively used in forecasting literature, Bas et al. (2021) proposed the intuitionistic fuzzy regression functions (IFRF) technique. The IFRF technique can be distinguished from the FRF method on the basis of its employment of intuitionistic membership values and non-membership values. These are derived from the IFCM algorithm proposed by Chaira (2011). This algorithm is distinguished by its unique integration of two key elements, namely the utilization of both lagged variables from the time series and the inputs of the system. So, IFRF method uses more information than the FRF method by adding both intuitionistic membership values and non-membership values to the system. However, the picture fuzzy regression functions approach, a fuzzy system that contains more information than the IFRF method, was also proposed in Bas et al. (2020). The PFRF method is a fuzzy inference system based on the picture fuzzy clustering method (PFCM) pro-posed by Thong and Son (2016). Unlike the IFRF and FRF methods, the PFRF meth-od uses positive, negative and neutral membership values as system inputs in addition to the lagged variables of the time series. The PFRF method also uses the ridge regression method to overcome the multicollinearity problem of the FRF method. Since the PFRF approach is based on the ridge

regression method and the ridge regression method is basically based on the ordinary least squares method, the PFRF method only considers the linearity of the relation between the independent and dependent variables.

FRF, IFRF and PFRF methods are frequently used in time series forecasting literature. Tak (2020) proposed a feedback IFRF method for forecasting probability. Kizilaslan et al. (2020) proposed an IFRF method based on ridge regression to overcome the multicollinearity problem in the IFRF method. Pehlivan and Turksen (2021) proposed a new multiplicative FRF method. Tak and Inan (2022) proposed an FRF method based on elastic net regularization to eliminate the multicollinearity problem in the FRF method. In Bas and Egrioglu (2022), Gustafson-Kessel clustering algorithm is used instead of FCM in the FRF method. In Egrioglu and Bas (2023), a robust IFRF method that can be used even in the presence of outliers in the time series is proposed. Bas and Egrioglu (2024) proposed a robust PFRF method that can be used even in the presence of outliers in the time series.

The aim of this paper is to propose a new approach to the use of picture fuzzy regression functions for parameter estimation. This approach is not based on least squares regression, a commonly accepted method for this purpose. Based on this idea, the originality of this study is to use Gaussian process regression method in the parameter estimation phase of the picture fuzzy regression functions approach. In order to assess the performance of this new method, an analysis is conducted of the time series of opening values of the CBOE Interest Rate 10-Year Total Return Index (TNX) for the 2022 period. For this purpose, the proposed PFRF-GPR method is com-pared with FRF, IFRF and PFRF approaches.

The third section of the paper introduces the PFRF-GPR method. The fourth section of the paper presents the results of the analyses. The last section of the study is devoted to discussion and conclusion.

2. PICTURE FUZZY REGRESSION FUNCTION BASED ON GAUSSIAN PROCESS REGRESSION

In this study, unlike the PFRF method, the PFRF-GPR method is proposed as a meth-od based on gaussian process regression for parameter estimation. The proposed PFRF-GPR method is given by Algorithm 1.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Algorithm 1. PFRF-GPR method

Step 1. Determination of algorithm parameters

c: number of picture fuzzy sets

p: number of lags

α: alpha cut value

n: training set length

ntest: test set length

Step 2. Obtaining the membership values

D matrix is created with the lagged variables of the training set and the outputs. This D matrix is clustered by PFCM and positive membership values $(\gamma_A(x))$, neutral membership values $(\varphi_A(x))$, and negative membership values $(\zeta_A(x))$, are obtained.

Step 3. Obtaining adjusted membership values

Positive, neutral and negative membership values are adjusted according to the α. If each membership value is less than α, the corresponding membership value is taken as zero. Then, each membership value is divided by the total membership values to obtain the adjusted membership values. These are given by Equations (1)-(6).

$$\gamma_{ik} = \begin{cases} \gamma_{ik} & \gamma_{ik} > \alpha \\ 0 & \gamma_{ik} \leq \alpha \end{cases} \tag{1}$$

$$\mu_{ik} = \gamma_{ik} / \sum_{i=1}^{c} \gamma_{ik} \tag{2}$$

$$\varphi_{ik} = \begin{cases} \varphi_{ik} & \varphi_{ik} > \alpha \\ 0 & \varphi_{ik} \leq \alpha \end{cases} \tag{3}$$

$$\eta_{ik} = \varphi_{ik} / \sum_{i=1}^{c} \varphi_{ik} \tag{4}$$

$$\zeta_{ik} = \begin{cases} \zeta_{ik} & \zeta_{ik} > \alpha \\ 0 & \zeta_{ik} \leq \alpha \end{cases} \tag{5}$$

$$v_{ik} = \zeta_{ik} / \sum_{i=1}^{c} \zeta_{ik} \tag{6}$$

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

μ_{ik}, η_{ik} ve ν_{ik} $(\mathrm{i} = 1,2,\cdots,\mathrm{c}\,;\mathrm{k} = 1,2,\cdots,\mathrm{n})$ are the adjusted positive, neutral and negative membership values of the ith picture fuzzy set, respectively.

Step 4. Input set and output of the method

The inputs of the method consist of lagged variables of the time series, adjusted membership values and various nonlinear transformations of these adjusted membership values. The matrix X containing the inputs of the method is given by Equation (7) and the output vector corresponding to these inputs is given by Equation (8).

$$X^{(i)} = \begin{bmatrix} 1 & \mu_{i1} & \mu_{i1}^2 & \exp(\mu_{i1}^2) & \eta_{i1} & \eta_{i1}^2 & \exp(\eta_{i1}^2) & \nu_{i1} & \nu_{i1}^2 & \exp(\nu_{i1}^2) & x_1 & x_2 & \cdots & x_p \\ 1 & \mu_{i2} & \mu_{i2}^2 & \exp(\mu_{i2}^2) & \eta_{i2} & \eta_{i2}^2 & \exp(\eta_{i2}^2) & \nu_{i2} & \nu_{i2}^2 & \exp(\nu_{i2}^2) & x_2 & x_3 & \cdots & x_{p+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \mu_{in} & \mu_{in}^2 & \exp(\mu_{in}^2) & \eta_{in} & \eta_{in}^2 & \exp(\eta_{in}^2) & \nu_{in} & \nu_{in}^2 & \exp(\nu_{in}^2) & x_{n-p} & x_{n-p+1} & \cdots & x_{n-1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$Y^{(i)} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = [x_{p+1} \quad x_{p+2} \quad \cdots \quad x_n]' \quad (8)$$

The estimation of the Gaussian regression functions for each picture set is achieved through the utilization of Gaussian process regression, as outlined in Equations (7) and (8).

Step 5. Obtain the forecasts of each membership values

The forecasts obtained from gaussian process regression methods are combined according to adjusted positive, neutral and negative membership values as in Equations (9), (10) and (11) respectively.

$$\hat{Y}_j^{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{c} \mu_{ij} \hat{Y}_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^{c} \mu_{ij}} \quad j = 1,2,\ldots,n \quad (9)$$

$$\hat{Y}_j^{\eta} = \frac{\sum_{i=1}^{c} \eta_{ij} \hat{Y}_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^{c} \eta_{ij}} \quad j = 1,2,\ldots,n \quad (10)$$

$$\hat{Y}_j^{\nu} = \frac{\sum_{i=1}^{c} \nu_{ij} \hat{Y}_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^{c} \nu_{ij}} \quad j = 1,2,\ldots,n \quad (11)$$

Step 6. Obtain the final forecasts for the training set

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

The final forecasts for the training set are obtained by Equation (12). In Equation (12), $\hat{Y}_j^{PFRF-GPR}$ refers to the final forecasts for the training set. In order to obtain these final forecasts, the optimization problem given in Equation (13) is solved using a genetic algorithm and the optimal weights $(w_i\,;\ \ i = 1,2,3)$ are obtained.

$$\hat{Y}_j^{PFRF-GPR} = w_1\hat{Y}_j^{\mu} + w_2\hat{Y}_j^{\eta} + w_3\hat{Y}_j^{\nu} \tag{12}$$

$$\min_{w_1,w_2,w_3} \sum_{j=1}^{n}\left(\hat{Y}_j^{PFF} - Y_j\right)^2$$
$$\text{Constraints: } \sum_{i=1}^{3} w_i = 1;\ 0 \le w_i \le 1,\ i = 1,2,3 \tag{13}$$

Step 7. Obtain the final forecasts for the test set

The matrix $X^{(i)}$ and vector $Y^{(i)}$ are designed for the test set and the final forecasts for the test set are obtained in a similar way to the calculations in the training set.

3. APPLICATIONS

In the initial phase of the present investigation, the opening values of the TNX time series for 2022 have been utilized. The TNX time series graph is presented in Figure. 1.

Figure 1. The Graph of TNX Time Series

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntest}(X_t - \hat{X}_t)^2}{ntest}} \tag{14}$$

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

In this study, the number of inputs is varied from one to five, the number of fuzzy sets is varied from three to ten, and each method is run with forty different parameter sets. The parameter set corresponding to the lowest Root Mean Square Error (RMSE) value is then determined as the optimal parameters for each method. After this determination, each method is re-run thirty times using these optimal parameters. This process is repeated until a total of thirty RMSE values are obtained for each method. Finally, the mean, median, standard deviation and interquartile range statistics of these RMSE values are obtained. The results of the analyses are presented in Table 1.

Table 1. The Analysis Results

Method	Mean	Median	Standard Deviation	IQR	cbest	pbest
FRF	0,0590	0,0594	0,0036	0,0000	10	3
IFRF	0,0619	0,0611	0,0052	0,0064	9	2
PFRF	0,1260	0,0647	0,2287	0,0320	10	2
PFRF-GPR	0,0546	0,0537	0,0023	0,0013	10	2

cbest: Optimal number of clusters; pbest: Optimal number of inputs

When the analysis results given in Table 1 are analysed, it is clearly seen that the most successful forecasting method for the analysis of the TNX time series is the PFRF-GPR method, which has the minimum mean, median and standard deviation statistics. A plot of the forecasts obtained from the PFRF-GPR method together with the test set of the TNX time series is also given in Figure 2.

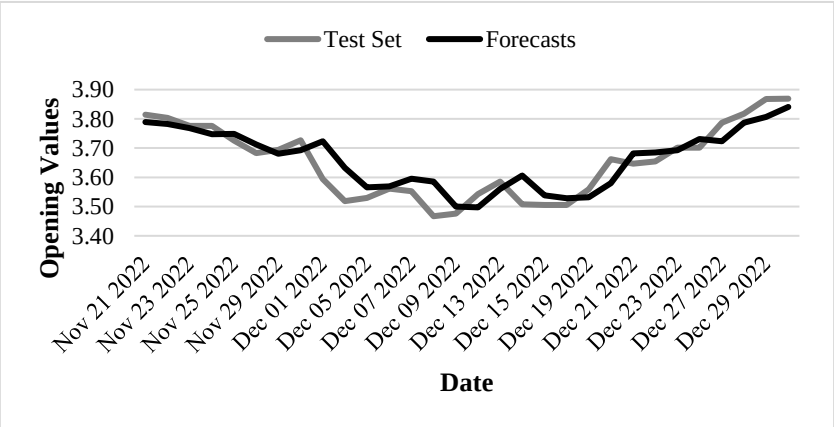


Figure 2. A Plot of the Forecasts Obtained from PFRF-GPR Method Together with the Test Set of TNX Time Series

The graph in Fig. 2 shows that the forecasts obtained with PFRF-GPR are compatible with the TNX test set.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

The OLS method, predicated on ridge regression, is utilised for parameter estimation in the classical PFRF method. In this study, however, a PFRF-GPR method is pro-posed, whereby the GPR method is employed for parameter estimation of the PFRF method. The GPR method has the advantage over the OLS method in that it can be used even in cases where the relationship between input variables and output is not clearly known or may be complex. The results obtained from the TNX time series in the analysis phase demonstrate that the proposed PFRF-GPR method produces supe-rior forecasting results in comparison to the FRF, IFRF and PFRF methods. In future studies, the weights utilised in the PFRF-GPR method to obtain the final forecasts can be determined by artificial intelligence optimisation algorithms such as particle swarm optimisation. Furthermore, the proposal of different fuzzy inference systems that can be used in case of outliers in the time series is suggested.

REFERENCES

[24] Türksen, I. B. (2008). Fuzzy functions with LSE. *Applied Soft Computing*, 8(3), 1178–1188.

[25] Bedzek, J. C., Ehrlich, R., & Full, W. (1984). The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10, 191–203.

[26] Celikyilmaz, A., & Türksen, I. B. (2009). Modeling uncertainty with fuzzy logic. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 240, 149–215.

[27] Chaira, T. (2011). A novel intuitionistic fuzzy C-means clustering algorithm and its application to medical images. *Applied Soft Computing*, 11, 1711–1717.

[28] Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2021). Intuitionistic fuzzy time series functions approach for time series forecasting. *Granular Computing*, 6(3), 619–629.

[29] Thong, P. H., & Son, L. H. (2016). Picture fuzzy clustering: a new computational intelligence method. *Soft Computing*, 20(9), 3549–3562.

[30] Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2020). Picture fuzzy regression functions approach for financial time series based on ridge regression and genetic algorithm. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 370, 112656.

[31] Egrioglu, E., & Bas, E. (2023). Robust intuitionistic fuzzy regression functions approaches. *Information Sciences*, 638, 118992.

[32] Bas, E., & Egrioglu, E. (2022). A fuzzy regression functions approach based on Gustafson–Kessel clustering algorithm. *Information Sciences*, 592, 206–214.

[33] Kizilaslan, B., Egrioglu, E., & Evren, A. A. (2020). Intuitionistic fuzzy ridge regression functions. *Communications in Statistics – Simulation and Computation*, 49(3), 699–708.

[34] Tak, N. (2020). Type-1 recurrent intuitionistic fuzzy functions for forecasting. *Expert Systems with Applications*, 140, 112913.

[35] Tak, N., & İnan, D. (2022). Type-1 fuzzy forecasting functions with elastic net regularization. *Expert Systems with Applications*, 199, 116916.

[36] Bas, E., & Egrioglu, E. (2024). Robust picture fuzzy regression functions approach based on M-estimators for the forecasting problem. *Computational Economics*, 65 (5), 2775-2810.

[37] Pehlivan, N. Y., & Türksen, I. B. (2021). A novel multiplicative fuzzy regression function with a multiplicative fuzzy clustering algorithm. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, 24(1), 79–98.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TRAINING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH QUADRATIC INTEGRATE AND FIRE NEURON MODELS USING THE DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM

Prof. Dr. Eren BAŞ
Giresun University
eren.bas@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0263-8804
Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun University
erol.egrioglu@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

ABSTRACT

Artificial neural networks are among the computational models that demonstrate high success in many problems such as classification, regression, and time series forecasting. However, particularly in classical artificial neural networks such as multi-layer perceptron, the pre-determination of the network architecture poses a serious design and optimisation problem. This situation both increases the risk of overfitting the model and can unnecessarily increase the computational load. One approach as a solution to these problems is multiplicative neuron model artificial neural networks. Multiplicative neuron model artificial neural networks can achieve more successful results with fewer neurons. Similarly, artificial neural networks based on quadratic integrated and fire neurons, which model the interaction between inputs in a different way, are used as an alternative to artificial neural networks with multiplicative neuron models. Artificial neural networks with quadratic integrate and fire neuron models have the ability to learn without requiring complex hidden layer structures, unlike classical artificial neural network models. This study proposes the use of the differential evolution algorithm in the training of quadratic integrate and fire neuron-based artificial neural networks. To evaluate the performance of the proposed method, analyses are performed using time series data from the Nikkei 225 index, and the results are compared with various traditional artificial neural network models. Experimental findings show that the proposed structure can demonstrate comparable, and in some cases superior, performance to traditional models with fewer parameters.

Keywords: Quadratic Integrate and Fire Neuron Model, Artificial Neural Networks, Differential Evolution Algorithm, Forecasting.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. INTRODUCTION

Artificial neural networks (ANNs) have become indispensable computational frameworks for modelling complex nonlinear systems across a wide range of scientific and engineering domains. Their ability to approximate highly nonlinear functions has enabled significant progress in tasks such as classification, regression, and especially time series forecasting, where data typically exhibit dynamic, irregular, and often chaotic behaviour. Among the many ANN structures explored in the literature, the multi-layer perceptron (MLP) has traditionally served as a foundational architecture due to its conceptual simplicity and flexibility. However, MLP-based models require a predefined network topology particularly the number of layers, neurons, and activation functions which must often be determined through extensive trial-and-error. This architectural sensitivity creates notable challenges in model design and optimisation, frequently leading to issues such as overfitting or unnecessary computational burden when the network is larger than required.

To address these limitations, alternative neuron models capable of representing interactions between inputs more efficiently have been proposed. One such approach is the single multiplicative neuron model artificial neural networks (SMNM-ANN) proposed by Yadav et al. (2007), which enriches the representational power of a single neuron by incorporating multiplicative operations. These models can often achieve comparable or superior performance with far fewer parameters than classical MLP structures, making them attractive for problems where computational efficiency and model compactness are important considerations.

In addition to optimization-oriented works, there exists a rich body of literature focusing on prediction and hybrid modelling applications of SMNM-ANN. One of the early contributions came from Cagcag Yolcu (2013)**,** who integrated the Gustafson–Kessel clustering algorithm with SMNM-ANN to develop a hybrid fuzzy time-series forecasting framework. Similarly, Aladag (2013) introduced a high-order fuzzy time-series estimation method in which SMNM-ANN was used to identify fuzzy relations. In another related study, Egrioglu et al. (2013) proposed a fuzzy time-series forecasting approach that also employed SMNM-ANN to extract fuzzy logical relationships. Further enhancements were explored in subsequent years. Ilter et al. (2014) trained SMNM-ANN using particle swarm optimization and artificial bee colony algorithms, examining the impact of data differencing on predictive accuracy. Additionally, Yolcu and Lam (2017) proposed a robust combined fuzzy time-series method in which SMNM-ANN was used as the rule-generation mechanism. More recent contributions include Yildirim

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

et al. (2021), who developed a threshold-model-based SMNM-ANN and trained it using particle swarm optimization and harmony search. Finally, Egrioglu and Bas (2022) introduced a fully automatic forecasting methodology grounded on a new input significance testing procedure for SMNM-ANN. Importantly, their study marked the first application of the black hole optimization algorithm in SMNM-ANN training.

More recently, neuron models inspired by biological firing dynamics such as the quadratic integrate-and-fire neuron model (QIFNM) have emerged as another promising direction. QIFNM -based ANNs (QIFNM-ANN) model the relationship between inputs through nonlinear differential mechanisms and, unlike traditional ANNs, do not require deep or heavily parameterised hidden-layer configurations to achieve expressive power. This characteristic makes them strong candidates for time series forecasting problems, where capturing nonlinearities with lean architectures is particularly valuable.

In this study, a differential evolution algorithm (DEA)-based training approach is proposed for QIFNM-ANN. DEA is known for its robustness, ease of implementation, and strong global search ability, making it a promising candidate for optimising neuron parameters in non-convex and highly nonlinear model structures.

To rigorously evaluate the performance of the proposed QIFNM-ANN, empirical analyses are conducted using time series data from the Nikkei 225 index. The results obtained from the proposed model are compared with those from traditional ANN structures, including the MLP-ANN and SMNM-ANN variants. Experimental results show that the proposed method performs as well as, and often better than, traditional ANN models.

The remainder of this study is organized as follows. In Section 2, QIFNM is introduced and its mathematical formulation is described. Section 3 presents the proposed DEA-based training method developed for the model. The empirical results obtained from the forecasting applications are provided in Section 4. Finally, Section 5 discusses the conclusions of the study and outlines future research directions.

2. QUADRATIC INTEGRATION AND FIRE NEURON MODEL

QIFNM is a biologically inspired neural computation framework that extends the concept of multiplicative neuron models by incorporating the nonlinear dynamics of quadratic integrate-and-fire

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

mechanisms into an algebraic form suitable for artificial neural networks. The QIFNM aims to capture the firing characteristics of biological neurons while preserving the computational simplicity of feed-forward architectures.

In the QIFNM, the total net input received by a neuron from n input signals are expressed as a multiplicative combination of weighted inputs and corresponding bias terms. The net input is obtained by Equation (1).

$$net = \prod_{k=1}^{n}(w_k x_k + b_k) \tag{1}$$

In Equation (1), n is the number of inputs, x is the input, w and b show the weight and bias values respectively. Besides the output of the QIFNM (y) is obtained by Equation (2).

$$y = \frac{2}{\pi}(net) \tag{2}$$

3. THE PROPOSED METHOD

In this study, DEA based training approach is proposed for QIFNM-ANN. The proposed QIFNM-ANN model combines the efficient search capability of DEA with the adaptive structure of QIF neurons, without requiring gradient information. The proposed QIFNM-ANN model is detailed step by step in Algorithm 1.

Algorithm 1. The proposed QIFNM-ANN model

Step 1. Determine the algorithm parameters

Input the time-series data (x_t), the number of inputs (n), population size (ps), crossover rate (cor), maximum number of iterations (itr), validation size (n_{val}) and test size (n_{test}).

Step 2. Construct the lagged inputs

For a univariate series $\{x_t\}_{t=1}^{T}$and an input order n, each sample at time t is represented by the lag vector.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Step 3. Split and normalize data sets

Split data chronologically into training, validation, and test sets using the lagged pairs.

Step 4. Randomly generate an initial population matrix

First, define total parameter dimension as $p = 2n$. The first n values correspond to the weights $(w_1,\ w_2, \cdots, w_n)$ and the next n values correspond to the biases $(b_1,\ b_2, \cdots, b_n)$. Then, randomly generate an initial population matrix $A(ps, p)$ with uniform values in [-2, 2].

Step 5. Fitness Evaluation of Each Chromosome

Each chromosome is expressed as $A_i = [w_1, w_2, \cdots w_n, b_1, b_2, \cdots b_n]$. Using this set of parameters, the QIFNM neuron output for each sample t is computed by using Equations (3) and (4) and compute training and validation errors by Equations (5) and (6).

$$net_t = \prod_{k=1}^{n}(w_k x_t(k) + b_k) \tag{3}$$

$$\hat{y}_t = \frac{2}{\pi} f(net_t) \tag{4}$$

$$RMSE_{train} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{ntrain}(y_t - \hat{y}_t)^2}{ntrain}} \tag{5}$$

$$RMSE_{val} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{nval}(y_t - \hat{y}_t)^2}{nval}} \tag{6}$$

Step 6. Apply DEA operators

For each chromosome, DEA updates the population through three basic operators: mutation, and crossover operators. These operators are applied sequentially to each chromosome in the population. Each chromosome that undergoes processing is referred to as the related chromosome. First, three different chromosomes are selected other than the related chromosome. The first two of these three different chromosomes are taken separately, and this

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

difference is multiplied by the F scaling factor to obtain a weighted difference vector. This difference vector is then added to the third random chromosome to obtain the total vector, and the mutation is applied. The mutation strategy applied at this stage is the DE/rand/1 mutation strategy. A new candidate chromosome is obtained from the genes of total vector and the related chromosome. This candidate chromosome is created by considering the crossover rate. Finally, the candidate chromosome is compared with the related chromosome according to the fitness values. The chromosome with the lower RMSE value is retained in the population.

Step 7. Determination of the Best Chromosome

After all individuals are updated, the chromosome with the lowest validation-based fitness value $(RMSE_{val})$ is selected as the best individual. Its parameters (w_{best}, b_{best}) vectors are stored.

Step 8. Final Evaluation on the Test Set

Using the best parameter set obtained from the validation stage, the final QIFNM model is tested on unseen data.

4. APPLICATIONS

The Nikkei index for 2022, whose time series graph is provided in Figure 1, was selected as the benchmark dataset for the analysis.

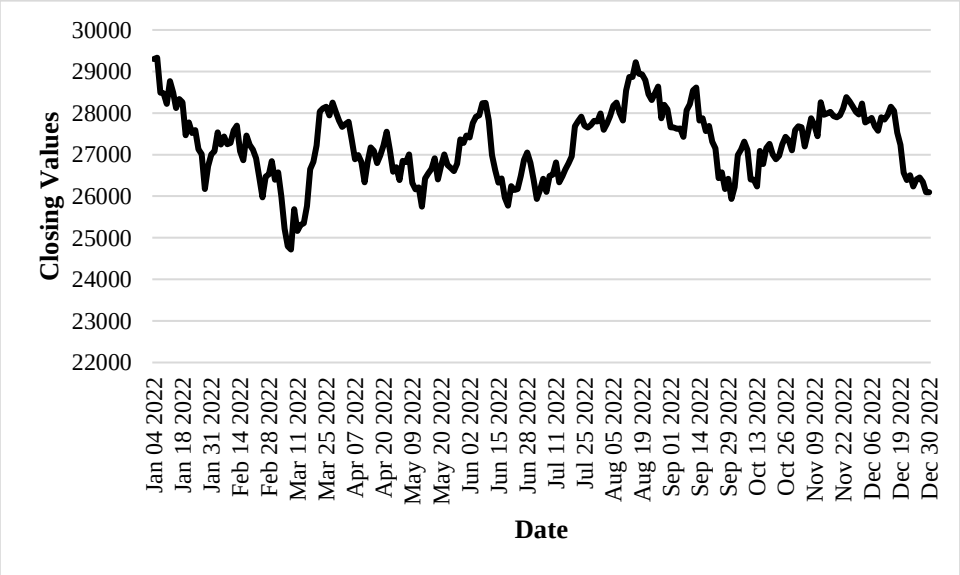


Figure 1. The Graph of Nikkei Time Series

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

For the analysis of the Nikkei index for 2022, in addition to the proposed method, MLP-ANN and SMNM-ANN models are also evaluated by comparing their RMSE performances. To determine the optimal configuration, input dimensions from 1 to 5 and hidden-layer units from 1 to 5 are systematically varied, and each configuration is executed 10 times. After identifying the best parameter set for each model, those optimal architectures are further run 30 times. The mean, standard deviation, minimum, and maximum RMSE values obtained from these repeated trials are then computed for a comprehensive performance assessment. "Table 1 summarizes the results obtained from the analysis."

Table 1. The Analysis Results

Method	Mean	Standard Deviation	cbest	hbest
MLP-ANN	564,4393	27,9900	1	3
SMNM-ANN	370,4727	183,4084	5	-
QIFNM-ANN	352,1184	7,9881	5	-

cbest: Optimal number of inputs, hbest: Optimal number of hidden layer unit;

The results in Table 1 clearly demonstrate notable differences in forecasting performance among the examined neural network models. The classical MLP-ANN exhibits the highest mean RMSE (564,4393) and a relatively small standard deviation, indicating stable but considerably weaker forecasting accuracy. SMNM-ANN achieves a much lower mean RMSE (370,4727); however, it's very large standard deviation reflects high variability across runs, suggesting that the model is sensitive to initialization and optimization conditions and may suffer from convergence instability. Among all evaluated models, QIFNM-ANN provides the best overall performance, achieving the lowest mean RMSE (352,1184) together with a remarkably small standard deviation. This indicates that the QIFNM-ANN not only produces more accurate forecasts but also maintains consistent behaviour across repeated experiments.

5. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

This study introduced a DEA–based training scheme for artificial neural networks constructed with QIFNM-ANN. Unlike classical ANN architectures that typically require deep or heavily parameterized hidden layers, the QIFNM structure achieves expressive modelling capacity through its nonlinear quadratic integration mechanism, allowing the network to operate

effectively with substantially fewer parameters. The experimental findings obtained from the Nikkei 225 time series confirm the efficiency of this approach.

When the proposed method was compared with benchmark neural network models, including MLP-ANN and SMNM-ANN, QIFNM-ANN consistently produced lower forecasting errors. In addition to achieving the best mean RMSE among all models, it also exhibited the smallest standard deviation, indicating stable behaviour across repeated trials and robustness against initialization and stochastic variations. While SMNM-ANN produced competitive performance in certain cases, its high variance across runs suggests sensitivity to training conditions. The classical MLP-ANN performed the weakest overall, highlighting the limitations of traditional additive architectures when dealing with complex nonlinear time-series patterns.

Future research may focus on the robustness of the proposed method or different artificial intelligence optimization algorithms can be used in the training of the proposed method.

REFERENCES

[1]Yadav, R. N., Kalra, P. K., & John, J. (2007). Time series prediction with single multiplicative neuron model. Applied Soft Computing, 7, 1157–1163.

[2]Cagcag Yolcu, O. (2013). A hybrid fuzzy time series approach based on fuzzy clustering and artificial neural network with single multiplicative neuron model. Mathematical Problems in Engineering, 2013, Article ID 865407.

[3]Aladag, C. H. (2013). Using multiplicative neuron model to establish fuzzy logic relationships. Expert Systems with Applications, 40, 850–853.

[4]Egrioglu, E., Aladag, C., Yolcu, U., & Bas, E. (2013). Fuzzy time series method based on multiplicative neuron model and membership values. American Journal of Intelligent Systems, 3, 33–39.

[5]Yolcu, O. C., & Lam, H.-K. (2017). A combined robust fuzzy time series method for prediction of time series. Neurocomputing, 247, 87–101.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[6]Yildirim, A. N., Bas, E., & Egrioglu, E. (2021). Threshold single multiplicative neuron artificial neural networks for non-linear time series forecasting. Journal of Applied Statistics, 48, 2809–2825.

[7]Egrioglu, E., & Bas, E. (2022). A new automatic forecasting method based on a new input significancy test of a single multiplicative neuron model artificial neural network. Network: Computation in Neural Systems, 33, 1–16.

[8]Ilter, D., Karaahmetoglu, E., Gündoğdu, Ö., & Dalar, A. (2014). An experimental study for transforming and differencing effects in multiplicative neuron model artificial neural networks for time series forecasting. 8th International Days of Statistics and Economics.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BAL EKSTRASYON KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE Pİ-SİGMA YAPAY SİNİR AĞI VE GENETİK ALGORİTMAYA DAYALI BİR YÖNTEM

Prof. Dr. Hüseyin ŞAHİN
Giresun Üniversitesi,
huseyin.sahin@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6018-1494

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun Üniversitesi,
erol.egrioglu@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

Prof. Dr. Eren Baş
Giresun Üniversitesi,
eren.bas@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

ÖZET

Çam balı çeşitli benzersiz biyoaktif özellikleri nedeniyle oldukça değerli bir üründür. Çam balı numunelerinden elde edilen Protocatechuic asit için en iyi ekstraksiyon koşullarını bulmak bu çalışmanın amacıdır. Bal özünün elde edilmesi için kullanılacak çözücü, sıcaklık, süre ve asitlik parametrelerin optimum değerlerinin elde edilmesi probleminin çözümü için Pi-Sigma yapay sinir ağları ve genetik algoritma optimizasyon yönteminden yararlanılmıştır. Farklı parametre düzeylerinde gerçekleştirilen deneme sonuçları ile bir Pi-Sigma yapay sinir ağı için cevap yüzeyi oluşturularak, oluşturulan yüzeyin optimum noktaları genetik algoritma ile belirlenmeye çalışmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çam balı, Protocatechuic asit, Cevap Yüzey Yöntemi, Pi-Sigma Yapay Sinir Ağı, Genetik Algoritma.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DENDTRİT YAPAY SİNİR AĞI İLE ÇOK FLORALI ÇİÇEK BALI SINIFLANDIRMASI

Prof. Dr. Hüseyin ŞAHİN
Giresun Üniversitesi,
huseyin.sahin@giresun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-6018-1494

Prof. Dr. Eren Baş
Giresun Üniversitesi,
eren.bas@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0263-8804

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Giresun Üniversitesi,
erol.egrioglu@giresun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4301-4149

ÖZET

Farklı bal tipleri, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Balların sınıflandırılmasında fiziksel ve kimyasal özelliklerin kullanılması mümkündür. Çok floralı çiçek balının diğer bal türlerinden ayrılmasında, balın fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre bir modelin oluşturulması mümkündür. Bu çalışmada böyle bir modelin dentritik yapay sinir ağı ile oluşturularak, dentritik yapay sinir ağının çiçek balını sınıflandırmadaki performansı araştırılmıştır. Modelin oluşturulmasında ilk olarak balların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kendi içinde MRMR yöntemi ile önem sıraları belirlenmiştir. Modelleme kısmında, önem düzeyi yüksek özellikler kullanılmıştır. Dendrtik yapay sinir ağının sınıflandırma performansı çeşitli istatistikler yardımıyla, literatürde iyi bilinen bazı makine öğrenmesi yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal Sınıflandırması, Dendritik yapay sinir ağı, makine öğrenmesi yöntemleri, Çiçek Balı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TÜRKİYE'YE GELEN AYLIK GÜNÜBİRLİKÇİ ZİYARETÇİ SAYILARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Doç. Dr. Ela Nur MUTLU
Giresun Üniversitesi,
mutlu.elanurr@gmail.com- ORCID ID: 0000-0002-4157-9245

ÖZET

Turizm öngörüsü, gelecek planlaması açısından ülkelerin ekonomik planlamalarına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada Türkiye'ye gelen günübirlikçi ziyaretçi sayıları zaman serisinin öngörü problemi üzerine yoğunlaşılmıştır. Türkiye'ye gelen günübirlikçi ziyaretçi sayılarının öngörülmesinde yapay sinir ağlarının performansı araştırılmıştır. Hem sığ hem de derin çok katmanlı algılayıcı mimarileri, hiper parametre optimizasyonu gerçekleştirilerek ilgilenilen zaman serisine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Naive yöntem ile karşılaştırılarak çok katmanlı algılayıcının performansı ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Turizm Öngörüsü, Günübirlikçi Ziyaretçi Sayısı, Zaman Serileri Analizi, Makine Öğrenmesi Yöntemleri, Turizm İşletmeciliği

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DOĞAL YAYILIŞ GÖSTEREN YABANİ FİĞ (*VİCİA CRACCA*) BİTKİLERİNDEN ENDOFİTİK BAKTERİLERİN İZOLASYONU VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Turkey

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, Turkey

hogutcu@gmail.com- ORCID: 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Yaşamlarını üzerinde sürdürdükleri konukçu bitkiye herhangi bir zararı olmadan bitkinin kök, gövde, yaprak, filiz, nodül, veya tohumlarında yaşamlarını devam ettiren bakteriler endofitik olarak isimlendirilir. Endofitik bakteriler bitkilerde; çimlenme oranını artırma, fidelerin çıkış hızını artırma, biyokütle artışına katkıda bulunma (azot miktarı, klorofil miktarı, protein miktarı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, yaprak alanı vb.), olumsuz çevresel faktörlere karşı bitkiye direnç kazandırma (kuraklık, sel, tuzluluk vb.), bitki büyümesini teşvik ederek büyümeyi artırma gibi etkilere neden olurlar. Araştırmada Erzurum ilinin yüksek rakımlı bölgelerinden (2000-2500m) (Alibaba dağı, Palandöken dağı, Abdurrahman Gazi Türbe Mevkii) yabani fiğ (*Vicia cracca*) bitkileri toplanmış ve bitkilerin kök nodülleri bitkilerden ayrılarak steril edilmiştir. Bu steril nodüllerden daha önceden hazırlanmış YMA(Yeast Mannitol Agar) plaklarına çizgi ekimi yapılarak petriler 28^0C'de 3-5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra plaklar kontrol edilmiş oluşan tipik koloniler (beyaz, saydam veya hafif mat, mukozlu, yuvarlak, kabarık) seçilerek yatık YMA tüplerine aktarılmış ve toplam 33 izolat elde edilmiş bunlar buzdolabında $+4^0$C'de muhafaza edilmiştir. Daha sonra izolatların Gram özellikleri, sitolojik ve biyokimyasal analizleri (katalaz ve oksidaz), Brom Thymol Mavili besiyerinde ve Kongo Kırmızılı YMA'da üreme ve hareket yetenekleri tespit edilmiştir. Tüm testler sonucunda; izolatların hepsinin çubuk şeklinde olduğu, 15 izolatın mukozlu 18 tanesinin mukozsuz yapıda olduğu, 20 izolatın hareketli 13 tanesinin ise hareketsiz olduğu, 22 izolatın katalaz pozitif, 19 izolatın oksidaz pozitif olduğu, 12 izolatın Gram(+), 21 izolatın Gram(-) olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yabani fiğ, *Vicia cracca*, Erzurum, Yüksek rakım, Endofitik bakteri

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Bakteriyel endofitler bitki dokularında bulunur ve bazıları bitki büyümesini ve abiyotik ve biyotik streslere karşı korumayı destekleyebilir (Negi vd. 2024). Özellikle, bakteriyel endofitler, optimum büyüme koşulları ve abiyotik stresler altında mineral besinleri (örneğin fosfor, potasyum ve çinko) çözerek, atmosferik azotu sabitleyerek ve fitohormonları (oksinler, sitokininler ve gibberellinler), 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminazı (etilen metabolizması), sideroforları, amonyak ve hidrojen siyanürü sentezleyerek bitki büyümesini destekleyebilir (Rana ve ark. 2020; Kandasamy ve Kathirvel 2023; Negi ve ark. 2024). Ayrıca, bakteriyel endofitler, bitki dokularına nüfuz etmeye ve amilaz, selülaz, pektinaz, proteaz ve ksilanaz gibi patojen enfeksiyonlarının sınırlandırılmasına yardımcı olabilecek hidrolitik enzimler sentezleyebilir (Rana vd. 2020; Negi vd. 2024)

Bitki örneklemesi, yüzey sterilizasyonu ve çeşitli besiyerlerinin kullanımı da dahil olmak üzere çeşitli yöntem ve prosedürler, araştırmacılar tarafından endofitik bakterilerin izolasyonu için kullanılmıştır. Bitkilerden bakteri izolasyonu, konukçu bitki türü, örnekleme mevsimi, konukçu endofit etkileşimleri, doku yaşı ve tipi, coğrafi ve habitat dağılımı, yüzey sterilitesi, seçici besiyerleri ve kültür koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olan çok önemli ve kritik bir eğilimdir (Zhang vd. 2006). Hallman vd. (2006) ve Coombs ve Franco (2003), bakteri izolasyonunda kullanılan yöntem ve prosedürlerin yanı sıra bitki ve besiyerlerinin örneklenmesi hakkında ayrıntılı bilgi sunmuştur.

İlk olarak, yüzey sterilizasyonu endofitik izolasyondaki en temel ve kritik adımdır. Yaygın olarak kullanılan sterilizasyon ajanları arasında etanol (%70-95), sodyum hipoklorit (%3-10) ve hidrojen peroksit bulunur. Hallmann vd. (2006), Tween-20, Tween-80 ve Triton X-100'ün yüzey sterilizasyon prosedürlerinin etkisini artırmak için yüzey aktif madde olarak kullanılabileceğini bildirmiştir. Mantar büyümesini engellemek için nistatin ve sikloheksimid gibi antifungal antibiyotikler ortamla desteklenir. Daha sonra, plakalar 37°C ± 2°C'de 2-7 gün inkübe edilir ve ardından mikroskobik ve morfolojik çalışmalara göre ayrı koloniler seçilir. Saf kültürler, izolatların taze besin ortamı plakalarına tekrar tekrar ekilmesiyle elde edilir (Golinska ve ark. 2015). Ortam bileşimi ve kültür koşulları, bakterilerin büyümesinde önemli bir rol oynar.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Doğal yayılış gösteren yabani fiğ (*Vicia cracca*) bitkileri Erzurum iline ait Kayakyolu mevkii, Yıldırım Dağı, Palandöken Dağı, Deveboynu mevkii, Dumlu Tepesi, Telsizler Tepesi'nden toplanmıştır. Bitkilerin kök nodülleri ayrılarak yüzey sterilizasyonuna tabii tutulmuş ve nodüller ezilip homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan YMA (Yeast Mannitol Agar) plaklarına çizgi ekimi yapılmış ve plaklar 28^0C'de 24-72 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun tamamlanmasından sonra plaklar tek tek incelenmiş ve tipik koloniler (beyaz, saydam veya hafif mat, mukozlu, yuvarlak, kabarık) seçilerek tekrarlı ekimlerle saflaştırılmıştır (Somasegaran and Hoben 1985; Öğütcü vd., 2010). Saf izolatlar uygulanacak testlerde kullanmak amacıyla YMA yatık tüplerine aktarılarak buzdolabında $+4^0$C'de muhafaza edilmiştir. İzolatlara sitolojik ve biyokimyasal analizler ile hareket, katalaz ve oksidaz testleri uygulanmıştır. İlaveten izolatların Brom Thymol Mavili besiyerinde ve Kongo Kırmızılı YMA'da üreme ve Gram özellikleri belirlenmiştir (Kantar vd. 2003).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada yüksek rakımlı (2100m-2400m) 3 farklı bölgeden toplanan yabani fiğ (*Vicia cracca*) bitkilerinden 33 izolat elde edilmiştir (Çizelge 1).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3.1. İzolatların Kültürel ve Biyokimyasal Özellikleri

Çalışmada elde edilen 33 izolata uygulanan tüm testler sonucunda; izolatların hepsinin çubuk şeklinde olduğu, 15 izolatın mukozlu ve18 tanesinin mukozsuz yapıda olduğu, 20 izolatın hareketli 13 tanesinin ise hareketsiz olduğu, 22 izolatın katalaz pozitif, 19 izolatın oksidaz pozitif olduğu, 12 izolatın Gram(+), 21 izolatın Gram(-) olduğu tespit edilmiştir. İzolatlardan 6'sının turuncu, 5'inin beyaz, 5'sinin sarı, 3'ünün krem, 14'ünün opak renkli olduğu gözlenmiştir. İzolatlardan 22'inin katalaz pozitif 11'inin negatif olduğu ve 19'unun oksidaz pozitif 14'ünün negatif olarak tespit edilmiştir. Hareket testi sonucunda ise izolatlardan 20'sinin haraketli olduğu 13'ünün hareket yeteneğinin olmadığı saptanmıştır (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Aynı zamanda Kongo Kırmızılı YMA'da 12'sinin beyaz 1'inin pembemsi 20'sinin kırmızı renkli koloniler, Brom timol mavili YMA'da ise 13'ünün sarı renkli 20'sinin beyaz renkli koloniler oluşturduğu tespit edilmiştir. İlaveten Pepton Glikoz Agar'da 12'sinin ürediği 21'inin üremediği gözlemlenmiştir (Çizelge 2).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1. İzolatların Gram boyama, bakteri morfolojisi, koloni rengi ve mukoz oluşturma özellikleri

İzolat No	Gram Boyama	Bakteri Morfolojisi	Koloni Rengi	Mukoz Oluşturma
HR30	+	Çubuk	Sarı	Mukozsuz
HR31	-	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR32	+	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR33	-	Çubuk	Sarı	Mukozsuz
HR35	-	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR82	-	Çubuk	Opak	Mukozsuz
HR85	+	Çubuk	Opak	Mukozsuz
HR86	+	Çubuk	Opak	Mukozsuz
HR92	+	Çubuk	Sarı	Mukozlu
HR93	+	Çubuk	Krem	Mukozsuz
HR95	-	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR99	+	Çubuk	Opak	Mukozsuz
HR100	-	Çubuk	Beyaz	Mukozsuz
HR102	-	Çubuk	Krem	Mukozlu
HR125	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR126	-	Çubuk	Krem	Mukozlu
HR128	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR129	+	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR130	+	Çubuk	Beyaz	Mukozsuz
HR131	-	Çubuk	Opak	Mukozlu

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1. İzolatların Gram boyama, bakteri morfolojisi, koloni rengi ve mukoz oluşturma özellikleri (devamı)

İzolat No	Gram Boyama	Bakteri Morfolojisi	Koloni Rengi	Mukoz Oluşturma
HR132	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR133	-	Çubuk	Beyaz	Mukozlu
HR134	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR135	+	Çubuk	Sarı	Mukozsuz
HR136	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR138	+	Çubuk	Beyaz	Mukozsuz
HR139	-	Çubuk	Turuncu	Mukozsuz
HR140	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR141	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR142	-	Çubuk	Beyaz	Mukozlu
HR143	+	Çubuk	Sarı	Mukozsuz
HR144	-	Çubuk	Opak	Mukozlu
HR145	-	Çubuk	Opak	Mukozlu

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 2. İzolatların biyokimyasal test sonuçları

İzolat No	Brom Thymol Blue koloni rengi	Congo Red koloni rengi	Pepton Glikoz Agar	Litmus Milk Reaksiyon	Hareket	Katalaz	Oksidaz
HR30	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	+	+	+
HR31	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	-	+
HR32	Beyaz	Kırmızı	+	Asidik	-	+	+
HR33	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	+	-	-
HR35	Beyaz	Kırmızı	+	Asidik	-	+	+
HR82	Beyaz	Beyaz	+	Asidik	-	+	+
HR85	Beyaz	Beyaz	-	Asidik	-	-	-
HR86	Beyaz	Beyaz	+	Asidik	+	+	-
HR92	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	-	-
HR93	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	+	+
HR95	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	+	-	-
HR99	Beyaz	Kırmızı	+	Asidik	-	-	-
HR100	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	+	+	-
HR102	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	-	-
HR125	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+
HR126	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+
HR128	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR129	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	+	-
HR130	Sarı	Kırmızı	+	Asidik	+	-	-
HR131	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 2. İzolatların biyokimyasal test sonuçları (devamı)

İzolat No	Brom Thymol Blue koloni rengi	Congo Red koloni rengi	Pepton Glikoz Agar Üreme	Litmus Milk Reaksiyon	Hareket	Katalaz	Oksidaz
HR132	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR133	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR134	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR135	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	-	-
HR136	Sarı	Pembe	+	+	+	+	+
HR138	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	+	-	-
HR139	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	+	-
HR140	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+
HR141	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR142	Sarı	Beyaz	-	+	+	+	+
HR143	Beyaz	Kırmızı	-	Asidik	-	+	-
HR144	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+
HR145	Sarı	Beyaz	+	+	+	+	+

Çalışmada; fiğ bitkileri nodüllerinden elde edilen izolatların kültürel, morfolojik, biyokimyasal test sonuçlarının Rhizobium türleri için literatürde bildirilen özelliklere uygun olup olmadıkları araştırılmış ve Brom Timol Mavili YMA, Kongo Kırmızılı YMA ve Litmus Milk besiyerlerinde üreme özellikleri belirlenmiştir.

Araştırmacılar (Beck vd., 1993; Avşar, 2017) Rhizobium cinsinin YMA besiyerinde beyaz-krem, opak, bazen şeffaf ve mukozlu koloniler oluşturduğunu, Brom Timol Mavili YMA'da yavaş üreyenlerin bazik karakterli özellikte üreterek yeşil renkli besiyerini maviye, hızla üreyenlerin ise asit üreterek sarı renge dönüştürdüğünü bildirmiştir. Ayrıca Kongo Kırmızılı YMA'da pembe beyaz ve opak koloniler oluşturdukları belirtilmektedir. Çalışmamızda yukarıda belirtilen özelliklere uyan 14 izolat tespit edilmiştir.

Kültürel, morfolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından olumlu bulunan 14 izolat hücresel yapısı, Gram özelliği, hareket bakımından da incelenmiştir. Değerlendirme sonucun izolatların hepsinin çubuk şeklinde, Gram negatif ve hareketli olduğu belirlenmiş ve bu bulgular Rhizobium cinsine ait bakterilerin özellikleri ile uygunluk göstermektedir (Matos ve Schröder, 1989; Holt vd., 1994; Avşar, 2017). İlaveten Rhizobium türlerinin sitokrom oksidaz ve katalaz enzimini içerdikleri belirtilmekte olup izolatların bu iki test bakımından da pozitif olduğu tespit edilmiştir (Holt vd., 1994; Avşar, 2017). Bu sonuçların Rhizobium cinsi için belirtilmiş özelliklere uygun olduğu değerlendirilmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Son yıllarda Rhizobium türleriyle karışık mikrobiyal gübre formülasyonları hazırlanmakta ve yapılan araştırmalardan olumlu sonuçlar alınmaktadır. İzolatlarımızın bu yönüyle de araştırılması değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Avşar, H., *Yabani Baklagil Bitkilerinden İzole Edilen Rhizobium spp. Türlerinin Farklı Besi ortamlarında PHB (Poli-β-hidroksibütirat) Üretim Verimlerinin Araştırılması*, Kırşehir Ahi Evran Üniv. Fen Bil. Enst., Biyoloji Anabilim Dalı, Kırşehir, 2017.

[2] Beck, D.P., Materon, L.A., Afandi, F., *Practical Rhizobium-Legume Technology Manual, International Center for Agricultural Research in The Dry Areas* (ICARDA), Aleppo, Syria, 1-54,1993.

[3] Coombs, J.T. and Franco, C. M.M., Isolation and identification of actinobacteria isolated from surface-sterilized wheat roots, Applied and Environmental Microbiology 69, 5603–5608, 2003.

[4] Golinska, P., Wypij, M., Agarkar, G., Rathod, D., Dahm, H. and Rai, M., Endophytes Actinobacteria of Medicinal Plants: Diversity and Bioactivity, Antonie van Leeuwenhoek 108(2), 267–289, 2015.

[5] Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W,F., Kloepper, J.W., Bacterial Endophytes in Agricultural Crops, Canadian Journal of Microbiology, 43,10, 895-914, 1997.

[6] Holt J.G., Krieg, N.R., Sneath H.A., Staley J.T., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, (9 nd ed), 5–98, 1994.

[7] Kandasamy G.D., Kathirvel P., Insights into Bacterial Endophytic Diversity and Isolation With A Focus on Their Potential Applications - A Review, Microbiol. Res., 266, 127256, 2023.

[8] Kantar, F., Elkoca, E., **Öğütcü, H**., Algur, Ö. F., Chickpea Yields in Relation to *Rhizobium* Inoculation from Wild Chickpea at High Altitudes, J. Agronomy Crop Science, 189, 291-297, 2003.

[9] Matos, I. ve Schröder C., Strain selection for pigeon pea Rhizobium under greenhouse conditions, Plant and Soil. 116, 19-22, 1989.

[10] Negi R, Sharma B, Kumar S., Plant Endophytes: Unveiling Hidden Applications Toward Agro-Environment Sustainability, Folia Microbiol, 69,181–206, 2024.

[11] Ögütcü, H., Kasımoğlu C., Elkoca, E., Influence of Rhizobium Strains Isolated from Wild Chickpeas on the Growth and Symbiotic Performance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Salt Stress, Turk. J. Agric. For., 34, 361-371, 2010.

[12] Rana KL, Kour D, Kaur T., Endophytic Microbes: Biodiversity, Plant Growth-Promoting Mechanisms and Potential Applications For Agricultural Sustainability, Antonie Van Leeuwenhoek/int J Gener. Mol. Microbiol., 113, 1075–1107, 2020.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[13] Somasegaran, P. and Hoben, H. J., *Methods in Legume Rhizobium Technology*, Library of Congraca Number, 87-106109, 1-52, Havai, 1985.

[14] Zhang, H.W., Song, Y.C. and Tan, R.X., Biology and Chemistry of Endophytes. Nature Product Reports 23, 753–771, 2006.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CYDONİA OBLONGA (AYVA) VE *JUGLANS REGİA* L.(CEVİZ) BİTKİLERİNİN KÖK RİZOSFERİ VE DÖKÜNTÜLERİNDE BULUNAN BAKTERİ FLORASININ BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Turkey

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, Turkey

hogutcu@gmail.com- ORCID: 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Karasal ekosistemlerinin en önemli parçalarından birisi de toprak mikroorganizmalarıdır; fizikokimyasal özelliklerinde gerçekleşen değişiklikler sonucunda bitki örtüsünden etkilenirler ve bu faktöre karşı tepki verirler, böylece bitki örtüsüyle etkileşimde olan bir geri bildirim sistemini meydana getirirler. Topraktaki ayrışma süreçleri boyunca toprak florası önemli rol oynamakta olup baskın ağaç türleri ve bunların kök salgılarıyla birlikte besin kaynakları ve habitatlarının bunların miktarı ve çeşitliliği üzerindeki etkilerinin neler olduğuna dair daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Toprak ve bitkiler arasındaki bağlantıyı toprak mikroorganizmaları sağlamakta ve bu iki sistemi birleştirmektedir. Toprakta yeralan kök rizosferi özel bir ekolojik alan oluşturduğundan toprak mikroorganizmalarının bolluğu ve çeşitliliği rizosfer dışındaki topraklara göre çok daha fazladır. Çalışmada; Sakarya ili Yukarıdereköy mevkiinde bulunan 4 farklı bölgede yayılış gösteren *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) ağaçlarının kök rizosferinden (Eylül-2019) toprak numuneleri alınmıştır. Bu toprak numunelerinden rizosferik bakterilerin izolasyonu amacıyla seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Elde edilen dilüsyonlardan önceden hazırlanan nutrient agar besiyerlerine ekim yapılmış ve 28^0C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonunda binoküler mikroskop altında plaklar incelenerek üremenin olduğu farklı koloni yapısı sergileyen izolatlar seçilmiş tekrarlı ekimlerle saflaştırma işlemi yapılmıştır. Sonraki aşamalarda ise saf izolatlara morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal testler uygulanmış ve izolatların tanımlanması MALDI-TOF MS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tanımlama sonucunda izolatlardan 2 cinse ait (Microbacterium, Staphylococcus) 4 farklı bakteri türü; *Microbacterium paraoxydans* DSM 15461 DSM, *Microbacterium oxydans* DSM 20578T DSM, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus saprophyticus* belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Cydonia oblonga* (Ayva), *Juglans regia* L.(Ceviz), kök rizosferi, MALDI-TOF MS

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Toprak çok sayıda organizmayı yapısında bulundurmakta olup bunların en önemlilerinden birisi de mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar toprakta madde dönüşümünden enerji alışverişine kadar olan süreçlerde rol oynamaktadır. Hatta toprak ekosistemindeki değişimlerin temelini mikrobiyal çeşitlilik ve bolluktan oluşturmaktadır (Powell ve ark., 2015). Bu bağlamda toprakta yaşayan mikrrorganizmalar özellikle de bakteriler bitki-toprak bağlantısını kurarak iki sistemi birarada tutmaktadır. **Bitki** rizosferi ekolojik açıdan değerlendirildiğinde özel bir ortamdır ve bitkinin olmadığı yani rizosferik olmayan topraklara göre mikroorganizma yoğunluğu ve çeşiti daha fazladır (van der Heijden ve ark., 2008). Rizosfer bölgesinde yeralan mikroorganizmalar ile bitkiler arasında gerçekleşen etkileşim sonucunda bitkilerin büyümesi ve gelişimleri dolayısıyla verimleride artmış olur. Özellikle bitkilerin köklerinden salıverilen eksüdatların bileşimi ve miktarlarındaki değişimler topraktaki mikrobiyal çeşitliliği ve aktivitesini değiştirmekle kalmayıp faydalı yada zararlı mikroorganizmalar üzerinde (biyolojik kontrol vb.) önemli dercede aktivite gösterebilmektedir (Icoz ve Stotzky, 2008).

Toprakta yayılış gösteren mantar ve bakteriler organik maddeleri parçalamak suretiyle biyokütle ve tür kompozisyonunu etkilemekle birlikte ayrışma süreçlerinde de önemli bir role sahiptir (Seastedt, 1984; Yoshida ve Hijii, 2005).Topraktaki ayrışma süreçlerinde hem toprağın florası hemde mezofauna önemli göreve sahiptir. Bölgede dominant olarak yayılış gösteren ağaçların türlerinin kökleri tarafından salgılanan eksüdatlarıyla birlikte besinlerini oluşturan kaynaklar ile yaşadıkları ekosistem çeşitleri ve çok sayıda olmalarının nedenlerini araştırmak son yıllarda önemli hale gelmiştir. Buradan yola çıkarak yaptığımız çalışmada; Sakarya ili Yukarıdereköy mevkiinde bulunan gösteren *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) ağaçlarının kök rizosferi (Eylül-2019) ve kök çevresinden toprak örnekleri alınarak bakteri izolasyonu yapılmıştır. Daha sonraki aşamada ise izolatlar morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal testlere tabii tutulmuş ve MALDI-TOF MS yöntemiyle tanımlamaları yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Toprak Numuneleri

Çalışmada kullanılan numuneler (toprak örnekleri) Eylül ayında Yukarıdereköy, Sakarya (Kuzeybatı Türkiye)'da doğal yayılış gösteren bulunan *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) **ağaçlarının** altında bulunan bölgeden ve ölü örtü bölgesinden (40°45'00" K 30°15'41" D) alınmıştır.

2.2. Bakterilerin İzole Edilmesi

Cydonia oblonga (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) ağaçlarına ait toprak örnekleri aseptik koşullara dikkat edilerek15 cm derinlikten alınmış ve hemen plastik tüplere konularak laboratuvara transfer edilmiştir (Naseem ve Bano, 2014; Güler ve ark., 2024).

Bakterilerin izolasyonu, Naseem ve Bono'nın bildirdiği prosedüre göre seri seyreltme yöntemiyle yapılmıştır (Naseem ve Bano, 2014). Bu amaçla steril şartlarda, 9 mL fizyolojik tuzlu çözeltisinde 1 g toprak süspanse edilerek homojen hale getirilmiş ve 10^{-1}'den 10^{-7}'ye kadar seri seyreltme tüpleri hazırlanmıştır. Sonraki aşamada her bir seyreltme tüpünden 2'şer adet nutrient agar plakalarına ekim yapılmış ve plaklar 24-48 süreyle 28°C'de inkübasyona

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

bırakılmıştır. İnkübasyon süresi boyunca plakların kontrolü yapılarak farklı koloni şekli sergileyen izolatlar tek tek seçilmiş ve çok sayıda tekrarlı ekim yapılarak saf kültürler elde edilmiştir.

2.3. İzolatların Kültürel ve Biyokimyasal Özellikleri

İzolatların ön tanımlamaları amacıyla; morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik karakterizasyonları geleneksel yöntemlerle yapılmıştır. Bu amaçla izolatların hücre ve koloni morfolojileri, Gram reaksiyonları ve hareketlilik ile oksidaz ve katalaz enzimlerinin aktiviteleri belirlenmiştir (Allen ve ark., 2002; Ogutcu ve ark., 2020).

2.4. MALDI-TOF MS Yöntemiyle İzolatların Analizi

İzolatların tanımlanmasında, kütle spektrometrisi kullanıldığı uygulanan tanımlamalar için MALDI-TOF MS cihazı (Bruker Microflex LT, Almanya) ve Flex Control 3.0 yazılımı, α-Siyano-4-hidroksisinnamik asit (CHCA) (Bruker), MALDI-TOF-MS matrisi kullanılmıştır. Asetonitril (ACN, HPLC sınıfı) (Sigma-Aldrich), trifloroasetik asit (TFA) (Sigma-Aldrich), DNAse ve RNAse içermeyen 0,1 µm filtreli ultra saf su (SigmaAldrich) ve *Escherichia coli*, RNAase ve miyoglobin protein profilleri içeren bir Bruker bakteri test solüsyonu (BTS) uygulanmıştır. Bu amaçla, herbir taze ve saf izolattan steril kürdanla tek koloniler alınmış ve özel çelik yapıdaki 96 mikro keşif plakasına (MSP) (Bruker Daltonics) direkt transfer yöntemiyle yerleştirilmiştir. Alınan örnek çelik plaka üzerindeki kuyucuklara ince tabaka halinde yayılmıştır. Bu plaka kurutulduktan sonra, 1µl CHCA matris solüsyonu (%50 ACN ve %2,5 TFA karışımında 12,5 mg/ml CHCA) karıştırılarak oda ısısında tam olarak kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numuneler MALDI 96 MSP, MALDI-TOF MS cihazına yerleştirilmiş ve sistem, 2.000-20.000 Dalton (Da) kütle aralığındaki doğrusal pozitif iyon modunda bakterilerin tanımlanabilmesi için optimizasyonu sağlanmış ve çalıştırıltır. Spektrumların elde edilmesi amacıyla her koloninin ölçümünü yapmak için 240'lık 40 paket içeren lazer darbeleri uygulanmıştır. Her örnek üç kez analiz edilmiş ve en yüksek değer veren okumalar analize alınmıştır (Numanoğlu Çevik ve ark., 2020; Ogutcu ve ark., 2022).

2.5. MALDIF-TOF MS Spektrumları Kalite Kontrolü

Bakteriyolojide MALDI-TOF-MS yönteminin dahili kalite kontrolü, kısmı olarak cihazın kütle kalibrasyonunun yapılaması amacıyla *E. coli*'den elde edilen proteinlerin özütünden oluşmuş Bruker BTS'nin kullanılmasıyla yapılır. Bu çalışmada kütle spektrumunun kalibrasyonu, 56,52 ppm standart sapma ve 75,18 ppm maksimum tepe hatasıyla belirlenmiş yedi tepe (m/z, 5096,22131 Da; 5381,79948 Da; 6255,65237 Da; 7274,43890 Da; 10299,36287 Da; 13682,23900 Da ve 16952,65711 Da) ile başarı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Cydonia oblonga (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) ağaçlarına ait toprak numunelerinden elde edilmiş saf izolatlardan Microbacterium, Staphylococcus cinslerine ait; *Microbacterium paraoxydans* DSM 15461 DSM, *Microbacterium oxydans* DSM 20578T DSM, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus saprophyticus* 4 farklı tür biyokimyasal, fenotipik, kültürel ve MALDI-TOF-MS analizler sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 1).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge1. *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) toprağı ve döküntüden elde edilen izolatlarının kod, kaynak, isim ve MALDI TOF-MS skorları

Bakteri kodu	Toprak örneği	Tür ismi	MALDI-TOF MS Skoru
AD-1B8	Ayva döküntü	*Microbacterium paraoxydans* DSM 15461 DSM	1.627
AD-2B9	Ayva döküntü	*Microbacterium oxydans* DSM 20578T DSM	1.687
AT-1B10	Ayva toprak	*Staphylococcus haemolyticus*	2.238
CT-1B11	Ceviz toprak	*Staphylococcus saprophyticus*	2.149

Hücre morfolojisinin incelemesi sonucunda; izolatların 2 tanesinin çubuk (AD-1B8, AD-2B9) 2 tanesinin de (AT-1B10, CT-1B11) yuvarlak şekilde olduğu ve dört izolatında Gram pozitif reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, izolatlarının hepsinin endospor oluşturma yeteneğine sahip olmadığı ve 2 izolatın (AD-1B8, AD-2B9) ise hareketlilik testinin pozitif diğer ikisinin (AT-1B10, CT-1B11) ise negatif olduğu tespit edilmiştir. İlaveten izolatların tümünün katalaz aktivitesinin pozitif ve oksidaz aktivitesinin de negatif olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Juglans regia* L. (Ceviz) toprağından elde edilen izolatların morfolojik, biyokimyasal ve kültürel özellikleri

		Gram Özellikler		Biyokimyasal Özellikler			
Bakteri İsmi	**Hücre Morf.**	**Gram reak.**	**KOH %3**	**Katalaz**	**Oksidaz**	**Endospor**	**Hareket**
Microbacterium paraoxydans DSM 15461 DSM	Çubuk	+	-	+	-	-	+
Microbacterium oxydans DSM 20578T DSM	Çubuk	+	-	+	-	-	+
Staphylococcus haemolyticus	Yuvarlak	+	-	+	-	-	-
Staphylococcus saprophyticus	Yuvarlak	+	-	+	-	-	-

Mikrobiyal süreçlerde gerçekleşen madde dönüşümlerinde toprağın yapısı ve bitkisel kaynaklı yaprak dal çiçek vb. döküntülerin bileşimlerinin kalitesi de değişkenlik göstermektedir (Wickings ve Grandy, 2011).Topraktaki mikrobiyal flora bitkiler tarafından oluşturulup artırılmakta olduğu için bakteri gruplarıda kök eksüdatları vb. faktörlerden dolayı bitki türüne göre spesifikleşmiştir (Massenssini ve ark., 2015). *Cydonia oblonga* (Ayva)'nın döküntü toprağında *Microbacterium paraoxydans* ve *Microbacterium oxydans* ayvanın toprağında *Staphylococcus haemolyticus* ve *Juglans regia* L. (Ceviz) toprağında *Staphylococcus saprophyticus* yoğun olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Elde edilen bulgular yukarıda verilen literatürü desteklemekte olup bitki kökleri ve döküntülerinin mikrobiyal çeşitliliği artırabileği değerlendirilmektedir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Karasal ekosistemlerin en önemli bileşenini toprakta yaşayan mikroorganizmaları oluşturmaktadır. Onlar bitki örtüsünden etkilenmekte ve fizikokimyasal yapılarında gerçekleşen değişiklikler aracılığıyla bitki örtüsüne oluşturmakta ve sonuçta bitki örtüsüyle etkileşim halinde olan geri bildirim sistemi oluşmasına katkı sağlamaktadır. Toprakta yayılış gösteren mikroorganizmalar, bitkilerin beslenme kaynaklarını ve sağlığını iyileştirme yoluyla verimi artırmak amacıyla toprağın kalitesini yükseltmekte ve sürdürülebilir bitkisel üretime katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Allen, R., Andrewes, O.N., Beger, H., Bier, O., Otto Borman, E.K, Branham, S.E, Breed, S.E., Bacterial Morphology and Staining, Laboratory Exercises in Microbiology, McGrawHill Companies, 31-36, New York 5th Edition, 2002.

[2] Güler, M., Öğütcü H., Numanoğlu Çevik, Y., Specification of Rhizospheric Characteristics of Some Bacteria Identified By MALDI TOF MS from Agricultural Soils in Kirsehir Province (Akçakent and Çiçekdağı) Districts, Geomicrobiology Journal, 41,8, 856-869, 2024.

[3] Icoz, I., Stotzky, G., Fate and Effects of Insect-Resistant Bt Crops in Soil Ecosystems, Soil Biology and Biochemistry, 40(3), 559-586, 2008.

[4] Massenssini, A. M., Bonduki, V. H. A., Melo, C. A. D., Tótola, M. R., Ferreira, F. A., Costa, M. D. Relative Importance of Soil Physico-Chemical Characteristics and Plant Species Identity to The Determination of Soil Microbial Community Structure, Applied Soil Ecology, 91, 8-15,2015.

[5] Naseem, H. and Bano, A., Role of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Their Exopolysaccharide in Drought Tolerance of Maize, J. Plant Interact. 9, 689-701, 2014.

[6] Numanoğlu Çevik, Y., Oğutcu, H., Identification of Bacteria in Soil by MALDI-TOF MS and Analysis of *Bacillus* spp., *Paenibacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. with PCA, Analytical Chemistry Letters, 10 (6), 784-797, 2020.

[7] Ogutcu H., Kantar, F., Alaylar, B., Numanoglu Cevik, Y., Gulluce, M., Isolation and Characterization of Hydrocarbon and Petroleum Degrading Bacteria from Polluted Soil with

Petroleum and Derivatives by MALDI-TOF MS Method, Geomicrobiology Journal, 39, 9, 757-766, 2022.

[8] Ogutcu, H., Erbey, Y., Güllüce, M. and Alaylar, B., Isolation and Identification of *Bacillus pumilus* YHH-2, a Potential Pathogen to The Alfalfa Weevil (*Hypera postica* Gyllenhal), Turkish J. Agric. For. 44, 461-464, 2020.

[9] Powell, B. J., Waltz, T. J., Chinman, M. J., Damschroder, L. J., Smith, J.L., A Refined Compilation of Implementation Strategies: Results from The Expert Recommendations for Implementing change (ERIC) Project, Implementation Science, 10, 1-14, 2015.

[10] Seastedt, T.R., The Role of Microarthropods in Decomposition Processes, Annual Review of Entomology 29, 25–46, 1984.

[11] Van Der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., Van Straalen, N. M., The Unseen Majority: Soil Microbes As Drivers of Plant Diversity and Productivity in Terrestrial Ecosystems, Ecol. Lett., 11, 296, 2008.

[12] Wickings, K., Grandy, A. S., The Oribatid Mite *Scheloribates moestus* (Acari: Oribatida) Alters Litter Chemistry and Nutrient Cycling During Decomposition, Soil Biology and Biochemistry, 43(2), 351-358, 2011.

[13] Yoshida, T., Hijii, N., The composition and abundance of micro arthropod communities on arboreal litter in the canopy of *Cryptomeria japonica* trees. – Journal of Forest Research 10(1), 35-42, 2005: *(*PDF) Seasonal change of oribatid mite communities (Acari, Oribatida) in three different types of microhabitats in an oak forest. Available from: https://www.researchgate.net/publication/235760737_Seasonal_change_of_oribatid_mite_communities_Acari_Oribatida_in_three_different_types_of_microhabitats_in_an_oak_forest [accessed Nov 27 2025].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

YENGEÇ ÖRÜMCEKLERİN HABİTAT SEÇİMİ VE EKOLOJİK TERCİHLERİ

Doç.Dr. Adile AKPINAR
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
aozdemir@gantep.edu.tr - 0000-0001-5815-1096

ÖZET

Yengeç örümcekler (Thomisidae), Araneae takımında yer alan ve geniş tür çeşitliliğine sahip bir örümcek familyasıdır. Dünyada 2000'den fazla türle temsil edilirler. İlk iki çift bacakları daha uzun olması ve yana doğru yürümeleri ile ayırt edilirler. Familya üyeleri ağ örmeyen ve pusu kurup avlanan türlere sahiptirler. Kannibalist canlılar olup avlarını çoğunlukla böcekler özellikle arılar, sinekler ve kelebekler oluşturur. Thomisid örümcekler çoğunlukla çiçeklerin üzerinde kamufle olarak bekler ve predatör görevi görürler. Çoğunlukla otsu bitkiler üzerinde yayılış göstermesine rağmen çok yıllık bitkiler üzerinde (zeytin gibi) ve zeminde de gezinen avcılardır. Yengeç örümcekler, yaşadıkları habitata uygun olarak renk almış türlere sahiptirler. Sarıdan yeşile, kahverengiden siyah renge kadar değişen renk varyasyonuna sahiptirler. Ayrıca habitat tercihleri standart olmayıp genellikle bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda ve avın bulunduğu habitatlarda yaşarlar. Özellikle çiçekli bitkiler üzerinde, yapraklar üzerinde ve arasında, çalılıklarda, orman açıklıkları, tarım alanları ve zemindeki taşlar üzerinde ve aralarında görülürler. Familyanın habitat seçiminde bitki çeşitliliği, av stratejisi ve kamuflaj yeteneği önemlidir. Bu çalışma Thomisidae familyasına ait örümceklerin habitat ve ekolojik tercihleri üzerine bilgi sunar.

Anahtar Kelimeler: Thomisidae, ekoloji, predatör.

HABITAT SELECTION AND ECOLOGICAL PREFERENCES OF CRAB SPIDERS (ARANEAE: THOMISIDAE)

Assoc.Prof.Dr. Adile AKPINAR
Gaziantep University, Science and At Faculty, Department of Biology
aozdemir@gantep.edu.tr - 0000-0001-5815-1096

ABSTRACT

Crab spiders (Thomisidae) are a family within the order Araneae and represent a highly diverse group of spiders, with more than 2,000 species distributed worldwide. They are characterized by their relatively longer first two pairs of legs and their distinctive sideways locomotion. Members of this family do not build webs; instead, they employ an ambush strategy to capture their prey. Thomisid spiders are known to be cannibalistic and primarily feed on insects, particularly bees, flies, and butterflies. They usually remain camouflaged on flowers, where

they act as efficient predators. Although they are most commonly found on herbaceous plants, some species also occur on perennial plants (such as olive trees) and on the ground surface, where they actively hunt. Crab spiders exhibit coloration that corresponds to their habitat, displaying a wide range of color variations from yellow and green to brown and black. Their habitat preferences are not uniform; they generally inhabit areas with dense vegetation and high prey availability. They are commonly observed on flowering plants, among leaves, within shrubs, in forest openings, agricultural lands, and on or among stones at ground level. In habitat selection, factors such as plant diversity, predatory strategy, and camouflage ability play a crucial role for members of the Thomisidae family. This study provides information on the habitat and ecological preferences of spiders belonging to the Thomisidae family.

Key words: Thomisidae, ecology, predatory.

1. GİRİŞ

Örümcekler, eklembacaklılar (Arthrophoda) şubesine bağlı, örümceğımsigiller (Arachnida) sınıfı içinde bulunan ve silindir örümcekler, kamçılı örümcekler, kamçılı akrepler, ot biçenler, akarlar, akrepler, yalancı akrepler, kırbaçlı akrepler ile birlikte yer alan omurgasız hayvan gruplarından biridir (Özdemir, 2004). Örümceklerin vücudu iki parçasın pedisel adı verilen bir yapı ile bağlanmasından oluşmaktadır. Ön kısmı prosoma, arka kısmı opisthosoma olarak adlandırılır (Levy,1985).

Örümceklerin vücutlarının prosoma kısmında 6 çift üye vardır. En önde bulunan bir çift üye keliserler, ikinci çift üyeler pedipalpler olup kalan 4. çift ise bacaklarıdır. Örümcekler genel olarak predatör canlılardır ayrıca asıl düşmanları kendileridir. Kannibalist canlılar olduklarından tür içinde doğal bir dengeleme yapmaktadırlar (Özdemir, 2004; Akpınar, 2011). Örümcekler canlı olarak yakaladıkları avlarını keliserlerinde bulunan bezlerden salgılanan enzimler sayesinde zehirleme şeklinde öldürürler ve avının vücut içindeki sıvılarını emerek beslenirler (Levy, 1985b; Demirsoy, 1999). Örümcekler zehirleri ve ağ yapıları ile tanınırlar ve bilinenin tam tersi tanımlanmış örümcek türleri içerisinde yaklaşık 100 kadarı insanları etkileyebilecek zehre sahiptir (Levy, 1985b).

Bu çalışma kapsamında yengeç örümcekler olarak tanımlanan Thomisidlerin habitat ve ekolojileri literatür taranarak araştırılmıştır.

2. THOMİSİDAE GENEL ÖZELLİKLERİ

Thomisid familyası, yengeç örümcekler olarak ta bilinirler. İlk iki çift bacaklarının şekli ve yana doğru hareketlerinden dolayı bu isim verilmiştir. Yengeç örümcekler dünya üzerinde tanımı yapılmış örümcekler arasında 2195 tür ilke 7. sırada yer alır (World spider catalog, 2025). Türkiyede ise 16 cinse ait 93 tür ile 4. sırada yer almaktadır (Danışman vd., 2025). Kendilerini kamufle ederek avlanırlar. Bulundukları ortamın rengine adapte olarak değişik renklerdedir. Dünyanın hemen hemen her yerinde dağılım gösterirler (World spider catalog, 2025). Thomisidae familyasında renk ve desenler türe özgüdür. Avları bu örümceği fark edemez ve örümceğin yanına kadar yaklaşır. Bu sırada örümcek sakinliğini korur ve av yaklaştığında yakalayarak onunla beslenir. Thomisid örümcekler hem yer örümcekleri gibi

zeminde taşlar altında, kurumuş otlar arasında, ağaç kabukları ve yapraklar arasında bulunur. Hem de bitkiler üzerinde kamufle olurlar. Çiçekli otlaklarda, meşe kalıntıları ve orman habitatlarında bulunur. Nemli fundalıklarda bulunur (Danışman vd., 2025).

2.1 Thomisidae habitat tercihleri

Otlak gülü *Rosa carolina* çiçeklerinde bulunan yengeç örümcekleri *Misumena vatia (Clerck 1757),* bu çiçekleri ziyaret eden yaban arıları, daha küçük arılar ve sinekleri düzenli olarak saldırıyordu. Örümcekler, tüm böcek ziyaretçilerine saldırmak yerine yaban arılarına odaklanarak %7'den fazla, günün belirli saatlerinde ise %20'ye kadar daha fazla besin elde edebiliyorlardı. Ancak, hiçbir zaman bir şeye odaklanma eğilimi göstermediler (Morse, 1979). Bu şekilde bu yengeç örümcek türünüün çiçekli bitkiler üzerine yaşadıkları ve avlandıkları belirlendi.

Yengeç örümceklerine ait *Thomisus spectabilis* (Doleschall, 1859), bal arıları (Apis mellifera) gibi polen taşıyıcıları avlamak için çiçeklerin üzerine yerleşirler. Bal arıları ve yengeç örümceklerine, rastgele seçilen iki beyaz *Argyranthemum frutescens* (çeşme papatyası) arasında seçim yapma şansı verildi; bir deneyde koku sinyallerini dahil edildi, ikinci deneyde ise koku çıkarıldı. Koku sinyalleri dahil edildiğinde, yengeç örümcekleri ve bal arıları açıkça aynı çiçeği tercih ettiler. Ancak, koku sinyalleri olmadığında, uyum seviyesi tesadüfi düzeydeydi. Ayrıca, hayvanların kararını etkileyebilecek görsel çiçek özelliklerini de analiz edildi. Ne çiçeklerin boyutu (çiçeğin çapı ve üreme çiçeğinin merkezinin çapı) ne de yansıma özellikleri (ultraviyole, mavi ve yeşil renklerde reseptör uyarılma değerleri; genel parlaklık) yengeç örümceklerinin ve bal arılarının seçimlerini etkiledi. Bu veriler ışığında; koku, arıların yüksek kaliteli çiçekleri tanımlamak için kullandıkları ve yengeç örümceklerinin bal arılarıyla karşılaşmak için kullandıkları çiçek sinyali olarak değerlendirildi (Heiling vd, 2004). *Thomisus spectabilis* örneklerinin çiçekler üzerinde yaşamayı tercih ettiği ve büyük besin içeren avlarını bekledikleri saptandı.

Karıncalar, örümceklerin beslenmesinde nadir görülen av türleridir. Yengeç örümcekler arasında hem örümcek hem de karınca yiyen türler bulunmuştur, ancak bunların kökeni üzerine yapılan çalışmalar yeterli değildir ve yapılan bir çalışma da, thomisid örümceklerin örümcek ve karınca yeme alışkanlıkları hakkında veri toplandı, aile düzeyinde bir filogeni oluşturulması ve bu alışkanlıkların ne zaman evrimleştiğini tahmin edilmesi amaçlandı. Thomisidae'nin ortak atalarının, diyetlerinde örümceklerin yanı sıra karıncaları da içeren euryphagous avcılar olduğu sonucuna varıldı (Pekar vd., 2025).

Runcinia erythrina Jézéquel 1964 yarı yerleşik bir örümcektir ve pusu kurmada ustadır. Uzun gövdeleri ve gizemli renkleri sayesinde vücutları çimlerle uyum sağlar. Çimlerin üzerinde serbestçe hareket ederler ve çoğunlukla gündüzleri avlarını beklerler. Güçlü vücutları ve sağlam ön bacakları sayesinde kendilerinden bazen daha büyük avlara bile saldırabilirler (Dippenaar-Schoeman, A., Jones, A., & Webb ,2025). Bu durum bu tür Thomisidlerin yaşadıkları habitata uyum sağladıklarını ve pusu kurup avlandıklarını göstermektedir.

Zeytin sineği popülasyonu *Bacterocea oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae) ile örümceklerin bir arada yaşaması üzerine yapılan çalışmada ise örümceklerin yoğunluğunun zeytin sineklerinin yoğunluğu ile ters orantılı olduğu ortaya çıkmıştır. Örümcekler arasında baskın olarak tanımlanan türlerin *B. oleae'*ye karşı biyolojik mücadele ajanı olarak potansiyeli olduğu görülmekle birlikte, bu konu hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. *Philodromus rufus* (Walckenaer, 1826) ve ***Tmarus piochardi*** (Simon, 1866) türlerinin zeytinlikler için potansiyel biyoindikatörler olabileceğini öneriyoruz (Akpınar ve Sakin, 2025). Ayrıca Entepfıstığı zararlısı olarak bilinen Pistachio psyllid (*Agonoscena pistaciae*) fıstıkta ürün kayıplarına neden olabilmektedir. Thomisid örümceklerin de bu Psyllid yetişkinlerinin bilinen avcıları oldukları gözlemlenmiştir (Laz, 2025).

3. SONUÇ

Gerek pusu kurarak avlarını bekleyen, gerekse bitkiler üzerinde avlanan Thomisidler, nemli, sıcak ve kurak ortamlarda yaşarlar. Özellikle tek yıllık veya çok yıllık bitkiler üzerinde yaşayanlar predatördürler. Kutup bölgeleri gibi çok soğuk ve vajetasyonu olmayan bölgeler hariç hemen her türlü habitat ve ekosistemde yaşarlar.

Ağ kurmazlar ancak pusuda avlarını beklerler.

Predatör türlere sahiptirler ve biyokontrol için önemli bir familyadır.

KAYNAKÇA

[1] Akpinar, A and Sakin G. Spider Diversity in the Olive Grove Agroecosystem (Türk___ye); Potential Bioindicators, Entomological News, 132(1), 73-80, 2025. https://doi.org/10.3157/021.132.0107.

[2] Akpınar, A. *Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin örümcek (Arachnida: Araneae) Faunası, sistematiği ve zoocoğrafik dağılışları.* (Doktora tezi). Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gaziantep, 2011.

[3] Chittka, L. Camouflage of predatory crab spiders on flowers and the colour perception of bees (Aranida: Thomisidae/Hymenoptera: Apidae). Entomologia generalis, 25(3), 181-187,2001.

[4] Danışman, T., Kunt, K.B., Özkütük, R.S. and Coşar, İ. The Checklist of the Spiders of Turkey. (22 Kasım,2025).Version 2025, Online at http://www.spidersofturkey.info.

[5] Danışman, T., Yağmur, E. A., Coşar, İ., Kunt, K. B., & Karakuş, A. New findings on the genus Ozyptila Simon (Araneae: Thomisidae) from Turkey, with description of a new species. Journal of Natural History, 59(33-36), 2251-2259,2025.

[6] Dippenaar-Schoeman, A., Jones, A., & Webb P. Runcinia erythrina Jézéquel, 1964 one of the typical grassland spider spe-cies from South Africa revisited (Araneae: Thomisidae), South African National Survey of Arachnida Newsletter (C. 53, ss. 23-26). Zenodo 2025.

[7] Heiling, A. M., Cheng, K., & Herberstein, M. E. Exploitation of floral signals by crab spiders (Thomisus spectabilis, Thomisidae). Behavioral Ecology, 15(2), 321-326, 2004

[8] Laz, B. Overwintering Ecology and Novel Trapping Strategies for Sustainable Management of the Common Pistachio Psyllid (Agonoscena pistaciae) in Pistachio Orchards. *Insects*, 16(11), 1150, 2025.

[9] Morse, D. H. Prey capture by the crab spider Misumena calycina (Araneae: Thomisidae). Oecologia, 39(3), 309-319,1979.

[10] Nentwig W, Blick T, Bosmans R, Gloor D, Hänggi A, Kropf C (2025) Spiders of Europe. Version (22 Kasım,2025).2025. Online at https://www.araneae.nmbe.ch, https://doi.org/10.24436/1

[11] Pekár, S., Šoltysová, V., Booysen, R., & Arnedo, M. Evolution of spider-and ant-eating habits in crab spiders (Araneae: Thomisidae). Zoological Journal of the Linnean Society, 203(3), 2025.

[12] Özdemir A., 2004, *Nizip Karkamış (Gaziantep) Örümceklerinin (Arachnida:Araneae) Sistematiği ve Ekolojisi,* Gaziantep Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

[13] World Spider Catalog (2025). World Spider Catalog. Version 26. Natural History Museum Bern, online at http://wsc.nmbe.ch, accessed on (22 Kasım 2025). doi: 10.24436/2

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SİNOP İLİ ÖRÜMCEK (ORDO: ARANEAE) FAUNASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Yüksek Lisans Öğrencisi Nurşen TİRYAKİ YLMAZER
Gaziantep Üniversitesi/Fen-Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü,
nursentryk@icloud.com, 0009-0004-1596-3413

Doç.Dr. Adile AKPINAR
Gaziantep Üniversitesi/Fen-Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü,
aozdemir@gantep.edu.tr - 0000-0001-5815-1096

ÖZET

Örümcekler (Araneae), eklembacaklılar (Arthropoda) şubesine ait, hemen her türlü habitat ve ekosistemde yaşayabilen omurgasız canlılardır. Dünya genelinde 139 familyaya ait yaklaşık 53.000' den fazla örümcek türü tanımlanmıştır. Türkiye'de ise 58 familyaya ait 1320 tür tespit edilmiştir. Bu çalışma, Sinop ili merkez ve ilçelerindeki örümcek faunasını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekleme çalışmaları, 2015-2018 yılları arasında, Haziran Temmuz Ağustos aylarında yapılmıştır. Örümcek örnekleri, otsu bitkiler üzerinden el ile ve atrap (süpürge ağı) kullanılarak toplanmıştır. Toplanan örnekler %96 etanol içerisinde korunmuş ve -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Tür teşhisleri, Palearktik bölge örümceklerinin morfolojik özellikleri esas alınarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Sinop ilinde 10 familyaya ait 255 örnek teşhis edilmiş ve 18 cinse ve 25 tür belirlenmiştir. Bu çalışma ile Türkiye'de daha önce tespit edilen türlere ait lokalite kayıtları eklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araneae, Örümcek popülasyonları, Sinop.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

RESEARCHES ON THE SPIDER FAUNA (ORDER: ARANEAE) OF THE PROVINCE OF SİNOP

Msc Student. Nurşen TİRYAKİ YILMAZER
Gaziantep University, Science and At Faculty, Department of Biology
nursentryk@icloud.com, 0009-0004-1596-3413
Assoc.Prof.Dr. Adile AKPINAR
Gaziantep University, Science and At Faculty, Department of Biology
aozdemir@gantep.edu.tr - 0000-0001-5815-1096

ABSTRACT

Spiders (Araneae) are invertebrates belonging to the subphylum Arthropoda, capable of living in almost any habitat and ecosystem. Worldwide, more than 53,000 spider species belonging to 139 families have been identified. In Turkey, 1,320 species belonging to 58 families have been identified. This study was conducted to determine the spider fauna in the central city and districts of Sinop Province. Sampling was carried out between June and August from 2015 to 2018. Spider specimens were collected by hand from herbaceous plants and using traps (sweep nets). The collected specimens were preserved in 96% ethanol and stored at -20 °C. Species identification was based on the morphological characteristics of Palearctic spiders. As a result of the study, 255 specimens belonging to 10 families were identified in Sinop province, and 18 genera and 25 species were determined. This research adds locality records for species previously identified in Turkey.

Keywords: Araneae, Spider populations, Sinop.

1. GİRİŞ

Örümcekler (Ordo: Araneae), 400 milyon yıl önceden günümüze kadar yaşamakta olan ve tüm ekolojik ortamlara uyum sağlayabilen eklembacaklılardır (Foelix, 2011). Araneae(örümcekler),Arachnida sınıfında, Uropygi (kamçılı akrepler), Schızomıda (kırbaçlı a krepler), Solifuguae (silindir örümcekler),Pseudoscorpıones (yalancı akrepler),Opilıones(ot bi çenler), Acari(akarlar), Ricinulei, Scorpiones (akrepler), Amblypygi (kamçılı örümcekler) ile birlikte yer almaktadırlar (Demirsoy, 1999).

Karasal eklembacaklılar olarak anılan örümcekler (Ordo: Araneae), en yüksek dağların tepelerinden, mağara içlerine kadar farklı habitat ve ekosistemde geniş dağılım ve yayılış gösterirler. Örümcekler karnivor eklembacaklılar olup besinlerinin büyük bir çoğunluğunu herbivor beslenen böcekler oluşturmaktadır. Böcekler hariç ayrıca birçok eklembacaklıların, bazen balıkların bazen de kemirıcilerin hatta bazı küçük boyutlu kuş türlerinin bile predatörü olarak tanımlanabilirler (Bayram ve Allahverdi, 1999; Demirsoy, 1999; Danışman, 2008).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Özellikle tarımsal alanlarda örümcekler üzerine yapılan faunistik ve ekolojik çalışmalarda, bu eklembacaklı grubun tarım zararlısı olarak tanımlanan pek çok böceğin doğal kontrolünde predatör olduklarını göstermiştir (Bayram ve Allahverdi, 1999).

Dünyada örümcekler üzerine yapılan faunistik araştırmalar sonucunda 139 familya, 4494 cins ve 53566 tür belirlenmiştir (World, Spider Cataloğ, 2025). Ülkemizde ise örümcekler üzerine yapılan her türlü çalışma kısıtlı olup halizhazırda 58 familya dahilinde 374 cins ve 1320 tür tespit edilmiştir (Danışman vd., 2025). Büyük çoğunluğu gezici olan örümceklerin, avlanma ve korunma amacıyla 2 ya da 3 boyutlu olacak ağ örme yetenekleri vardır. Örümcek ağları biyomateryal olarak değerlendirilmekte yarabandından, kursun geçirmez yelek yapımına kadar pek çok alanda değerlendirilmektedir (Geci ve Naumova, 2021a).

Yapılan bu çalışma ile ülkemiz Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Sinop iline ait merkez ve ilçelerindeki otsu bitkiler üzerinde yaşayan veya otsu bitkilerin yer adığı zeminde yer alan örümceklerin tespit edilmesi ve tür listelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Araştırma materyalini, Sinop İli merkez ve 8 ilçede (Ayancık, Erfelek, Boyabat, Durağan, Saraydüzü, Dikmen, Gerze ve Türkeli) yer alan lokalitelere ait otsu bitkiler üzerindeki örümcekl örnekleri oluşturmaktadır. Arazi çalışmaları genellikle gündüz saatlerinde yapılmıştır. Örümcekler aspiratör, elle yakalama ve bitkiler üzerinden atrap ile süpürme şeklinde toplanmıştır. 36 lokaliteden örnekler toplanmıştır (Çizelge 1). Toplanan örümcekler etiket bilgileri yazılarak %96'lık etil alkol içerisine konularak laboratuvara getirilmiş ve -20 derecede buzdolabında muhafaza edilmiştir. Laboratuvarda muhafaza edilen örümcek örnekleri morfolojik olarak değerlendirilmiştir. Bu anlamda örnekler öncelikle familyalarına göre, erkek, dişi ve yavru olarak ayrılmıştır. Daha sonra ergin örnekler tür bazında tayin edildi.

Çizelge 1. Sinop ili örnek toplanan alanlar.

Lokalite Kodu	Toplandığı Tarih	Araştırma Bölgesi			Koordinat Bilgileri			
		İl	İlçe	Mevki	Kuzey (N)	Doğu (E)	Yüksekli k (m)	
P - 016	1.VII.2015	Sinop	Dikmen	Center	41°39'	35°15'	223	Sinop, Dikmen, Center, 41°39' N, 35°15' E, 223 m, 1.VII.2015,
P - 017	1.VII.2015	Sinop	Dikmen	Center	41°40'	35°17'	140	Sinop, Dikmen, Center, 41°40' N, 35°17' E, 140 m, 1.VII.2015,
P - 018	1.VII.2015	Sinop	Dikmen	Hacıselli	41°41'	35°17'	331	Sinop, Dikmen, Hacıselli, 41°41' N, 35°17' E, 331 m, 1.VII.2015,
P - 019	1.VII.2015	Sinop	Dikmen	Yenikent	41°44'	35°13'	275	Sinop, Dikmen, Yenikent, 41°44' N, 35°13' E, 275 m, 1.VII.2015,
P - 020	1.VII.2015	Sinop	Gerze	Belören	41°49'	35°09'	84	Sinop, Gerze, Belören, 41°49' N, 35°09' E, 84 m, 1.VII.2015,
P - 021	1.VII.2015	Sinop	Erfelek	Veysel	41°54'	34°57'	83	Sinop, Erfelek, Veysel, 41°54' N, 34°57' E, 83 m, 1.VII.2015,
P - 022	1.VII.2015	Sinop	Center	Ada	42°02'	35°10'	81	Sinop, Center, Ada, 42°02' N, 35°10' E, 81 m, 1.VII.2015,
P - 023	1.VII.2015	Sinop	Center	Demirciköy	41°55'	35°04'	12	Sinop, Center, Demirciköy, 41°55' N, 35°04' E, 12 m, 1.VII.2015,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

P - 024	1.VII.2015	Sinop	Center	Ahmetyeri	41°49'	35°02'	165	Sinop, Center, Ahmetyeri, 41°49' N, 35°02' E, 165 m, 1.VII.2015,
P - 025	1.VII.2015	Sinop	Boyabat	Kuzveren	41°26'	34°49'	403	Sinop, Boyabat, Kuzveren, 41°26' N, 34°49' E, 403 m, 1.VII.2015,
P - 052	30.VII.2015	Sinop	Center	Center	42°01'	35°08'	20	Sinop, Center, Center, 42°01' N, 35°08' E, 20 m, 30.VII.2015,
P - 053	30.VII.2015	Sinop	Erfelek	Hasandere	41°52'	34°56'	305	Sinop, Erfelek, Hasandere, 41°52' N, 34°56' E, 305 m, 30.VII.2015,
P - 054	30.VII.2015	Sinop	Erfelek	Gökçebel	41°52'	34°46'	678	Sinop, Erfelek, Gökçebel, 41°52' N, 34°46' E, 678 m, 30.VII.2015,
P - 055	31.VII.2015	Sinop	Durağan	Çampaşasakızı	41°27'	34°58'	663	Sinop, Durağan, Çampaşasakızı, 41°27' N, 34°58' E, 663 m, 31.VII.2015,
P - 056	31.VII.2015	Sinop	Durağan	Erduası	41°22'	35°03'	667	Sinop, Durağan, Erduası, 41°22' N, 35°03' E, 667 m, 31.VII.2015,
P - 081	31.V.2016	Sinop	Durağan	Çerçiler	41°24'	35°12'	634	Sinop, Durağan, Çerçiler, 41°24' N, 35°12' E, 634 m, 31.V.2016,
P - 082	31.V.2016	Sinop	Durağan	Dağdelen	41°26'	34°55'	247	Sinop, Durağan, Dağdelen, 41°26' N, 34°55' E, 247 m, 31.V.2016,
P - 083	31.V.2016	Sinop	Center	Melekşah	41°52'	35°03'	171	Sinop, Center, Melekşah, 41°52' N, 35°03' E, 171 m, 31.V.2016,
P - 084	31.V.2016	Sinop	Erfelek	Hasandere	41°52'	34°56'	305	Sinop, Erfelek, Hasandere, 41°52' N, 34°56' E, 305 m, 31.V.2016,
P - 085	31.V.2016	Sinop	Erfelek	İnesökü	41°54'	34°54'	228	Sinop, Erfelek, İnesökü, 41°54' N, 34°54' E, 228 m, 31.V.2016,
P - 100	28.VI.2016	Sinop	Saraydüzü	Çalpınar	41°18'	34°59'	1440	Sinop, Saraydüzü, Çalpınar, 41°18' N, 34°59' E, 1440 m, 28.VI.2016,
P - 101	28.VI.2016	Sinop	Boyabat	Doğanburnu	41°60'	34°86'	908	Sinop, Boyabat, Doğanburnu, 41°60' N, 34°86' E, 908 m, 28.VI.2016,
P - 127	14.VI.2017	Sinop	Boyabat	Gökçeağaçsakızı	41°36'	34°35'	462	Sinop, Boyabat, Gökçeağaçsakızı, 41°36' N, 34°35' E, 462 m, 14.VI.2017,
P - 128	14.VI.2017	Sinop	Durağan	Aşağıkaracaören	41°24'	35°05'	200	Sinop, Durağan, Aşağıkaracaören, 41°24' N, 35°05' E, 200 m, 14.VI.2017,
P - 134	16.VI.2017	Sinop	Boyabat	Koçak	41°36'	34°38'	350	Sinop, Boyabat, Koçak, 41°36' N, 34°38' E, 350 m, 16.VI.2017,
P - 208	28.VII.2017	Sinop	Durağan	Çayağzı	41°26'	35°08'	612	Sinop, Durağan, Çayağzı, 41°26' N, 35°08' E, 612 m, 28.VII.2017,
P - 209	28.VII.2017	Sinop	Durağan	Center	41°23'	35°16'	1140	Sinop, Durağan, Center, 41°23' N, 35°16' E, 1140 m, 28.VII.2017,
P - 228	17.VIII.2017	Sinop	Saraydüzü	Bahçeköy	41°20'	34°48'	492	Sinop, Saraydüzü, Bahçeköy, 41°20' N, 34°48' E, 492 m, 17.VIII.2017,
P - 229	17.VIII.2017	Sinop	Ayancık	Gökçukur	41°39'	34°40'	866	Sinop, Ayancık, Gökçukur, 41°39' N, 34°40' E, 866 m, 17.VIII.2017,
P - 230	17.VIII.2017	Sinop	Ayancık	Hatip	41°51'	34°42'	535	Sinop, Ayancık, Hatip, 41°51' N, 34°42' E, 535 m, 17.VIII.2017,
P - 231	17.VIII.2017	Sinop	Ayancık	Kovanlık	41°51'	34°44'	681	Sinop, Ayancık, Kovanlık, 41°51' N, 34°44' E, 681 m, 17.VIII.2017,
P - 232	17.VIII.2017	Sinop	Erfelek	Hasandere	41°52'	34°56'	346	Sinop, Erfelek, Hasandere, 41°52' N, 34°56' E, 346 m, 17.VIII.2017,
P - 249	21.VI.2018	Sinop	Boyabat	Gökçeağaçsakızı	41°38'	34°36'	459	Sinop, Boyabat, Gökçeağaçsakızı, 41°38' N, 34°36' E, 459 m, 21.VI.2018,
P - 250	21.VI.2018	Sinop	Ayancık	Gökdere	41°39'	34°40'	801	Sinop, Ayancık, Gökdere, 41°39' N, 34°40' E, 801 m, 21.VI.2018,
P - 251	21.VI.2018	Sinop	Ayancık	Gökçesakızı	41°39'	34°38'	640	Sinop, Ayancık, Gökçesakızı, 41°39' N, 34°38' E, 640 m, 21.VI.2018,
P - 252	21.VI.2018	Sinop	Boyabat	Erduası	41°23'	35°06'	276	Sinop, Boyabat, Erduası, 41°23' N, 35°06' E, 276 m, 21.VI.2018,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Dişi örneklere ait genital yapı olan epijin, Stereo mikroskopta çıkarılarak preparasyonu yapılmıştır. Erkek örümcekler için, stereo binoküler mikroskop (Zeiss) altında pedipalpusları doğrudanincelenerek tür bazında tayinleri yapılmıştır. Yavru örnekler ise dişi ve erkek genital şekilleri gelişimini tamamlamadığndan morfolojik olarak tür teşhisleri yapılamadı. Preparat işlemi yapılan dişi örümcek örnekleri ve pedipalp yapıları incelenen erkek örümcekler çeşitli kaynaklar (Nentwig et al 2025, Akpınar 2011 kullanılarak tür düzeyinde tayin edildiler. Türlere ait sinonim durumları ve isimlerin kontrol edilmesi işlemleri World Spider Catalog (WSC, 2025)' e göre yapıldı.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Araştırma alanı olan Sinop ili sınırları içinde yer alan lokalitelerde dahilinde 2015- 2018 yılları Haziaran, Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan arazi çalışmaları yapıldı. Araştırmalar neticesinde 10 familyaya ait 255 örümcek örneği toplanmıştır. Toplanan tüm örümcekler tayin edildiğinde, 10 familyada (Araneidae,Theridiidae,Philodromidae, Thomisidae, Tetragnathidae, Oxyopidae, Salticidae, Linyphidae, Lycosidae, Amaurobidae) da ergin birey tespit edilmiştir.Ergin örneklere içeren örümceklerin tür çalışmaları ile 21 cinse ait 26 tür belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tespiti yapılan tür listesi.

Familya	Cins	Tür
Araneidae	*Neoscona*	*adianta* (Walckenaer, 1802)
		byzanthina (Pavesi, 1876)
	Araneus	*quadratus* Clerck, 1757
	Mangora	*Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802)
	Araniella	*cucurbitina* (Clerck, 1757)
	Argiope	*bruennichi* (Scopoli, 1772)
		lobata (Pallas, 1772)
	Larinioides	*suspicax* (O. Pickard-Cambridge, 1876)
Theridiidae	*Enoplognatha*	*ovata* (Clerck, 1757)
		latimana Hippa & Oksala, 1982
	Phylloneta	*impressa* (L. Koch, 1881)
	Heterotheridion	*nigrovariegatum* (Simon, 1873)
Philodromidae	*Pulchellodromus*	*pulchellus* (Lucas, 1846)
	Tibellus	*macellus* Simon, 1875
Thomisidae	*Runcinia*	*grammica* (C. L. Koch, 1837)
	Misumena	*vatia (*Clerck, 1757)
	Thomisus	*onustus* Walckenaer, 1805
	Synema	*globosum* (Fabricius, 1775)
Tetragnathidae	*Tetragnatha*	*dearmata* Thorell, 1873
		montana Simon, 1874
		extensa (Linnaeus, 1758)
Oxyopidae	*Oxyopes*	*lineatus* Latreille, 1806
Salticidae	*Evarcha*	*arcuata* (Clerck, 1757)
Linyphidae	*Linyphia*	*triangularis* (Clerck, 1757)
Lycosidae	*Pardosa*	*proxima (*C. L. Koch, 1847)
Amaurobiidae	*Amaurobius*	*fenestralis* (Ström, 1768)

Yapılan bu araştırma ile Sinop ili otsu bitkileri ne ait 21 cins ait 26 tür tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalar ile ülkemizden kayıt altına alınmış olan türler yeni lokaliteler ile desteklenmiştir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında örnekler genel olarak otsu bitkiler üzerinden yakalandığından daha fazla sayıda ve tür olarak ağ yapan örümcek (Araneidae, Theridiidae) ve bitkiler üzerinde avlanan Thomisidae örnekleri elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Akpınar, A. *Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin örümcek (Arachnida: Araneae) Faunası, sistematiği ve zoocoğrafik dağılışları.* (Doktora tezi). Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gaziantep, 2011.

[2] Bayram, A., Allahverdi, H. Tarımsal ekosistemlerde örümceklerin habitat tercihleri üzerine. *Centre for Entomological Studies Ankara, Miscellaneous Papers*, 58: 1-7,1999.

[3] Danışman, T. *Antalya Havzası Bazı Zararlı Böcek Predatörü Örümceklerinin (Arachnida: Araneae) Biyoekolojisi*. Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü. Kırıkkaleş, 2008.

[4] Danışman, T., Kunt, K.B., Özkütük, R.S. and Coşar, İ. The Checklist of the Spiders of Turkey. (22 Kasım,2025).Version 2025, Online at http://www.spidersofturkey.info.

[5] Demirsoy, A. Yaşamın Temel Kuralları Omurgasızlar= İnvertebrata Böcekler Dışında, Cilt II / Kısım I. Ankara. 1210. 1999.

[6] Foelix, R. F. *Biology of spiders*. Third Edition. Oxford University Press.419p, 2011.

[7] Geci D, Naumova M. The spotted orb-weaver *Neoscona byzanthina* (Pavesi, 1876) – an enigmatic but common species on the Balkans (Araneae: Araneidae). *Ecologia Balkanica, Special Edition* **4**: 1-9, 2021a.

[8] Nentwig W, Blick T, Bosmans R, Gloor D, Hänggi A, Kropf C. Spiders of Europe. Version (10.10.2025).2025. Online at https://www.araneae.nmbe.ch, https://doi.org/10.24436/1

[9] World Spider Catalog. Version 26. Natural History Museum Bern, online at http://wsc.nmbe.ch, accessed on (10.10.2025). doi: 10.24436/2

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BAZI YEREL FASULYE (PHASEOLUS VULGARİS L.) GENOTİPLERİNDE ÇİMLENME DÖNEMİNDE PEG 6000 İLE SİMÜLE EDİLEN KURAKLIK STRESİNİN MORFOLOJİK ETKİSİ

Leyla KURGAN
Iğdır Üniversitesi,
leyla.kurgan@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-2052-6013

Sedanur GÜMÜŞ
Iğdır Üniversitesi,
gsedanur0@gmail.com - ORCID ID: 0009-0009-9819-6948

Özlem YILMAZ
Iğdır Üniversitesi,
ozlemgul9316@gmail.com -ORCID ID: 0009-0004-0756-8392

Yağmur GÖKÇE
Iğdır Üniversitesi,
gokceyag@outlook.com - ORCID ID: 0009-0001-1852-4852

Zühal TURAN KILIÇ
Iğdır Üniversitesi,
zuhalkilic2011@gmail.com - ORCID ID: 0009-0005-1613-1392

Ayşe Berfin BAYDAR
Iğdır Üniversitesi,
berfinbaydar99@gmail.com - ORCID ID: 0009-0007-1544-3487

Şahin AYDIN
Iğdır Üniversitesi,
sahnaydin@icloud.com - ORCID ID: 0009-0005-9164-7022

Fatih DEMİREL
Iğdır Üniversitesi,
fatih.demirel@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-6846-8422

Adnan AYDIN
Iğdır Üniversitesi,
adnan.aydin@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8284-3751

Barış EREN
Iğdır Üniversitesi,
baris.eren@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-3852-6476

ÖZET

Kuraklık, bitkilerin büyümesini ve gelişimini sınırlayan başlıca abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu bağlamda, çimlenme döneminde kuraklık stresine toleranslı genotiplerin belirlenmesi, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, üç farklı *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye) genotipinin PEG 6000 ile simüle edilen kuraklık koşullarına karşı çimlenme yanıtları değerlendirilmiştir. Araştırmada KKF-BY-15-11, 25 numaralı yerel hatlar ile Akman-98 çeşidi kullanılmıştır. Denemeler, 0 (kontrol) ve -2.5 bar PEG 6000 dozlarında, kontrollü in vitro koşullarda yürütülmüştür. Ölçülen parametreler arasında plumula ve radikula uzunlukları ile hipokotil, plumula ve radikula yaş ve kuru ağırlık değerleri yer almıştır. Elde edilen sonuçlar, kuraklık stresine verilen yanıtlarda belirgin genotipik varyasyon bulunduğunu ortaya koymuştur. Plumula ve radikula uzunluklarında en yüksek gelişim kontrol uygulamasında Akman-98 genotipinde gözlemlenirken, hipokotil, radikula ve plumula yaş ve kuru ağırlıklarında en yüksek değerler KKF-BY-15-11 genotipinde kaydedilmiştir. KKF-BY-15-11 genotipinin -2.5 bar PEG 6000 uygulaması altında bazı özelliklerde gelişim göstermesi dikkat çekicidir. Bu durum, ilgili genotipin kuraklık stresine karşı potansiyel bir adaptif yanıt sergilediğini göstermektedir. PEG uygulamasının genel olarak gelişim parametrelerini olumsuz etkilediği ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, kuraklık stresine karşı dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde PEG 6000'in etkili bir tarama aracı olduğunu doğrulamakta ve ileriye dönük kuraklığa dayanıklı fasulye çeşitlerinin geliştirilmesinde ön değerlendirme verisi sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Phaseolus vulgaris*, kuraklık stresi, PEG 6000, çimlenme, morfolojik özellikler

ABSTRACT

Drought is one of the main abiotic stress factors that limit the growth and development of plants. In this context, identifying genotypes tolerant to drought stress during germination is of great importance for sustainable agricultural practices. In this study, the germination responses of three different *Phaseolus vulgaris* L. (bean) genotypes to drought conditions simulated with PEG 6000 were evaluated. The research used KKF-BY-15-11, local lines number 25, and the Akman-98 variety. The experiments were conducted under controlled in vitro conditions with 0 (control) and -2.5 bar PEG 6000 doses. Parameters measured included plumule and radicle lengths, as well as the fresh and dry weights of the hypocotyl, plumule, and radicle. The results revealed significant genotypic variation in responses to drought stress. The highest development in plumule and radicle lengths was observed in the Akman-98 genotype under control conditions, while the highest values for the fresh and dry weights of the hypocotyl, radicle, and plumule were recorded in the KKF-BY-15-11 genotype. Notably, the KKF-BY-15-11 genotype showed some developmental progress under the -2.5 bar PEG 6000 treatment. This indicates that this genotype exhibits a potential adaptive response to drought stress. Overall, PEG application was found to negatively affect developmental parameters. The findings confirm that PEG 6000 is an effective screening tool for identifying

drought-resistant genotypes and provide preliminary data for the future development of drought-tolerant bean varieties.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, drought stress, PEG 6000, germination, morphological characteristics

1. GİRİŞ

Kuraklık, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir (Qian ve ark., 2025). Küresel iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması, tarımsal üretimde kuraklık stresinin etkilerini daha da belirgin hale getirmektedir (Wang ve ark., 2025). Bitkilerde özellikle çimlenme ve fide gelişim evreleri, çevresel stres faktörlerine karşı oldukça duyarlıdır (Ghosh ve ark., 2025). Bu nedenle, stres koşullarında çimlenme yeteneği yüksek olan genotiplerin belirlenmesi, sürdürülebilir tarım açısından büyük önem taşımaktadır.

Phaseolus vulgaris L. (fasulye), dünya genelinde yaygın olarak tüketilen önemli bir baklagil türüdür. Yüksek protein içeriği ve azot fiksasyon kapasitesi ile hem insan beslenmesi hem de toprak sağlığı açısından önemli bir tarla bitkisidir. Ancak, üretimi kuraklık gibi çevresel stres faktörlerinden kolayca etkilenmektedir (Kumari ve ark., 2025). Fasulye genotipleri arasında kuraklığa tolerans düzeylerinin farklılık göstermesi, bu tür çalışmaların önemini artırmaktadır.

Polietilen glikol (PEG 6000), laboratuvar koşullarında kontrollü kuraklık stresi oluşturmak için yaygın olarak kullanılan etkili bir simülasyon aracıdır. PEG, toprakta su potansiyelini düşürmeden ozmotik baskı oluşturarak bitki kökleri tarafından emilemeyen bir su stresi ortamı yaratır (Michel ve Kaufmann, 1973).

Bu çalışma, üç farklı *Phaseolus vulgaris* L. genotipinin çimlenme döneminde PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresine karşı verdikleri morfolojik yanıtları karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Elde edilen veriler, kuraklık toleransı yüksek yerel hatların belirlenmesine katkı sağlayarak, kuraklığa dayanıklı fasulye çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ıslah programları için önemli bir kaynak oluşturabilir.

2. MATERYAL VE METOT

Deneme, 2025 yılında Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı laboratuvarlarında bulunan bitki büyütme kabinlerinde, *in vitro* kontrollü koşullar altında yürütülmüştür. Çalışmada, Mardin Artuklu Üniversitesi'nden temin edilen KKF-BY-11 ve 25 nolu fasulye hatları ve Akman-98 fasulye çeşidi (*Phaseolus vulgaris* L.) araştırma materyalleri olarak kullanılmıştır. Çimlendirme öncesinde tohumlar, yüzey sterilizasyonu amacıyla %2 (w/v) ticari sodyum hipoklorit çözeltisinde 1 dakika bekletilmiş ve ardından su ile iyice durulanmıştır. Steril edilen tohumlar, katlanmış kurutma kağıtları yerleştirilmiştir. Örnekler, kilitli poşetler içinde 25 ± 1°C sıcaklığa ayarlanmış bitki büyütme kabininde çimlenme süresi boyunca (10 gün) tutulmuştur. Denemede tohumlara iki farklı osmotik potansiyel seviyesinde PEG 6000 (0 (kontrol), -2.5 bar) ile muamele edilmiştir. PEG 6000 kurak bir ortamı simüle

etmek için kullanıldı ve ozmotik basınç, Michel ve Kaufman yöntemi (Michel ve Kaufman, 1973) tarafından sağlanan denklemle oluşturuldu.

$\psi s = -(1.18 \times 10^{-2})\ C - (1{,}18 \times 10^{-4})\ C + (2{,}67 \times 10^{-4})\ CT + (8{,}39 \times 10^{-7})\ C^2T$

ψs= ozmotik potansiyel (bar)

C = polietilen glikol miktarı (g/L)

T = sıcaklık (°C)

Her bir kurutma kağıdının arasına 5 tohum konulmuştur. Hazırlanan solüsyonlardan her örneğe 10 mL olacak şekilde uygulanmıştır (Keshtiban, 2015; Mena ve ark., 2015). Denemenin 10. gününde örnekler bitki büyütme kabininden çıkarılarak ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada plumula (sürgün) uzunluğu ve radikula (kökçük) uzunluğu parametreleri değerlendirilmiştir. Radikula ve plumula uzunlukları milimetrik kâğıt ile ölçülmüştür. Araştırma, tam şansa tamamen rastgele deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Her blokta her genotip ve genotip-tuz uygulama kombinasyonu için 5 biyolojik tekrar (toplam 15 örnek) kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1.Plumula ve Radikula Uzunluğu

Farklı genotiplerin çimlenme döneminde PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresine verdikleri morfolojik tepkiler, plumula ve radikula uzunlukları bakımından anlamlı farklılıklar göstermiştir (Tablo 1). Genotip, doz ve genotip × doz etkileşimi hem plumula hem de radikula uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde etkili olmuştur ($p<0.001$).

Genotipler arasında en uzun plumula ve radikula gelişimi Akman-98 çeşidinde (Plumula→ 47.111 mm, Radikula→77.889 mm) kontrol (0) koşullarında gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasında karşılaştırılma yapıldığında ise genel olarak radikula ve plumula uzunluklarının değerleri en yüksek kontrol uygulamalarında bulunmuştur. Buna karşın KKF-BY-15-11 genotipinde PEG uygulamasının hem plumula hem de radikula uzunluğunu artırdığı dikkat çekicidir (Tablo 1). Genel olarak PEG 6000 uygulaması gelişimi yavaşlatmıştır.

Çizelge 1: Farklı genotiplerin PEG 6000 uygulaması altındaki plumula ve radikula uzunlukları (mm)

Genotip	Doz	Plumula Uzunluğu (mm)	Radikula Uzunluğu (mm)
KKF-BY-15-11	0	17.455 b	11.091 d
	2.5	19.444 b	30.444 c
	Mean	18.449 b	20.768 c
Akman-98	0	47.111 a	77.889 a
	2.5	12.143 bc	51.429 b

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

	Mean	29.627 a	64.659 a
25	0	11.733 bc	73.733 a
	2.5	2.625 c	23.000 cd
	Mean	7.179 c	48.367 b
	0	25.433 a	54.238 a
	2.5	11.404 b	34.958 b
F değerleri	Genotip	20.302***	27.516***
	doz	24.371***	15.994***
	GxD	13.754***	19.743***

3.2. Yaş Ağırlık Değerleri

PEG 6000 uygulaması, plumula ve radikula yaş ağırlıkları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilere neden olmuştur (Tablo 2). Plumula yaş ağırlığı için genotip ($p<0.001$), doz ($p<0.01$) ve genotip x doz etkileşimi ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Radikula yaş ağırlığında da genotip etkisi ve genotip x doz etkileşimi anlamlıdır ($p<0.001$). Hipokotil yaş ağırlıklarında ise genotip x doz etkileşimi ($p<0.05$) anlamlıdır.

Genotipler arasında en yüksek hipokotil (kontrol koşullarında; 0.701 g), radikula (-2.5 bar dozunda; 0.234 g) ve plumula (-2.5 bar dozunda; 0.411 g) yaş ağırlığı KFF-BY-11 genotipinde görülmüştür. Dozlar arasında sadece radikula uzunluğu anlamlı bulunmuş ve en yüksek değer kontrol (0) uygulamasında görülmüştür (Tablo 2).

Çizelge 2: Farklı genotiplerin PEG 6000 uygulaması altındaki yaş ağırlık değerleri (g)

Genotip	Doz	Hipokotil Yaş Ağırlığı (g)	Plumula Yaş Ağırlığı (g)	Radikula Yaş Ağırlığı (g)
KKF-BY-15-11	0	0.701 a	0.302 b	0.092 b
	2.5	0.533 b	0.411 a	0.234 a
	Mean	0.617 a	0.357 a	0.163 a
Akman-98	0	0.607 ab	0.363 ab	0.131 b
	2.5	0.643 ab	0.067 c	0.030 c
	Mean	0.625 a	0.215 b	0.081 b
25	0	0.603 ab	0.114 c	0.107 b

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

	2.5	0.608 ab	0.073 c	0.084 b
	Mean	0.606 a	0.093 c	0.096 b
	0	0.637 a	0.260 a	0.110 a
	2.5	0.595 a	0.184 b	0.116 a
F değerleri	Genotip	0.079ns	37.798***	13.386***
	doz	1.145ns	8.682**	0.178ns
	GxD	2.615*	19.473***	25.828***

3.3.Kuru Ağırlık Değerleri

Kuru ağırlık verileri genotip ve doz etkilerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Tablo 3). Özellikle hipokotil kuru ağırlığında hem genotip hem doz hem de etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). Plumula kuru ağırlığı için genotip ($p<0.001$), doz ve genotip x doz interaksiyonu ($p<0.05$) anlamlıdır. Radikula kuru ağırlığı üzerinde de genotip ve genotip x doz etkileşim etkisi önemli düzeydedir ($p<0.05$).

Genotipler arasında en yüksek hipokotil (0.628 g) ve plumula (0.030 g) kuru ağırlık değeri KKF-BY-15-11 genotipinde gözlemlenirken, en yüksek radikula kuru ağırlığı (0.009 g) hem KKF-BY-15-11 genotipinde hem de 25 isimli genotipte bulunmuştur. En yüksek kuru ağırlık değerleri KKF-BY-15-11 genotipinde -2.5 bar dozunda belirlenmiştir. Dozlar arasında hipokotil kuru ağırlığı en yüksek -2.5 bar dozunda yüksek çıkarken radikula ve plumula kuru ağırlıklarında en yüksek değerler kontrol (0) uygulamasında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. Farklı genotiplerin PEG 6000 uygulaması altındaki kuru ağırlık değerleri (g)

Genotip	Doz	Hipokotil Kuru Ağırlığı	Plumula Kuru Ağırlığı	Radikula Kuru Ağırlığı
KKF-BY-15-11	0	0.281 b	0.015 b	0.002 b
	2.5	0.628 a	0.030 a	0.009 a
	Mean	0.455 a	0.022 a	0.005 b
Akman-98	0	0.214 b	0.027 a	0.008 a
	2.5	0.251 b	0.000 c	0.000 b
	Mean	0.232 b	0.013 b	0.004 b
25	0	0.246 b	0.010 b	0.009 a

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

	2.5	0.307 b	0.008 b	0.008 a
	Mean	0.276 b	0.009 b	0.008 a
	0	0.247 b	0.017 a	0.006 a
	2.5	0.395 a	0.013 b	0.006 a
F değerleri	Genotip	23.738***	16.892***	12.236*
	doz	28.196***	5.713*	1.310ns
	GxD	13.064***	35.787*	36.248*

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresine üç farklı *Phaseolus vulgaris L.* genotipinin çimlenme yanıtları incelenmiş ve genotipler arasında belirgin farklılıkların bulunduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, kuraklık stresinin özellikle çimlenme döneminde bitkiler üzerinde güçlü bir baskı yarattığını gösteren önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Ashraf ve Mehmood, 1990; Albuquerque ve Carvalho, 2003). PEG'in su potansiyelini düşürerek tohumun su alımını sınırlaması sonucunda radikula (kökçük) ve plumula (sürgün) gelişiminde düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum, PEG 6000'in ozmotik potansiyel oluşturarak su stresini simüle ettiğini ortaya koyan Michel ve Kaufmann (1973) tarafından açıklanan mekanizma ile uyumludur.

Çalışmada PEG uygulaması genel olarak radikula ve plumula uzunluklarını azaltmış olsa da KKF-BY-15-11 genotipinin bazı parametrelerde stres koşullarında dahi artış göstermesi dikkat çekicidir. Benzer şekilde bazı baklagil ve tahıl türlerinde hafif-orta düzeyde su stresinin adaptif kök büyümesini teşvik edebildiği bildirilmiştir (Turhan, 1997; Türkan ve ark., 2005). Bu sonuçlar, belirli genetik yapıların stres altında alternatif fizyolojik düzenleme stratejileri geliştirebildiğini göstermektedir.

Kuraklık stresinin tohumların kök gelişimini baskıladığı, böylece fide oluşumunu geciktirdiği daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Bewley & Black, 2013; Hu & Jones, 2004). Bu çalışma, özellikle PEG uygulaması altında radikula ve plumula uzunluklarında belirgin azalmalar olduğunu ortaya koyarak bu görüşü desteklemektedir.

Genotipler arasındaki varyasyonun istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bulunması, kuraklık toleransının genetik temelli olduğunu gösteren birçok çalışma ile uyumludur. Dutta ve Bera (2008), farklı PEG konsantrasyonlarında mung fasulyesi genotipleri arasında belirgin tolerans farkları bulunduğunu; Giancarla ve ark (2012) ise arpa genotiplerinde geniş varyasyon ortaya çıktığını bildirmiştir. Bu çalışmada da Akman-98 genotipinin kontrol koşullarında plumula ve radikula uzunluğu yüksek çıkarken PEG altında belirgin şekilde gerilemesi, stres yanıtının genotipe özgü olduğunu desteklemektedir. Buna karşın KKF-BY-15-11 genotipinin stres koşullarında bazı büyüme özelliklerini artırması, kuraklığa adaptif davranış sergileyen hatların varlığını işaret etmektedir.

PEG konsantrasyonlarının artmasıyla morfolojik göstergelerdeki düşüşler, Lesotho'da yürütülen ve artan PEG'in çimlenme ve fide gelişimini belirgin şekilde azalttığını bildiren çalışmanın sonuçlarıyla da uyumludur (Moliehi ve ark, 2017). İki çalışmada da kontrol koşulları en iyi performansı verirken, yüksek PEG seviyeleri radikula ve plumula gelişimini ciddi biçimde sınırlandırmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık stresinin Phaseolus vulgaris L. genotiplerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi genel olarak plumula ve radikula uzunluklarında ile yaş ve kuru ağırlık değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Ancak genotipler arasında stres yanıtları bakımından belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Özellikle KKF-BY-15-11 genotipi, bazı büyüme parametrelerinde stres koşullarında dahi nispeten daha yüksek performans göstermiştir. Akman-98 çeşidi kontrol koşullarında yüksek gelişim gösterirken, kuraklık altında belirgin gerileme sergilemiştir. Bu sonuçlar, kuraklık toleransında genotipik varyasyonun önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, kuraklığa dayanıklı fasulye genotiplerinin belirlenmesi ve ıslah programlarında değerlendirilmesi açısından önemli bir temel oluşturmaktadır. Ayrıca sonuçların tarla koşullarında yapılacak ileri çalışmalarla desteklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Albuquerque, M., Carvalho, N. M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower, soybean and maize seeds with different levels of vigor, Seed Science and Technology, 31(2), 465-479, 2003.

Ashraf, M., Mehmood, S. Response of four *Brassica* species to drought stress, Environmental and Experimental Botany, 30(1), 93-100, 1990.

Bewley, J. D., Black, M. *Seeds: physiology of development and germination*, Springer Science & Business Media, 2013.

Puspendu Dutta, P.D., Bera, A. K. Screening of mungbean genotypes for drought tolerance, 145-148, 2008.

Ghosh, T., Atta, K., Mondal, S., Bandyopadhyay, S., Singh, A. P., Jha, U. C., Kumar, R., Gujjar, R. S. Hormonal signaling at seed germination and seedling stage of plants under salinity stress, Plant Growth Regulation, 1-18, 2025.

Giancarla, V., Madosa, E., Sumalan, R., Adriana, C., Cerasela, P. Evaluation of some indirect indices to identify drought tolerance in barley, Journal of Horticulture, Forestry & Biotechnology, 16, 239-241, 2012.

Hu, F. D., Jones, R. J. Effects of plant extracts of *Bothriochloa pertusa* and *Urochloa mosambicensis* on seed germination and seedling growth of *Stylosanthes hamata* cv. Verano and *Stylosanthes scabra* cv. Seca., Australian Journal of Agricultural Research, 48(8), 1257-1264, 1997.

Keshtiban, R.K. *Effects of salinity stress and drought due to different concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 on germination and seedling growth characteristics of*

lentil (Lens culinaris Medik), International conference on research in science and technology, Kualalumpur-Malaysia, 2015.

Kumari, M., Thakur, P. K., Kumari, P., Sood, R., Singh, M., Rana, J. C. *Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Breeding*, Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

Mena, E., Leiva-Mora, M., Dilhara-Jayawardana, E.K., García, L., Veitía, N., Bermúdez-Caraballoso, I., Collado, R., Cárdenas-Ortíz, R. Effect of salt stress on seed germination and seedlings growth of *Phaseolus vulgaris* L., Cultivos Tropical, 36, 71-74, 2015.

Michel, B. E., Kaufmann, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51(5), 914–916, 1973. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914

Moliehi, R., Mateboho, M., Motlatsi, M. Screening of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) for drought tolerance, Global Journal of Agricultural Research, 5(4), 20-29, 2017.

Qian, D., Wang, M., Niu, Y., Yang, Y., Xiang, Y. Sexual reproduction in plants under high temperature and drought stress, Cell Reports, 44, 3, 2025.

Turhan, H. *Salinity studies in potato (Solanum tuberosum L.)*, Doctoral dissertation, University of Reading, 1997.

Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol-mediated water stress, Plant science, 168(1), 223-231, 2005.

Wang, R., Yang, Q., Deng, Z., Nian, W. The research on soil-plant-climate interactions: An integrated assessment of water management and drought resilience, Advances in Resources Research, 5(1), 456-476, 2025.

Yılmaz, E. G., Dinç, K., Tiryaki, İ. Bazı Yerel Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme Evresindeki Tuz Stresine Toleranslık Seviyelerinin Belirlenmesi, International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 6(2), 166-183, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FASULYE (*PHASEOLUS VULGARİS* L.) GENOTİPLERİNDE ÇİMLENME DÖNEMİNDE TUZ STRESİNİN MORFOLOJİK ETKİLERİ

Leyla KURGAN
Iğdır Üniversitesi,
leyla.kurgan@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-2052-6013

Sedanur GÜMÜŞ
Iğdır Üniversitesi,
gsedanur0@gmail.com - ORCID ID: 0009-0009-9819-6948

Fatih DEMİREL
Iğdır Üniversitesi,
fatih.demirel@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-6846-8422

Barış EREN
Iğdır Üniversitesi,
baris.eren@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-3852-6476

Adnan AYDIN
Iğdır Üniversitesi,
adnan.aydin@igdir.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8284-3751

ÖZET

Toprak tuzluluğu, dünya genelinde tarımsal verimliliği sınırlayan en kritik abiyotik stres faktörlerinden biridir ve özellikle *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye) gibi baklagillerde önemli verim kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'ye ait 25 yerel fasulye genotipinin çimlenme döneminde farklı tuz stres düzeylerine (0, 50 ve 100 mM NaCl) verdiği morfolojik tepkileri araştırmayı amaçlamıştır. İncelenen parametreler, çimlenen tohum canlılığı ve stres toleransının önemli göstergeleri olan plumula (sürgün) ve radikula (kökçük) uzunluklarıdır. Elde edilen sonuçlar, tuz stresine verilen yanıtlarda belirgin genotipik varyasyon bulunduğunu ortaya koymuş; artan tuzluluk seviyelerinin hem plumula hem de radikula gelişimini kademeli olarak azalttığı belirlenmiştir. Genel olarak plumula uzunluğunun radikulaya göre daha fazla etkilendiği, bunun da sürgün dokularının ozmotik ve iyonik strese karşı daha duyarlı olduğunu gösterdiği saptanmıştır. KKF-BY-15-9, Akman-98 ve Berrak gibi bazı genotipler hem orta hem de yüksek tuz uygulamalarında nispi istikrarlı bir büyüme sergileyerek toleranslı bulunurken; KKF-BY-15-11, KKF-BY-14-5 ve KKF-BY-15-21 genotipleri ciddi büyüme inhibisyonu göstermiş ve bazı durumlarda plumula uzamasında tamamen durma gözlenmiştir. En yüksek ortalama plumula uzunluğu (54,667) değerine göre KKF-BY-15-4 genotipi öne çıkarken, en yüksek radikula uzunluğu (97,455) değerine göre KKF-BY-15-13 genotipinin öne çıktığı belirlenmiştir. En yüksek ortalama plumula uzunluğu her iki parametrede de kontrol (0 mM) grubundan elde edilmiştir. Bu bulgular, tuz toleransında güçlü genetik bileşenlerin rol oynadığını vurgulamakta ve yerel genetik kaynakların taranarak toleranslı genotiplerin belirlenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bulgularımız tuzluluk stresine karşı toleranslı genotiplerin potansiyelini göstermekte ve tuzluluğa toleranslı hatların geliştirilmesine yönelik planlanacak ıslah programları için kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tuz toleransı, plumula uzunluğu, radikula uzunluğu, genotipik varyasyon

Morphological Effects of Salt Stress During the Germination Stage in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes

ABSTRACT

Soil salinity is one of the most critical abiotic stress factors limiting agricultural productivity worldwide, and it causes significant yield losses, particularly in legumes such as *Phaseolus* vulgaris L. (common bean). This study aimed to investigate the morphological responses of 25 local bean genotypes from Türkiye to different salt stress levels (0, 50, and 100 mM NaCl) during the germination stage. The evaluated parameters were plumule (shoot) and radicle (rootlet) lengths, which are important indicators of seedling vigor and stress tolerance. The results revealed a marked genotypic variation in responses to salt stress, showing that increasing salinity levels gradually reduced both plumule and radicle growth. Overall, plumule length was found to be more affected than radicle length, indicating that shoot tissues are more sensitive to osmotic and ionic stress. Some genotypes, such as KKF-BY-15-9, Akman-98, and Berrak, exhibited relatively stable growth under both moderate and high salt treatments and were identified as tolerant. In contrast, genotypes KKF-BY-15-11, KKF-BY-14-5, and KKF-BY-15-21 showed severe growth inhibition, with complete cessation of plumule elongation observed in some cases. The genotype KKF-BY-15-4 stood out with the highest mean plumule length (54.667), while KKF-BY-15-13 exhibited the highest mean radicle length (97.455). The highest average values for both parameters were obtained in the control (0 mM) group. These findings emphasize the role of strong genetic components in salt tolerance and highlight the importance of screening local genetic resources to identify tolerant genotypes. Our results demonstrate the potential of salt-tolerant genotypes and provide evidence for breeding programs aimed at developing salt-tolerant lines.

Keywords: Salt tolerance, plumule length, radicle length, genotypic variation

1. GİRİŞ

Toprak tuzluluğu, dünya genelinde artan ve tarımsal üretime bir engel teşkil etmektedir (Liang ve ark., 2024). Ekili tarım arazilerinin yaklaşık %20'sinde ve sulama yapılan alanların %33'ünde, tuzluluk kaynaklı verim sorunları yaşanmaktadır (Raggi ve ark., 2024). Baklagillerde gelişim ve ürün miktarını sınırlandıran temel çevresel faktörlerden biri tuzluluktur. Tuz stresi, bitki yaşamının farklı evrelerinde hormon dengesi, fotosentez ve azot fiksasyonu üzerinde olumsuz etkiler göstererek besin yetersizliği, büyümenin durması ve belirgin verim kayıplarıyla sonuçlanmaktadır (Bouzroud ve ark., 2023). Baklagiller familyasından fasulye (*Phaseolus vulgaris*), tuz stresine karşı oldukça hassas bir bitkidir. Araştırmalar, bu stresin çimlenme döneminde çimlenme oranını düşürdüğünü ve su dengesi, stoma iletkenliği ile fotosentez gibi hayati fizyolojik süreçleri olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir (Özkorkmaz ve ark., 2020; Taïbi ve ark., 2021). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), yüksek besin değeri ve ekonomik önemiyle dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen bir baklagil türüdür. Ancak bu tür, tuz stresine karşı nispeten hassastır ve çimlenme dönemindeki stres koşullarına maruz kalmak, sürgün ve kök gelişimini olumsuz etkileyerek verim

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

potansiyelini azaltabilir. Farklı fasulye genotiplerinin bu stres koşullarına verdikleri tepkilerde önemli genotipik farklılıklar bulunmaktadır; bazı genotipler morfolojik ve fizyolojik açıdan daha toleranslı kalabilmektedir (Yılmaz ve ark., 2023).

Fasulye (*Phaseolus vulgaris*) genotiplerinin tuz stresine karşı tepkileri, genotipe özgü farklılıklar sergileyebilmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2012). Bilimsel veriler, çeşitler ve yerel popülasyonlar arasında tuzluluğa karşı tolerans derecelerinin değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 18 yerel fasulye genotipi üzerinde 200 mM NaCl tuz stresi uygulayan Yılmaz ve ark. (2023), çimlenme oranı ve hızı açısından genotipler arasında belirgin farklılıklar tespit etmiştir. Bu çalışmada bazı genotipler tuzluluktan etkilenmezken, Pv-2 kodlu genotipte çimlenme oranı %36,8 oranında düşmüştür. Bu nedenle, genotipik farklılıkların çimlenme döneminde değerlendirilmesi, tuza toleranslı hatların seçimi açısından önemlidir.

Bu çalışma, yerel fasulye genotiplerinde tuz stresine bağlı morfolojik değişimlerin ve genotipik farklılıkların belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu araştırmada yer alan yerel genotiplerin tuz stresine karşı ilk kez kapsamlı bir karşılaştırmaya tabi tutulması, çalışmanın literatüre özgün bir katkı sağlamasının yanı sıra, gelecekte tuza toleranslı fasulye hatlarının belirlenmesine yönelik değerli bilgiler sunmaktadır.

2. MATERYAL ve METOD

Deneme, 2025 yılında Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı laboratuvarlarında bulunan bitki büyütme kabinlerinde, *in vitro* kontrollü koşullar altında yürütülmüştür. Çalışmada, Mardin Artuklu Üniversitesi'nden temin edilen ve bilgileri Çizelge1'de verilen 21 yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) hattı ve 3 yerel fasulye çeşidi araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Çimlendirme öncesinde tohumlar, yüzey sterilizasyonu amacıyla %2 (w/v) ticari sodyum hipoklorit çözeltisinde 1 dakika bekletilmiş ve ardından su ile iyice durulanmıştır. Steril edilen tohumlar, katlanmış kurutma kağıtları yerleştirilmiştir. Örnekler, kilitli poşetler içinde 25 ± 1°C sıcaklığa ayarlanmış bitki büyütme kabininde çimlenme süresi boyunca (10 gün) tutulmuştur. Denemede tohumlara 0 mM (kontrol), 50 mM ve 100 mM NaCl tuz konsantrasyonları ile muamele edilmiştir. Her bir kurutma kağıdının arasına 5 tohum konulmuştur. Hazırlanan NaCl çözeltilerinden her örneğe 10 mL olacak şekilde uygulanmıştır (Keshtiban, 2015; Mena ve ark., 2015). Denemenin 10. gününde örnekler bitki büyütme kabininden çıkarılarak ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada plumula (sürgün) uzunluğu ve radikula (kökçük) uzunluğu parametreleri değerlendirilmiştir. Radikula ve plumula uzunlukları milimetrik kâğıt ile ölçülmüştür. Araştırma, tam şansa tamamen rastgele deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Her blokta her genotip ve genotip-tuz uygulama kombinasyonu için 5 biyolojik tekrar (toplam 15 örnek) kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 1: Bu çalışmada kullanılan fasulye hat ve çeşitlerinin isimleri

Genotip Adı		Hat/Çeşit	Genotip Adı		Hat/Çeşit
1	KKF-BY-15-15	Hat	13	KKF-BY-15-14	Hat
2	KKF-BY-15-6	Hat	14	KKF-BY-15-16	Hat
3	KKF-BY-15-28	Hat	15	KKF-BY-15-22	Hat
4	KKF-BY-15-29	Hat	16	KKF-BY-15-30	Hat
5	KKF-BY-15-8	Hat	17	KKF-BY-15-20	Hat
6	KKF-BY-15-9	Hat	18	KKF-BY-15-4	Hat
7	KKF-BY-15-11	Hat	19	KKF-BY-15-23	Hat
8	KKF-BY-14-5	Hat	20	KKF-BY-15-13	Hat
9	KKF-BY-15-19	Hat	21	KKF-BY-15-21	Hat
10	KKF-BY-15-5	Hat	22	Akman-98	Çeşit
11	KKF-BY-15-7	Hat	23	Berrak	Çeşit
12	KKF-BY-15-24	Hat	24	Karaman-2016	Çeşit

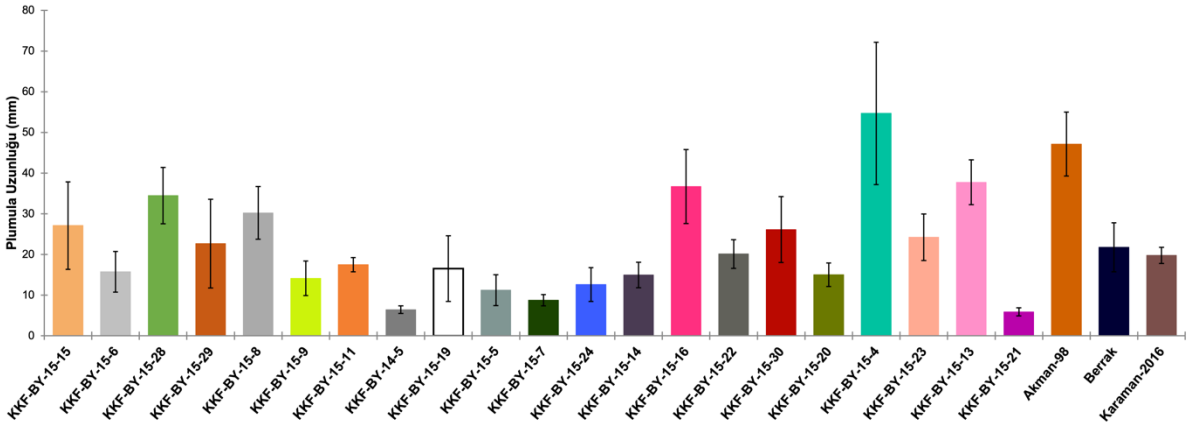
3. BULGULAR

Bu çalışmada, 25 farklı yerel fasulye genotipinin farklı tuz dozları (0 mM, 50 mM ve 100 mM NaCl) altında çimlenme döneminde plumula (sürgün) ve radikula (kökçük) uzunluklarındaki değişimleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve genotipler ile tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

a. Plumula Uzunlukları

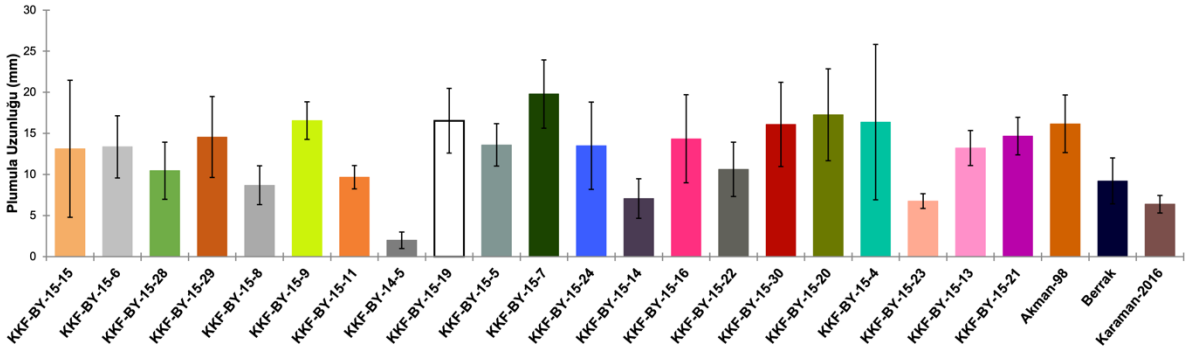
Kontrol koşullarında (0 mM NaCl) yetiştirilen 25 farklı fasulye genotipine ait ortalama plumula uzunlukları karşılaştırıldığında, genotipler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Ortalama plumula uzunlukları geniş bir varyasyon aralığı sergilemiş; KKF-BY-15-4 (54,667 mm) genotipi en yüksek değeri gösterirken, Akman-98 (47,111 mm) ve KKF-BY-15-13 (37,727 mm) genotipleri de yüksek değerler kaydetmiştir. Ortalama en düşük uzunluk ise KKF-BY-14-5 (6,4 mm) genotipinde belirlenmiş; KKF-BY-15-21 (5,867 mm) ve KKF-BY-15-7 (8,827 mm) genotipleri de benzer şekilde düşük performans göstermiştir. Standart hata çubukları incelendiğinde, KKF-BY-15-4, KKF-BY-15-29, KKF-BY-15-15, KKF-BY-15-16, KKF-BY-15-30, KKF-BY-15-19 ve Akman-98 genotiplerinde değişkenliğin daha yüksek; KKF-BY-14-5, KKF-BY-15-21, KKF-BY-15-7, KKF-BY-15-11, KKF-BY-15-25 ve Karaman-2016 genotiplerinde ise daha düşük olduğu gözlenmiştir (Görsel 1).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 1. 0 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin plumula uzunluklarına etkisi

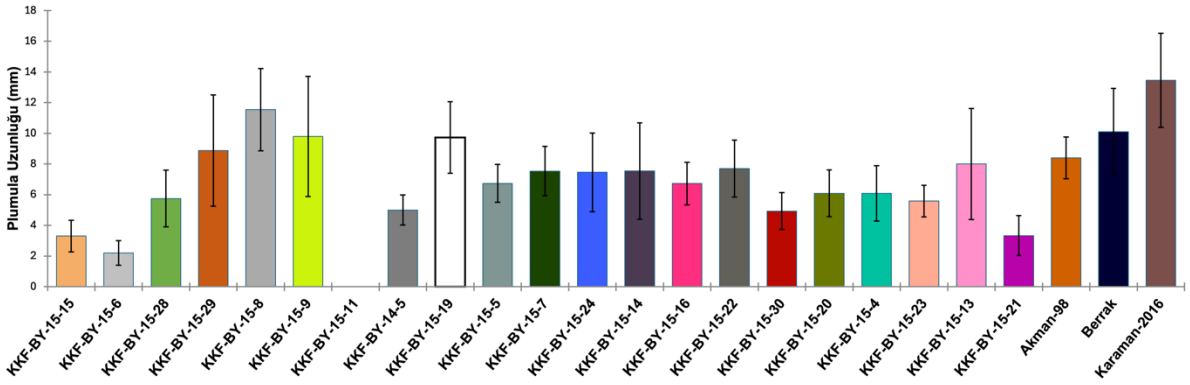
50 mM NaCl uygulaması, ortalama plumula uzunluklarında belirgin değişimlere yol açmış ve genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Genotipler arasında ortalama en uzun plumula değerini KKF-BY-15-7 (19,786 mm) göstermiş, onu KKF-BY-15-20 (17,273 mm) takip etmiştir. KKF-BY-14-5 (2 mm) ise en kısa ortalama plumula uzunluğuna sahip olmuş, bu durum ilgili genotipin tuz stresine duyarlılığını düşündürmektedir. Standart hata çubukları bakımından, KKF-BY-15-4 ve KKF-BY-15-5'te varyasyon yüksek iken, KKF-BY-15-23, KKF-BY-14-5, Karaman-2016 ve KKF-BY-15-11 genotiplerinde bu değerler oldukça düşüktür (Görsel 2).



Görsel 2. 50 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin plumula uzunluklarına etkisi

100 mM NaCl uygulaması sonrasında ortalama plumula uzunlukları genotipler arasında anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Karaman-2016 (13,455 mm) genotipi en yüksek değere ulaşırken, KKF-BY-15-8 (11,545 mm) ve Berrak (10,1 mm) genotipleri de yüksek uzunluklar kaydetmiştir. Buna karşılık, KKF-BY-15-6 (2,2 mm) genotipi en düşük değeri sergilemiş; KKF-BY-15-15 (3,3 mm) ve KKF-BY-15-21 (3,333 mm) de düşük grupta yer almıştır. KKF-BY-15-11 hattı 100 mM tuz dozunda çimlenme meydana gelmemiştir. Standart hata analizinde, KKF-BY-15-9 ve KKF-BY-15-29 genotiplerinde değişkenlik en yüksek; KKF-BY-15-23, KKF-BY-14-5, Karaman-2016 ve KKF-BY-15-11 genotiplerinde ise en düşük bulunmuştur (Görsel 3).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

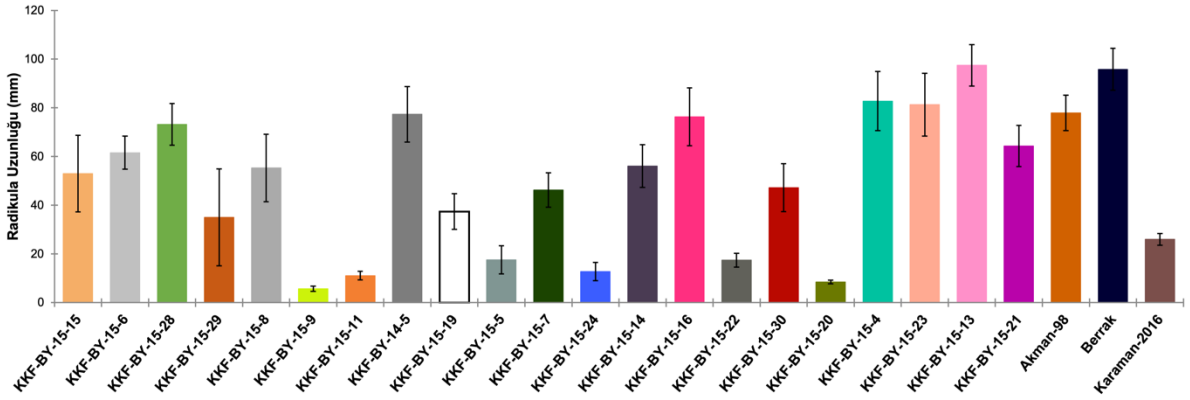


Görsel 3. 100 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin plumula uzunluklarına etkisi

Üç farklı uygulama karşılaştırıldığında, ortalama plumula uzunluklarının tuz konsantrasyonu arttıkça düzenli olarak azaldığı görülmektedir (Görsel 1, 2, 3).

b. Radikula Uzunlukları

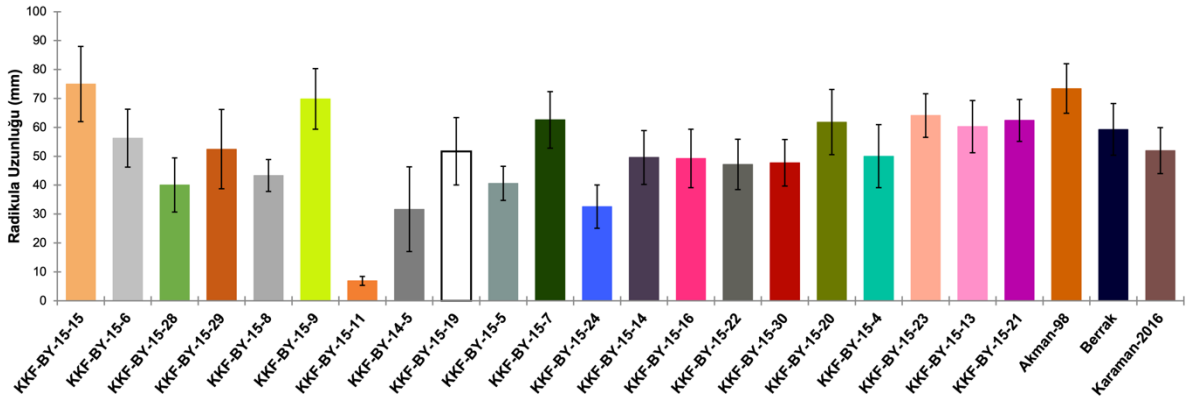
Tuz uygulanmayan kontrol koşullarında (0 mM NaCl) 25 genotipin ortalama radikula uzunlukları karşılaştırıldığında, farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). KKF-BY-15-13 (97,455 mm) genotipi ortalama en uzun radikula değerini verirken, Berrak (95,833 mm), KKF-BY-15-4 (82,778 mm) ve KKF-BY-15-23 (81,308 mm) de yüksek değerler göstermiştir. Ortalama en kısa radikula uzunluğu KKF-BY-15-9 (5,75 mm) genotipinde ölçülmüş; KKF-BY-15-20 (8,5 mm) ve KKF-BY-15-11 (11,091 mm) de düşük grup içinde yer almıştır. Standart hata çubukları, KKF-BY-15-8 genotipinde en uzun; KKF-BY-15-9, KKF-BY-15-11 ve KKF-BY-15-20 genotiplerinde ise en kısa olarak belirlenmiştir (Görsel 4).



Görsel 4. 0 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin radikula uzunluklarına etkisi

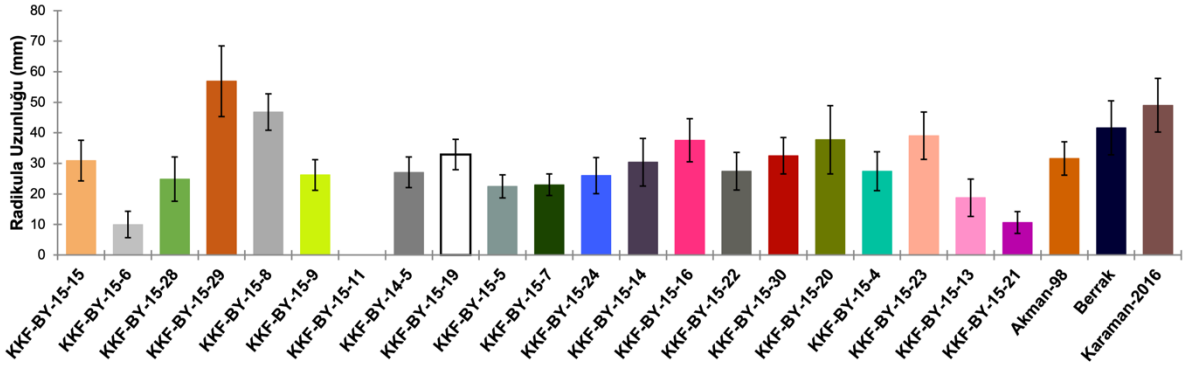
50 mM NaCl koşullarında ortalama radikula uzunlukları bakımından genotipler arasında belirgin ve anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0.05$). Akman-98 (73,417 mm) genotipi en yüksek ortalama uzunluk değerini kaydederken, KKF-BY-15-9 (69,818 mm) ve KKF-BY-15-23 64,077 mm) genotipleri de benzer şekilde yüksek değerler sergilemiştir. KKF-BY-15-11(6,889 mm) genotipi ise bu koşullarda ortalama en düşük radikula uzunluğuna sahip olmuştur. Standart hata analizi, KKF-BY-14-5 ve KKF-BY-15-15 genotiplerinde varyasyonun daha yüksek; KKF-BY-15-11 genotipinde ise oldukça düşük olduğunu göstermektedir (Görsel 5).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 5. 50 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin radikula uzunluklarına etkisi

100 mM NaCl uygulamasının ardından ortalama radikula uzunlukları genotipler arasında önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$). KKF-BY-15-29 (56,875 mm) genotipi bu koşullarda en yüksek ortalama radikula uzunluğunu sağlamış; Karaman-2016 (49 mm) ve KKF-BY-15-8 (46,818 mm) genotipleri de yüksek değerler göstermiştir. En düşük değer KKF-BY-15-6 (10 mm) genotipinde saptanmış, ardından KKF-BY-15-21 (10,667 mm) ve KKF-BY-15-13 (18,778 mm) gelmiştir. Standart hata çubukları, KKF-BY-15-29 ve KKF-BY-15-20 genotiplerinde en uzun; KKF-BY-15-7, KKF-BY-15-21 ve KKF-BY-15-5 genotiplerinde ise en kısa olarak belirlenmiştir (Görsel 6).



Görsel 6. 100 mM tuz konsantrasyonunun fasulye genotiplerinin radikula uzunluklarına etkisi

Genel bulgular ışığında, KKF-BY-15-9, Akman-98 ve Berrak genotipleri, hem 50 mM hem de 100 mM NaCl koşullarında ortalama plumula ve radikula uzunluklarını diğer genotiplere kıyasla daha yüksek düzeyde koruyarak tuz stresine karşı toleranslı bir profil sergilemiştir. Buna karşın KKF-BY-15-11, KKF-BY-14-5 ve KKF-BY-15-21 genotipleri, her iki parametrede de belirgin düşüşler göstererek daha hassas genotipler arasında değerlendirilmiştir.

4. TARTIŞMA

Bitki yaşam döngüsünün ilk, en kritik ve çevresel koşullara en duyarlı evresi çimlenme olup, baklagillerde bu hassasiyet özellikle fide döneminde tuz stresine karşı en yüksek seviyededir. (Ashagre ve ark., 2014; Raggi ve ark., 2024). Mevcut çalışma, 25 yerel *Phaseolus vulgaris* L. genotipinin çimlenme gelişimi üzerine tuzluluk stresinin etkilerini değerlendirmiş, özellikle plumula ve radikula büyümesindeki farklılıkları kontrol (0 mM NaCl), orta (50 mM NaCl) ve yüksek (100 mM NaCl) tuzluluk düzeylerinde incelemiştir. Çalışmada elde edilen bulgular,

artan tuzluluk seviyeleriyle birlikte çimlenme dönemi üzerine olan olumsuz etkinin belirgin şekilde arttığını ortaya koymaktadır (Özkorkmaz ve ark., 2020).

Sonuçlar, büyüme azalmasının hem plumula ve radikula arasında hem de farklı genotipler arasında değişkenlik gösterdiğini açıkça ortaya koymuştur. Genel olarak, 50 mM ve 100 mM tuzluluk koşullarında plumula (sürgün) uzunluğundaki azalma, radikula (kökçük) uzunluğundakinden daha belirgin olmuş; bu durum, sürgün dokularının kök dokularına kıyasla tuz stresine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Benzer eğilimler, daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiş; tuz stresi altında sürgün büyümesinin kök büyümesine kıyasla osmotik strese karşı daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Raggi ve ark., 2024).

Stres ve kontrol koşullarında genotipler arasında gözlenen farklılıklar, tuzluluk toleransında önemli bir genetik bileşen olduğunu ortaya koymaktadır (Kouam ve ark., 2017; Raggi ve ark., 2024). Çalışmada, KKF-BY-15-9, Akman-98 ve Berrak genotipleri, hem 50 mM hem de 100 mM NaCl uygulamalarında nispeten daha yüksek plumula ve radikula uzunluklarını korumuş; bu durum, bu genotiplerin daha yüksek doğal toleransa sahip olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık, KKF-BY-15-11 ve KKF-BY-14-5 genotipleri, yüksek tuzluluk koşullarında belirgin büyüme inhibisyonu göstermiş; bazı durumlarda plumula uzamasında tamamen durma gözlenmiştir. Bu farklılıklar, genotiplere özgü tuz toleransı kapasitesinin—iyon düzenleme, ozmotik ayarlama ve oksidatif savunma gibi mekanizmaların varyasyonuna bağlı olarak—güçlü bir genetik temele sahip olduğunu göstermektedir (Arteaga ve ark., 2020).

Genel olarak, bulgular baklagillerde tuzluluk yanıtına ilişkin mevcut modelleri desteklemekte; tuz stresinin büyüme ve gelişmeyi çok düzeyli olarak bozduğunu ve sürgün dokularının köklere kıyasla genellikle daha hassas olduğunu doğrulamaktadır. Özellikle kök ve sürgün gelişiminde tuzluluğa toleranslı genotiplerin belirlenmesi açısından erken dönem taramaların değerini ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışma, 25 yerel *Phaseolus vulgaris* genotipinde çimlenme döneminde tuz stresine verilen morfolojik tepkileri ortaya koyarak, genotipler arasında önemli farklılıkların bulunduğunu göstermiştir. Bulgular, artan tuz konsantrasyonlarının plumula ve radikula uzunluklarını anlamlı biçimde azalttığını; özellikle sürgün dokularının kök dokularına göre daha hassas olduğunu doğrulamaktadır. KKF-BY-15-9, Akman-98 ve Berrak gibi bazı genotiplerin, tuz stresi koşullarında nispeten daha iyi performans sergilemesi, bu hatların doğal tolerans mekanizmalarına sahip olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık KKF-BY-15-11, KKF-BY-14-5 ve KKF-BY-15-21 gibi genotipler yüksek tuzlulukta ciddi büyüme kayıpları göstermiştir. Bu durum, tuz stresine toleransın genetik bileşenler ve fizyolojik mekanizmalar (iyon düzenleme, ozmotik ayarlama, antioksidan savunma) ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, erken dönem fide taramalarının, tuza toleranslı genotiplerin seçilmesinde güvenilir bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu tür çalışmalar gelecekte tuza toleranslı hatların ıslahında ve tuzluluk sorunu yaşayan bölgelerde sürdürülebilir tarımsal üretim stratejilerinin geliştirilmesinde önemli katkılar sunacaktır.

KAYNAKÇA

Arteaga, S., Yabor, L., Díez, M. J., Prohens, J., Boscaiu, M., Vicente, O. The use of proline in screening for tolerance to drought and salinity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes, Agronomy, 10(6), 817, 2020.

Ashagre, H., Estifanose, E., Endale, M., Tolesa, M., Nuguse, S. Seed germination and early seedling growth of haricot bean (*Phasolus vulgaris* L.) cultivars as influenced by salinity stress, Int. J. Agric. Sci, 4(2), 125-130, 2014.

Bouzroud, S., Henkrar, F., Fahr, M., Smouni, A. Salt stress responses and alleviation strategies in legumes: a review of the current knowledge, *3 Biotech*, 13(8), 287, 2023.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages, Springer New York, New York, 2012.

Keshtiban, R.K. *Effects of salinity stress and drought due to different concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 on germination and seedling growth characteristics of lentil (Lens culinaris Medik).* International conference on research in science and technology, 229-235, Kualalumpur-Malaysia, 2015.

Kouam, E. B., Ndo, S. M., Mandou, M. S., Chotangui, A. H., Tankou, C. M. Genotypic variation in tolerance to salinity of common beans cultivated in Western Cameroon as assessed at germination and during early seedling growth, Open Agriculture, 2(1), 600-610, 2017.

Liang, X., Li, J., Yang, Y., Jiang, C., Guo, Y. Designing salt stress-resilient crops: Current progress and future challenges, Journal of Integrative Plant Biology, 66(3), 303-329, 2024.

Mena, E., Leiva-Mora, M., Dilhara-Jayawardana, E.K., García, L., Veitía, N., Bermúdez-Caraballoso, I., Collado, R., Cárdenas-Ortíz, R. Effect of salt stress on seed germination and seedlings growth of *Phaseolus vulgaris* L, Cultivos Tropical, 36: 71-74, 2015.

Özkorkmaz, F., Yılmaz, N., Öner, F. Researching germination properties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under polyethylene glycol osmotic stress and saline conditions, Akademik Ziraat Dergisi, 9(2), 251-258, 2020.

Raggi, L., Caproni, L., Ciancaleoni, S., D'Amato, R., Businelli, D., Negri, V. Investigating the genetic basis of salt-tolerance in common bean: a genome-wide association study at the early vegetative stage, Scientific Reports, 14(1), 5315, 2024.

Taïbi, K., Ait Abderrahim, L., Boussaid, M., Bissoli, G., Taïbi, F., Achir, M., Mulet, J. M. Salt-tolerance of *Phaseolus vulgaris* L. is a function of the potentiation extent of antioxidant

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

enzymes and the expression profiles of polyamine encoding genes, South African Journal of Botany, 140, 114-122, 2021.

Yılmaz, E. G., Dinç, K., Tiryaki, İ. Bazı Yerel Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme Evresindeki Tuz Stresine Toleranslık Seviyelerinin Belirlenmesi, International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 6(2), 166-183, 2023.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

UNILATERAL DUDAK-DAMAK YARIKLI TAM DİŞSİZ BİR HASTANIN PROTETİK REHABİLİTASYONU

Arş. Gör. EMRE ESEN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
emre.esen@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0009-0003-2862-881X

Dr. Öğr. Üyesi GÜLŞAH AKYILDIZ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
gulsah.hediye@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6454-1904

ÖZET

Dudak-damak yarıkları, embriyolojik ve erken fetal dönemde meydana gelen gelişimsel bozuklukların bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bireylerin tedavisinde temel amaç, estetik görünümün iyileştirilmesiyle birlikte fonksiyonel (çiğneme, yutma, konuşma) ve fonasyon problemlerinin giderilmesidir. Dudak-damak yarıklı bireylerin tedavisi multidisipliner bir yaklaşım gerektirmekte olup uzun süreli takip ve koordinasyon içinde yürütülmelidir. Protetik tedavi, genellikle bu bireylerin tedavi sürecinin son aşamasını oluşturur ve estetik ile fonksiyonun yeniden kazandırılmasında önemli bir rol oynar.

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'na tam dişsizlik nedeniyle başvuran 53 yaşındaki dudak-damak yarıklı erkek hastanın yapılan klinik ve radyografik muayenesinde unilateral dudak-damak yarığının mevcut olduğu gözlendi. Hastanın 1 yaşından önce cerrahi olarak dudak onarımı operasyonu geçirdiği, daha sonra damak yarığı ile ilgili tedavi görmediği öğrenildi. Hastanın estetik ve fonksiyonel şikayetlerinin giderilmesi amacıyla obturatör yapılması planlandı. Tedavi bitiminde hasta; estetik görünüm, fonksiyon ve fonasyon açısından memnun olduğunu bildirdi.

Erişkin dudak-damak yarıklı bireylerde çeşitli daimi protetik rehabilitasyon yaklaşımları uygulanabilmektedir. Tam dişsiz olgularda, mevcut defektin cerrahi olarak onarılamadığı durumlarda defektin morfolojisine göre modifiye edilmiş tam protezlerle fonksiyonel ve estetik rehabilitasyon sağlanması mümkündür.

Anahtar Kelimeler : Dudak-damak yarığı, tam dişsizlik, obturatör, protetik rehabilitasyon

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PROSTHETİC REHABİLİTATİON OF A COMPLETELY EDENTULOUS PATİENT WİTH UNİLATERAL CLEFT LİP AND PALATE

Res. Asst. EMRE ESEN
Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Dentistry
Department of Prosthodontics
emre.esen@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0009-0003-2862-881X

Asst. Prof. Dr. GÜLŞAH AKYILDIZ
Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Dentistry
Department of Prosthodontics
gulsah.hediye@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6454-1904

ABSTRACT

Cleft lip and palate are developmental anomalies that result from disturbances during the embryonic and early fetal stages. The primary goal in treating these patients is to improve their appearance while restoring their ability to chew, swallow and speak. Treatment for patients with cleft lip and palate requires a multidisciplinary approach, involving long-term follow-up and coordination. Prosthetic treatment generally represents the final stage of rehabilitation, playing an important role in restoring aesthetics and function.

A 53-year-old male patient with complete edentulism and a history of cleft lip and palate presented to the Department of Prosthodontics at Recep Tayyip Erdoğan University. Clinical and radiographic examinations revealed a unilateral cleft lip and palate. The patient reported undergoing surgical lip repair before the age of one, but receiving no further treatment for the palatal defect. An obturator was planned to address the patient's aesthetic and functional concerns. Following treatment, the patient expressed satisfaction with the aesthetic appearance, function and speech.

Various permanent prosthetic rehabilitation approaches can be applied to adult patients with cleft lip and palate. In cases of complete tooth loss where the defect cannot be closed surgically, functional and aesthetic rehabilitation can be achieved with modified complete dentures designed according to the morphology of the defect.

Keywords: Cleft lip and palate; complete edentulism; obturator; prosthetic rehabilitation.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ÇOCUKLARDA ULTRA İŞLENMİŞ GIDA TÜKETİMİ VE OBEZİTE EPİDEMİYOLOJİSİ

Diyetisyen, Utku Pullu

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi,

utkupullu@gmail.com- 0009-0004-5440-0058

ÖZET

Uluslararası literatür, çocukluk çağı obezitesindeki artışın beslenme alışkanlıklarındaki değişimle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Son yıllarda özellikle ultra işlenmiş gıdaların (UİG; ultra-processed foods) çocuk ve ergen beslenmesindeki payının hızla yükselmesi, halk sağlığı açısından kritik bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. UİG'ler; yüksek şeker, doymuş yağ, tuz ve yapay katkı maddeleri içermeleri nedeniyle toplam enerji alımını artırmakta, tokluk mekanizmalarını zayıflatarak aşırı yeme davranışına yol açabilmektedir. Bu çalışma, çocuklarda ultra işlenmiş gıda tüketimi ile obezite gelişimi arasındaki ilişkiyi epidemiyolojik açıdan değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Güncel sistematik derlemeler ve kohort çalışmaları incelendiğinde, UİG tüketim düzeyi yüksek olan çocuklarda obezite prevalansının anlamlı derecede arttığı görülmektedir. Latin Amerika, Avrupa ve Türkiye'de yürütülen geniş örneklemli çalışmalar; UİG tüketiminin çocuklarda beden kitle indeksi, bel çevresi, yağ yüzdesi ve insülin direnci göstergeleri ile pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca UİG tüketiminin yüksek olduğu çocukların fiziksel aktivite düzeylerinin daha düşük, ekran süresinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum, çevresel ve davranışsal faktörlerin de obezite epidemiyolojisini etkileyen önemli belirleyiciler olduğunu göstermektedir.

Bu bildiri kapsamında, ultra işlenmiş gıdaların çocuklarda obezite riskini artıran mekanizmaları, tüketim sıklığının epidemiyolojik dağılımı ve toplum sağlığına yönelik sonuçları tartışılmaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, okul temelli beslenme politikaları, kantin düzenlemeleri, medya okuryazarlığı ve ailelere yönelik eğitim programlarının UİG tüketimini azaltmada etkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Ultra işlenmiş gıdalar, çocuk obezitesi, epidemiyoloji, halk sağlığı beslenmesi, beslenme davranışı.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

OKUL KANTİNLERİ VE MARKET ÜRÜNLERİNİN GIDA ETİKETİ OKURYAZARLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Diyetisyen, Utku Pullu

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi,

utkupullu@gmail.com- 0009-0004-5440-0058

ÖZET

Çocuk ve ergenlik döneminde beslenme alışkanlıklarının temeli büyük ölçüde okul çevresinde şekillenmektedir. Okul kantinleri ve yakın çevredeki marketlerde satılan paketli gıdaların önemli bir kısmı yüksek kalori, doymuş yağ, rafine şeker ve tuz içermekte olup bu ürünlerin tercih edilmesinde gıda etiketi okuryazarlığının yetersiz olması kritik rol oynamaktadır. Bu çalışma, okul çağı çocuklarının ve ebeveynlerin gıda etiketi bilgilerini okuma, anlamlandırma ve satın alma davranışları ile ilişkilendirmeyi amaçlamaktadır. Literatür taraması yöntemiyle yapılan incelemede, Türkiye ve diğer ülkelerde etiket okuryazarlığının düşük olduğu, çocukların çoğunlukla ambalaj görselliği, fiyat ve reklam etkisi ile gıda seçimi yaptığı saptanmıştır. Ayrıca okul kantinlerinin ürün içeriklerinin, sağlıklı beslenme rehberleriyle uyum düzeyinin düşük olduğu görülmüştür. Etiket okuryazarlığını artırmaya yönelik okul tabanlı eğitim programlarının, sağlıksız ürün tüketimini azalttığı ve beslenme farkındalığını artırdığı tespit edilmiştir. Bu bildiri kapsamında, etiket okuryazarlığının beslenme davranışına etkisi tartışılmakta ve uygulanabilir çözüm önerileri sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Gıda etiketi okuryazarlığı, okul kantini, çocuk beslenmesi, paketli gıdalar, beslenme eğitimi.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KIRIM KONGO KANAMALI ATEŞİ

CRIMEAN-CONGO HEMORRHAGIC FEVER

Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZTAŞ

Karabük Üniversitesi

seviloztas@karabuk.edu.tr – 0000-0002-4134-1587

ÖZET

Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi (KKKA), dünya çapında en yaygın kene kaynaklı viral enfeksiyondur. KKKA virüsü, ilk olarak 1944-1945 yıllarında Kırım ve Sovyetler Birliği'nde keşfedilmiştir. Günümüzde, Afrika, Güney ve Doğu Avrupa, Orta Doğu, Hindistan ve Asya'da yaygın olarak görülen kanamalı ateş virüsüdür.

KKKA virüsü, Bunyaviridae familyasının ve Nairovirus cinsinin bir üyesidir. Viral genom, 12 kb (L), 6,8 kb (M) ve 3 kb (S) olmak üzere 3 RNA segmentinden oluşur.

KKKA virüsü, enfekte kenelerin ısırması, viremik hastaların veya hayvanların kan veya dokularıyla doğrudan temas yoluyla insanlara bulaşır. Keneler arasında Hyalomma türleri en etkili virüs vektörleri olarak kabul edilir. Hyalomma kene vektörünün genişleyen dağılımı, yeni popülasyonları risk altına sokmaktadır. Hayvancılık ve tarımla uğraşanlar, veterinerler, endemik bölgelerde görev yapan sağlık çalışanları, deri fabrikası çalışanları risk gruplarını oluşturur.

KKKA virüsü, çok sayıda hayvan türünü enfekte edebilir, ancak yalnızca insanlarda ciddi hastalık gelişir. İnsan enfeksiyonunun aksine, diğer tüm türlerde asemptomatiktir. İnsanlarda %30'a varan mortalite oranına sahip ciddi hemorajik hastalığa neden olur.

KKKA'nde tedavi seçenekleri sınırlıdır. Lisanslı bir aşı veya spesifik antiviral tedavi bulunmamaktadır. KKKA, geniş coğrafi dağılımı, yeni bölgelere yayılma potansiyeli, genetik değişkenlik eğilimi, ciddi ve ölümcül hastalık riski, profilaksi ve tedavi için sınırlı tıbbi önlemler nedeniyle halk sağlığı için bir tehdit oluşturmaya devam etmektedir. Tedavi hedeflerinin belirlenmesi ve tedavilerinin tasarlanması gereklidir. Son yıllarda, gerçekleştirilen hayvan modeli çalışmalarında, KKKA'ya yönelik çeşitli antiviral ilaçlar ve aşılar güçlü bir etkinlik göstermiştir. Bu bilgilerin ve aday tedavilerin KKKA'nın neden olduğu morbidite ve mortaliteyi azaltacağı umut edilmektedir.

Bu bildiri, KKKA'nın Türkiye'deki ve küresel düzeydeki önemine dikkat çekmek ve mevcut bilgi boşluklarının giderilmesine katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: KKKA, Kırım Kongo Kanamalı Ateşi, Kene, Vektör

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ABSTRACT

Crimean-Congo Hemorrhagic Fever (CCHF) is the most widespread tick-borne viral infection worldwide. The CCHF virus was first discovered in Crimea and the Soviet Union in 1944-1945. Today, it is a hemorrhagic fever virus commonly seen in Africa, Southern and Eastern Europe, the Middle East, India, and Asia.

The CCHF virus is a member of the Bunyaviridae family and the Nairovirus genus. The viral genome consists of three RNA segments: 12 kb (L), 6.8 kb (M), and 3 kb (S).

The CCHF virus is transmitted to humans through the bite of infected ticks or direct contact with the blood or tissues of viremic patients or animals. Among ticks, Hyalomma species are considered the most effective virus vectors. The expanding distribution of the Hyalomma tick vector puts new populations at risk. Those involved in animal husbandry and agriculture, veterinarians, healthcare workers in endemic areas, and tannery workers constitute the risk groups.

The CCHF virus can infect many animal species, but only humans develop serious illness. Unlike human infection, it is asymptomatic in all other species. It causes serious hemorrhagic disease in humans, with a mortality rate of up to 30%.

Treatment options for CCHF are limited. There isn't licensed vaccine or specific antiviral treatment. CCHF continues to pose a threat to public health due to its wide geographic distribution, potential for spread to new areas, tendency for genetic variability, risk of serious and fatal disease, and limited medical measures for prophylaxis and treatment. Treatment targets need to be identified and treatments designed. In recent years, animal model studies have shown that various antiviral drugs and vaccines targeting CCHF have demonstrated strong efficacy. It is hoped that this information and candidate treatments will reduce the morbidity and mortality caused by CCHF.

This report has been prepared to highlight the importance of CCHF in Turkey and globally, and to contribute to filling existing knowledge gaps.

Keywords: CCHF, Crimean-Congo Hemorrhagic Fever, Tick, Vector

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

"Kırım Kongo Kanamalı Ateşi (KKKA), zoonotik karakteri ve vektörlerle bulaşması nedeniyle Afrika, Avrupa, Asya ve Orta Doğu'da 30'dan fazla ülkede görülen en önemli hemorajik ateş hastalıklarından biri olup, coğrafi yayılımı günümüzde giderek genişlemektedir. Başlangıçta özgül olmayan semptomlarla seyreden ateşli bir hastalık olarak ortaya çıkan KKKA, ciddi hemorajik ateş tablosuna dönüşebilmekte ve yaklaşık %40'a varan yüksek mortalite oranıyla dikkat çekmektedir. Yüksek halk sağlığı riski ve etkili tedavi seçeneklerinin sınırlılığı nedeniyle hastalık, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından öncelikli hastalıklar arasında sınıflandırılmaktadır."

2. VİRÜSÜN ÖZELLİKLERİ

2.1. Virus Özellikleri

Kırım Kongo Kanamalı Ateşi Virüsü (KKKAV), Bunyavirales takımının Nairoviridae ailesindeki Orthonairovirus cinsine ait 90 nm boyutunda, küresel, zarflı, tek iplikli, negatif polariteli bir RNA virüsüdür. (2, 3) Viral genom, 6,8–12 Kb (L), 3,2–4,9 Kb (M) ve 1-3 Kb (S) olmak üzere 3 RNA segmentinden oluşur. (3)

2.2. KKKAV yaşam döngüsü, bulaşma yolları ve risk faktörleri

KKKAV, dünyada kene kaynaklı en yaygın virüstür. Ixodidae familyasından, özellikle Hyalomma cinsi keneler, KKKA için hem rezervuar hem de vektör olarak kabul edilir. Hyalomma keneleri, omurgalı canlılar arasında kene-omurgalı-kene döngüsü şeklinde bulunur. Hyalomma cinsi içerisinde küresel olarak en önemli role sahip tür *Hyalomma marginatum'*dur. KKKA'nın dolaşımındaki artışlar, uygun hava koşulları ve insan kaynaklı ekolojik değişiklikler nedeniyle *H. marginatum* popülasyonlarındaki genişlemelerle örtüşmektedir. (3, 4)

KKKA'nın Avrupa'da birincil vektörü *Hyalomma marginatum'*dur. Kuzey Afrika ve Asya'da yaygın olarak dağılmıştır ve Cezayir, Ermenistan, Azerbaycan, Mısır, Etiyopya, Gürcistan, İran, Irak, İsrail, Fas, Sudan, Suriye, Tunus ve Türkiye'den bildirilmektedir. Avrupa'da İtalya, Fransa, Arnavutluk, Hırvatistan, Bosna-Hersek, Kıbrıs, Bulgaristan, Romanya, Yunanistan, Kosova, Portekiz, Makedonya Eski Yugoslav Cumhuriyeti, Moldova, Karadağ, Rusya, Sırbistan, İspanya ve Ukrayna'da kaydedilmiş olup, güney ve doğu Avrupa'da mevcuttur. Almanya, Macaristan, Rusya, Finlandiya, Hollanda'da ve Birleşik Krallık'ta ithal edilen hayvanlar, insanlar ve göçmen kuşlar için birkaç sporadik kayıt bildirilmiştir ancak bunlar yerleşik popülasyonları temsil etmemektedir. (5)

Türkiye'de 2005 yılı öncesinde yapılan çalışmalarda toplanan *Hyalomma marginatum* kenelerinin oranı %5'i geçmezken, 2005 yılında sığırların %74'ünün kenelerle enfekte olduğu ve toplanan kenelerin %85'inin *Hyalomma marginatum* olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de 1990'ların sonu ve 2000'lerin başında bu kadar büyük bir artışa yol açan nedenler hâlâ tartışılmaktadır. Ancak, bu artışın nedenleri henüz kesin olarak bilinmemektedir. (5)

Çoğu hayvanda semptom göstermediği için, virüsün onlarda hastalığa neden olduğuna dair bir kanıt yoktur. Evcil hayvanlar yetişkin keneler için en yaygın konaklardır (sığır, keçi, koyun vb.). Tavşanlar, kemirgenler, yerden beslenen kuşlar *Hyalomma marginatum* kenelerinin nimf

ve larvaları için uygun konaklardır. Yetişkinler ise koyun, sığır ve diğer büyük memelilerle beslenebilir. İnsanların diğer hayvanlara göre ısırılma olasılığı daha düşüktür ve Hyalomma kenelerinin tercih ettiği konaklar değildirler. KKKA'nın keneler ve memeliler arasında yayılması çoğunlukla yetişkin dişi kenelerin yumurtlamaya hazırlandığı ayrıca larva ve nimflerin büyümeleri ve başkalaşımları için kana ihtiyaç duydukları ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleşir. Bir kene bir omurgalıyı ısırdığında, dokularda çoğalmaya başlar ve kan dolaşımı yoluyla yayılabilir. Bazı keneler, şişkinliklerinden sonra konakçılarına bağlı kalabilir ve orada tüy dökebilir (iki konakçılı keneler) ve bazıları düşebilir, yeni bir konakçıya yapışabilir ve tüy dökebilir (üç konakçılı keneler). (3, 6) Şişkinlik tamamlandığında, nimfler konaklarını bırakır ve yetişkinlere dönüşürler. Yetişkin keneler, hematofaji için büyük bir hayvana bağlıyken çiftleşebilirler. (3, 7) Dişiler daha sonra ayrılır ve uygun bir yumurtlama alanı ararlar. "Ortak beslenme" ya da "nonviremik" bulaşma olarak adlandırılan bu dönemde ikinci bir bulaşma mekanizması kullanırlar. Bu mekanizmada kene tükürüğündeki virüs, yakınlarda beslenen diğer kenelere doğrudan yayılabilir. (3)

KKKA virüsü insanlara enfekte Hyalomma cinsi kenelerin ısırması veya korunmasız ellerle kenelerin çıkarılması gibi doğrudan temas sonucu, daha az olarak da enfekte hayvanların kan ve dokularıyla doğrudan temas yoluyla bulaşır. Hastalara kullanılan iğnelerin batması veya hastaların kan ve salgılarıyla temas yoluyla hastane içi ve aile içi bulaşma bildirilmiştir. (8)

KKKA vakaları en sık olarak çiftlik hayvanlarıyla yakın temasta bulunan tarım işçileri veya kırsal alanlarda yaşayanlar, mezbaha çalışanları, kasaplar, veterinerler, açık hava aktiviteleri yapan askerler, çiftçiler, orman işçileri ve enfekte hastaların vücut sıvılarıyla temas eden sağlık personeli arasında görülür. (2, 8) Rusya’dan yapılan farklı bildirilerde sağlık çalışanlarına aeresolle bulaş ve hastalığın inkübasyon döneminde cinsel yolla bulaş vakaları da mevcuttur. (8, 9)

Tüm bu bilgilerle birlikte KKKA hastalığı için, insandan insana bulaşma ile gerçekleşen yaygın salgınlar bildirilmemiştir. (2)

2.3. KKKA'nın Epidemiyolojisi

KKKA ilk olarak 1944'te Rusya’nın Kırım bölgesinde ve 1956’da Kongo Cumhuriyeti'nde görülmüştür. Kırım'daki ateşli hastalıkların araştırılması, bu vakalardan sorumlu virüsün Kongo'daki hastalıkların nedeni ile aynı antijenik yapıda olduğu gösterilmiş ve hemorajik ateşli hastalığa neden olmasından dolayı Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi adını almıştır. O zamandan beri, serolojik çalışmalar ve bildirilen insan vakaları KKKA'nın Afrika, Orta Doğu, Güneydoğu Asya ve Güney ve Doğu Avrupa'da endemik olarak yaygın bir şekilde dağılmış bir kanamalı ateş virüsü olduğunu göstermektedir. (3)

KKKA’nin coğrafi dağılımı, virüsün başlıca vektörleri olan Hyalomma türü kenelerin yayılımına bağlıdır ve insan konakçı aramadaki saldırganlığıyla karakterizedir. İklimsel ve çevresel faktörlerin *H. marginatum* keneleri ve hayvan konakçıları için uygun olduğu KKKA'nın endemik bölgelerinde, popülasyonları ilkbahar ve yaz aylarında artmakta ve bölgedeki kene türlerinin %30'undan fazlasını oluşturmaktadır. KKKA virüsü başka kene türlerinden tespit edilmiştir, ancak bunların yetkin virüs vektörleri mi, yoksa enfekte bir

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

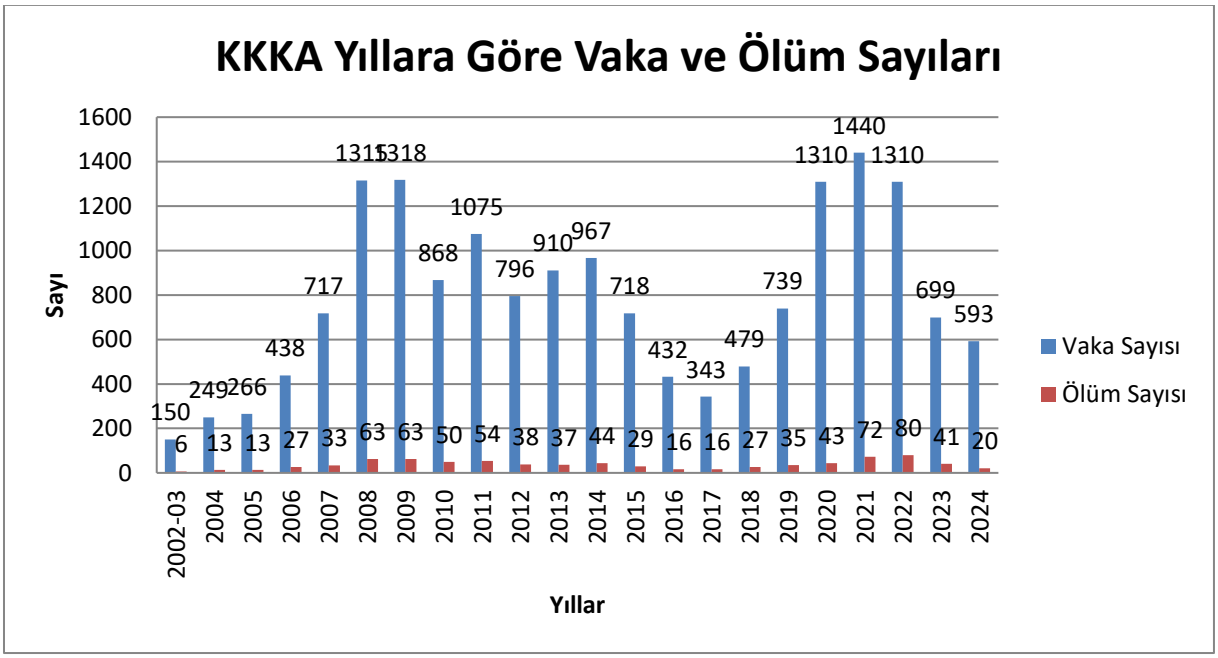
hayvandan yakın zamanda beslenme veya tesadüfi olarak mı alındığını göstermek için çalışmalara ihtiyaç vardır. (10)

KKKA, Asya'da, Afrika'da ve Avrupa'da en yaygın görülen hemorajik virüslerden biridir. Şimdiye kadar yalnızca Kuzey Avrupa, Avustralya ve Amerika kıtalarında bildirilmemiştir. (3)

Sistematik bir inceleme en yüksek KKKA seroprevalans değerlerinin Türkiye, Rusya ve Kazakistan olduğunu, Yunanistan yüksek seroprevalansa sahip olmasına rağmen, KKKA ile ilişkili yalnızca bir ölüm vakası bildirildiğini, bu durumun, ciddi enfeksiyon oranlarının daha yüksek göründüğü Balkan ülkeleri ve Türkiye gibi komşu ülkelerle çelişkili olduğunu belirtmiştir. (11)

Türkiye'de 2002'den beri KKKA salgınları yaşanmaktadır ve vaka sayısı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. (12) Türkiye'de yıllara göre vaka ve ölüm sayıları Çizelge 1'de gösterilmiştir. (13) Benzer şekilde, bazı Balkan ülkeleri hastalığın düzenli vakalarını bildirmiştir. KKKA ilk olarak İspanya'da 2016'da bildirilmiştir, ancak kene gözetim çalışmaları bölgede KKKA'nın varlığını zaten göstermiştir. (12)

Çizelge 1. Türkiye'de Yıllara Göre KKKA Vaka ve Ölüm Sayıları



Kaynak: T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2025

2.4. Klinik Belirti ve Bulgular

KKKA tavşanlardan sığırlara, devekuşlarından kaplumbağalara kadar çok çeşitli evcil ve vahşi hayvan türlerini enfekte edebilmektedir fakat semptomatik hastalık yalnızca insanlarda gelişir. İnsanlarda KKKA, asemptomatik ve hafif enfeksiyonlardan şiddetli ve bazen ölümcül hastalıklara kadar çeşitli sonuçlar gösterebilir. (2)

Kuluçka süresi, virüsün bulaşma yoluna bağlı olarak değişiklik gösterir. Kene ısırığıyla bulaşma olduğunda genellikle bir-üç gündür, en fazla dokuz güne kadar çıkar. Enfekte kan veya dokulara temas olduğunda ise genellikle beş-altı gündür, 13 güne kadar çıkabilmektedir. (14)

Asemptomatik ve hafif belirtilerin olduğu tablo enfeksiyonların %90'ını oluşturur, geri kalan %10'luk kısımda ise yüksek mortaliteye sahip ciddi hastalık tablosu gelişebilir. (11)

Semptomatik vakalarda belirtiler aniden başlar ve ateş, miyalji, vertigo, servikal bölgede ağrı ve sertlik, baş ağrısı, sırt ağrısı, göz ağrısı görülür ve fotofobi gelişir. Başlangıçta boğaz ağrısı, mide bulantısı, karın ağrısı, kusma, ishal gibi spesifik olmayan belirtilerle kendini gösterir. Ardından ani ruhsal değişimler ve bilinç bulanıklığı oluşur. Bu belirtilerden iki-dört gün sonra uyku hali, halsizlik ve depresyon gelişebilir. Karın ağrısı sağ üst kadranda lokalize olabilir ve tespit edilebilir düzeyde hepatomegali oluşabilir. Diğer klinik belirtiler arasında taşikardi, lenfadenopati ve ağız, boğaz gibi mukoza yüzeylerinde ve ciltte peteşiyal döküntü bulunur. Peteşiler, ekimozlara ve diğer hemorajik durumlar, daha büyük kanamalar oluşabilir. Genellikle hepatit belirtileri vardır. Ağır hastalarda, hastalığın beşinci gününden sonra hızla böbrek fonksiyonlarında bozulma, ani karaciğer veya akciğer yetmezlikleri gelişebilir. (14) KKKA %5 ila %30 arasında bir mortaliteye sahiptir. DSÖ salgınlarda mortalitenin %40'lara kadar çıktığını vurgulamaktadır. Ölüm, hastalığın ikinci haftasında gerçekleşir. İyileşme genellikle hastalığın dokuzuncu veya onuncu gününde başlar. KKKA, yüksek mortaliteye sahip olması ve etkili ilaç ve aşı gibi tıbbi önlemlerin olmaması nedeniyle DSÖ tarafından yüksek öncelikli patojen olarak sınıflandırılmıştır. (12 - 14)

2.5. Tanı

KKKA'nın özgül olmayan bulguları, hastanın epidemiyolojik öyküsü, klinik belirti ve semptomları ile ilk laboratuvar bulgularının birlikte değerlendirilmesi; erken tanı ve tedavinin başlatılabilmesi için yüksek düzeyde klinik şüphe gerektirir. (15) Tanı ve hastaneye yatışta gecikmeler sık görülmektedir. Yapılan bir araştırmada Türkiye'deki hastaların %68'inde geç teşhis edilen vakaların erken teşhis edilenlere göre daha yüksek ölüm oranlarına yol açtığı bildirilmiştir. (16)

KKKA enfeksiyonunun tanısı için doğrudan ve dolaylı yaklaşımlar birleştirilir. Mikrobiyolojik tanı viral tespit ya da KKKAV'ne karşı bağışıklık tepkisinin tanımlanmasıyla yapılabilir. (15)

KKKA teşhisinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler; enzim linked immünosorbent testi (ELISA), antijen tespiti, serum nötralizasyon antikor testi, ters transkriptaz polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PZR) testi, virüs izolasyonu ve hücre kültürü gibi yöntemlerdir. (17, 18)

KKKA için farklı hızlı tanı yöntemlerinin bulunmaması nedeniyle, hematolojik ve biyokimyasal parametrelerin hastalığın erken tanısında yardımcı olabileceği bildirilmiştir. (19) Bu nedenle lökopeni, nötropeni, trombositopeninin tespiti için hemogram parametreleri, yüksek karaciğer enzimlerinin tespiti için alanin aminotransferaz (ASL) ve aspartat aminotransferaz (AST) ve laktat dehidrogenaz (LDH) düzeyleri gibi biyokimyasal parametreler, protrombin zamanı (PT), aktive parsiyel tromboplastin zamanı (aPTT) ve uluslararası normalleşme oranı (international normalization ratio, INR)'yi içeren koagülasyon parametreleri, KKKA hastalarında düzenli olarak takip edilmelidir. (17, 19)

Hastalığın ilk beş günü gelişen trombositopeni, yükselmiş AST ve ALT düzeyleri ve yükselmiş proinflamatuar sitokin düzeyleri fatalitenin olabileceğini gösteren tanı kriterleridir. (20 - 22)

Viremi düzeyi, KKKA enfeksiyonunun prognozunun tahmini için yardımcı olabilir. Plazmada 10^9/mL genom kopyasını aşan titrelere sahip vakalarda mortalite daha yüksektir. Bu vakalar

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

için ortalama değerlerin, hayatta kalan hastalara göre 1.000 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. (2)

Erken antikor yanıtları da prognozun bir göstergesi olabilir. KKKA'ya özgü IgM, semptomların başlangıcından 2-3 gün sonra ve IgG, 5-6 gün içinde tespit edilebilir. Vireminin temizlenmesi erken IgM yanıtlarıyla ilişkilidir. Fakat ölümcül vakalarda KKKA'ya karşı antikor yanıtına dair çok az kanıt vardır, bu da anti-KKKA hümoral bağışıklığının oluşturulamamasının ölümcül sonuçlara yol açabileceğini düşündürmektedir. (2, 23, 24)

2.6. Tedavi

Sıvı replasmanı, semptomatik tedavi ve erken dönemde yoğun destekleyici bakım, hayatta kalma şansını artırabilir.

Kırım-Kongo kanamalı ateşi için şu anda Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından onaylanmış spesifik bir tedavi bulunmamaktadır. Antiviral ilaç ribavirin, tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ancak klinik kanıt eksikliği ve optimal doz rejimleri göz önüne alındığında, KKKA'lı hastaların sonuçları üzerindeki etkinliği konusunda önemli belirsizlikler bulunmaktadır. Tedavide ribavirin kullanımına karar verilirse, klinik sonuçları ve güvenliği değerlendirmek için ribavirin veya diğer araştırma aşamasındaki tedavilerle randomize bir klinik çalışmaya dahil edilmelidirler. (18)

2.7. Korunma

Doğu Avrupa'da KKKA'ya karşı inaktif, fare beyni kaynaklı bir aşı geliştirilmiştir ve küçük ölçekte kullanılmıştır. Fakat günümüzde insanlarda ya da hayvanlarda kullanılabilecek güvenli ve etkili bir aşı yoktur. Aşının bulunmaması nedeniyle, insanlarda enfeksiyonu azaltmanın tek yolu, farkındalık yaratmak ve virüs maruziyetini azaltmak için risk faktörleri ve alınabilecek önlemler konusunda bilgilendirmektir.

Keneden insana bulaşma riskini azaltmak için özellikle kenelerin aktif olduğu bahar ve yaz döneminde her yeri kapatan kapalı kıyafetler tercih edilmelidir. Kenelerin kolay görünebilmesi için kıyafetler açık renkli olmalıdır. Kıyafetlerde kullanımı onaylı akarisitler ve/veya ciltte ve kıyafetlerde onaylı kovucular kullanılabilir. Açık alandan dönüldüğünde kıyafetler ve cilt düzenli olarak kene açısından kontrol edilmeli ve bulunursa vakit kaybetmeden güvenli bir şekilde çıkarılması sağlanmalıdır. Hayvanlarda veya ahırlarda kene istilası kontrol altına alınmalı, kenelerin yoğun olduğu bölgelerden ve en aktif oldukları mevsimlerden kaçınılmalıdır. (18, 25)

Hayvanlardan insanlara bulaşmasını engellemek için; endemik bölgelerde, özellikle mezbahalarda veya evde kesim, parçalama gibi işlemler sırasında hayvanlara veya dokularına koruyucusuz temas edilmemelidir. Eldiven, gömlek gibi koruyucu giysiler mutlaka giyilmelidir. Hayvanlar mezbahalara girmeden önce karantinaya alınmalı veya kesimden iki hafta önce hayvanlara rutin olarak pestisit uygulanmalıdır. (18, 25)

Toplumda kişilerarası bulaşma riskini azaltmak için; KKKA ile enfekte kişilerden uzak durulmalı, yakın fiziksel temastan kaçınılmalı, hastalarla temasta eldiven ve koruyucu ekipman kullanılmalı, hasta bakımı veya ziyareti sonrası eller düzgün bir şekilde yıkanmalıdır. (18, 25)

Sağlık kuruluşlarında enfeksiyon kontrolü için; şüpheli veya doğrulanmış vakaların bakımında sağlık çalışanları, standart enfeksiyon kontrol önlemlerini kesinlikle uygulamalıdır. (18, 25)

KKKA'lı hastalardan alınan numuneler, uygun biyogüvenlik düzeyindeki laboratuvarlarda, eğitimli personeller tarafından çalışılmalıdır. (18)

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

KKKA ülkemizde 2002 yılından bu yana bahar ve yaz aylarında görülmektedir. Mortalitesi %30-40'ı bulabilen vektör ilişkili zoonotik enfeksiyondur. Aşısı ve onaylı bir tedavisi bulunmaması nedeni ile hastalıkla en etkin mücadele yöntemi korunmaya dayanmaktadır. Sağlık yöneticilerinin KKKA ile ilgili uyarıları göz ardı edilmeden uygulanmalı, bulaşma olmadan önlenmeye çalışılmalıdır. Herhangi bir bulaşma şüphesi olması durumunda vakit kaybetmeden sağlık kuruluşuna başvuru yapılmalıdır. Birçok hastalıkta olduğu gibi KKKA'da da erken teşhis hayat kurtarabilir. Antiviral ribarinin etkinliği *in vitro* olarak gösterilmiştir, etkili olduğu birçok vaka bildirimleri mevcuttur. Gerek tedavide gerek profilaktik olarak ribarinin etkili olabilmesi için tedaviye ya da profilaksiye erken başlamak büyük önem taşır.

KAYNAKÇA

1. Sui, Y., Xu, Q., Liu, M., Liu, X., Liu, X., Wang, Y., Meng, X., Liu, Z., Li, Q., & Liu, J. *Viral hijacking of host DDX60 promotes Crimean-Congo haemorrhagic fever virus replication via G-quadruplex unwinding.* PLoS Pathogens, 21(6), e1013278. (2025). https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1013278
2. Hawman, D. W., & Feldmann, H. *Crimean-Congo haemorrhagic fever virus.* Nature Reviews Microbiology, 21(7), 463–477. (2023). https://doi.org/10.1038/s41579-023-00871-9
3. Gholizadeh, O., Jafari, M. M., Zoobinparan, R., et al. *Recent advances in treatment Crimean-Congo hemorrhagic fever virus: A concise overview.* Microbial Pathogenesis, 169, 105657. (2022). https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105657
4. Celina, S. S., Italiya, J., Tekkara, A. O., & Černý, J. *Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in ticks, domestic, and wild animals.* Frontiers in Veterinary Science, 11, 1513123. (2025). https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1513123
5. European Centre for Disease Prevention and Control. *Hyalomma marginatum – Factsheet for experts.* (2023). https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/tick-factsheets/hyalomma-marginatum
6. Shahhosseini, N., Wong, G., Babuadze, G., Camp, J. V., Ergonul, O., Kobinger, G. P., Chinikar, S., & Nowotny, N. *Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in Asia, Africa and Europe.* Microorganisms, 9(9), 1907. (2021). https://doi.org/10.3390/microorganisms9091907
7. Appannanavar, S. B., & Mishra, B. *An update on Crimean Congo hemorrhagic Fever.* Journal of Global Infectious Diseases, 3(3), 285–292. (2011). https://doi.org/10.4103/0974-777X.83537

8. Pshenichnaya, N. Y., & Nenadskaya, S. A. *Probable Crimean-Congo hemorrhagic fever virus transmission occurred after aerosol-generating medical procedures in Russia: nosocomial cluster.* International Journal of Infectious Diseases, 33, 120–122. (2015). https://doi.org/10.1016/j.ijid.2014.12.047

9. Pshenichnaya, N. Y., Sydenko, I. S., Klinovaya, E. P., Romanova, E. B., & Zhuravlev, A. S. *Possible sexual transmission of Crimean-Congo hemorrhagic fever.* International Journal of Infectious Diseases, 45, 109–111. (2016). https://doi.org/10.1016/j.ijid.2016.02.1008

10. Papa, A., Tsergouli, K., Tsioka, K., & Mirazimi, A. *Crimean-Congo Hemorrhagic Fever: Tick-Host-Virus Interactions.* Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 7, 213. (2017). https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00213

11. Monsalve-Arteaga, L., Alonso-Sardón, M., Muñoz Bellido, J. L., et al. *Seroprevalence of Crimean-Congo hemorrhagic fever in humans in the WHO European region: A systematic review.* PLoS Neglected Tropical Diseases, 14(3), e0008094. (2020). https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008094

12. Ozdarendeli, A. *Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus: Progress in Vaccine Development.* Diagnostics, 13(16), 2708. (2023). https://doi.org/10.3390/diagnostics13162708

13. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. *KKKA İstatistikleri.* (2025). https://hsgm.saglik.gov.tr/media/attachments/2025/06/10/kkka-Istatistikleri.pdf (Erişim Tarihi: 02.12.2025).

14. World Health Organization. *Prioritizing diseases for research and development in emergency contexts.* (2025). https://www.who.int/activities/prioritizing-diseases-for-research-and-development-in-emergency-contexts (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

15. Frank, M. G., Weaver, G., Raabe, V., et al. *Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus for Clinicians—Diagnosis, Clinical Management, and Therapeutics.* Emerging Infectious Diseases, 30(5), 864–873. (2024). https://doi.org/10.3201/eid3005.231648

16. Tasdelen Fisgin, N., Doganci, L., Tanyel, E., & Tulek, N. *Initial high rate of misdiagnosis in Crimean-Congo haemorrhagic fever patients in an endemic region of Turkey.* Epidemiology and Infection, 138(1), 139–144. (2010). https://doi.org/10.1017/S0950268809990318

17. Zeller, H. *Laboratory Diagnosis of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever.* In O. Ergonul & C. A. Whitehouse (Eds.), Crimean-Congo Hemorrhagic Fever (pp. 233–243). (Basım yılı belirtilmemiş).

18. World Health Organization. *Crimean-Congo haemorrhagic fever.* (20 Şubat 2025). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/crimean-congo-haemorrhagic-fever (Erişim Tarihi: 02.12.2025).

19. Kaygusuz, T. Ö., Tartar, A. S., Balin, Ş. Ö., Akbulut, A., & Demirdağ, K. *Predictive epidemiological, clinical and laboratory parameters in the diagnosis of Crimean-*

Congo hemorrhagic fever. Biomarkers in Medicine, 17(11), 533–540. (2023). https://doi.org/10.2217/bmm-2023-0330

20. Ergonul, O., Celikbas, A., Baykam, N., Eren, S., & Dokuzoguz, B. *Analysis of risk factors among patients with Crimean-Congo haemorrhagic fever virus infection: severity criteria revisited.* Clinical Microbiology and Infection, 12, 551–554. (2006). https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2006.01445.x
21. Aksoy, F., Yilmaz, G., Kaya, S., Karahan, S. C., & Koksal, I. *The prognostic importance of platelet indices in patients with Crimean-Congo hemorrhagic fever.* Open Forum Infectious Diseases, 4(Suppl 1), S352–S353. (2017). https://doi.org/10.1093/ofid/ofx163.850
22. Ergonul, O., Tuncbilek, S., Baykam, N., Celikbas, A., & Dokuzoguz, B. *Evaluation of serum levels of IL-6, IL-10, and TNF-α in patients with Crimean-Congo hemorrhagic fever.* Journal of Infectious Diseases, 193, 941–944. (2006). https://doi.org/10.1086/500836
23. Ergunay, K., et al. *Antibody responses and viral load in patients with Crimean-Congo hemorrhagic fever: a comprehensive analysis during early infection.* Diagnostic Microbiology and Infectious Disease, 79, 31–36. (2014). https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2013.12.015
24. Kaya, S., et al. *Sequential determination of viral titers, IgG antibodies, and cytokines in Crimean-Congo hemorrhagic fever.* BMC Infectious Diseases, 14, 416. (2014). https://doi.org/10.1186/1471-2334-14-416
25. T.C. Sağlık Bakanlığı. *Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi Vaka Yönetim Rehberi.* Yıl: 2025. https://ekutuphane.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/kirim-kongo-kanamali-atesi-vaka-yonetim-rehberi.pdf (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MAYMUN ÇİÇEĞİ VİRÜSÜ

MONKEYPOX VIRUS

Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZTAŞ
Karabük Üniversitesi
seviloztas@karabuk.edu.tr – 0000-0002-4134-1587

ÖZET

Maymun çiçeği virüsü (MPXV), ilk olarak 1958'de Danimarka, Kopenhag'daki laboratuvar maymunları arasında tanımlanmıştır. İnsanlara ait ilk vaka raporu 1970 yılında Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nden gelmiştir. Küresel yayılımı nedeniyle, Dünya Sağlık Örgütü, Temmuz 2022'de Uluslararası Halk Sağlığı Acil Durumu ilan etmiştir.

MPXV, Poxviridae ailesinden, Orthopoxvirus cinsine ait zoonotik bir virüstür. Yaklaşık 200-250 nm çapında, 200 kb genomu olan ve 200 protein kodlayan zarflı, çift iplikli bir DNA virüsüdür.

İsmine rağmen, maymunlar aslında MPVX rezervuarı değildir Vahşi hayvan rezervuarının kapsamı tam olarak bilinmemekle birlikte sincaplar ve dev keseli sıçanlar da dahil olmak üzere kemirgenlerin rezervuar olduğu saptanmıştır. İnsanlar gibi maymunlar da hastalık taşıyıcısı olarak kabul edilmektedir. MPXV, enfekte birey, hayvan veya yüzeyle doğrudan temas yoluyla bulaşır. İnsanlar arasında bulaşma, enfekte bir bireyin vücut sıvıları yoluyla gerçekleşebilir. Hayvanlardan bulaşma, ısırık veya çiziklerle veya enfekte hayvan etinin hazırlanması ve tüketilmesi sırasında meydana gelebilir.

Son zamanlarda, MPXV'nin ortaya çıkışı ve klinik görünümünün, yıllar önce aşılama ile küresel olarak ortadan kaldırılan ölümcül çiçek hastalığına benzemesi konusunda endişeler dile getirilmiştir. Fakat genel olarak çiçek hastalığından daha az şiddetlidir ve daha düşük ölüm oranına ve skarlaşmaya neden olur. Salgınlar sırasında, maymun çiçeğini, ilgisiz bir herpes virüsü enfeksiyonu olan suçiçeğinden klinik olarak ayırmak zor olmuştur. Bu durum diğer orthopoksvirüslerle oluşan zoonotik, sporadik enfeksiyonların teşhisinde dikkatli olmayı gerektirmektedir.

MPXV enfeksiyonu, prodromal belirtilerle başlar ve ateşin başlamasından sonra döküntüler görülür. Nadiren ölüme yol açabilen daha ciddi sistemik semptomlar gelişebilir.

Bu bildiri, MPXV’nün epidemiyolojisini, teşhisini, klinik özelliklerini, korunma yollarını, yönetimini ve halk sağlığı tehdidi risklerini incelemek, eksiklikleri saptamak, yanlış bilinenleri düzeltebilmek amacı ile hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maymun Çiçeği Virüsü, Çiçek, Virüs, Pox Virüs

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ABSTRACT

The monkeypox virus (MPXV) was first identified in 1958 among laboratory monkeys in Copenhagen, Denmark. The first reported case in humans came from the Democratic Republic of the Congo in 1970. Due to its global spread, the World Health Organization declared an International Public Health Emergency in July 2022.

MPXV is a zoonotic virus belonging to the Orthopoxvirus genus of the Poxviridae family. It is an enveloped, double-stranded DNA virus approximately 200-250 nm in diameter, with a 200 kb genome encoding 200 proteins.

Despite its name, monkeys are not actually the reservoir for MPXV. While the full extent of the wild animal reservoir is unknown, rodents, including squirrels and giant pouched rats, have been identified as reservoirs. Like humans, monkeys are also considered carriers of the disease. MPXV spreads through direct contact with an infected individual, animal, or surface. Transmission between humans can occur through bodily fluids from an infected individual. Transmission from animals can occur through bites or scratches or during the preparation and consumption of infected animal meat.

Recently, concerns have been raised that the emergence and clinical presentation of MPXV resemble those of smallpox, a deadly disease that was globally eradicated through vaccination years ago. However, it is generally less severe than smallpox and causes a lower mortality rate and scarring. During outbreaks, it has been difficult to clinically distinguish monkeypox from chickenpox, which is an unrelated herpes virus infection. This situation requires caution in the diagnosis of zoonotic, sporadic infections caused by other orthopoxviruses.

MPXV infection begins with prodromal symptoms, and rashes appear after the onset of fever. More serious systemic symptoms, which can rarely lead to death, may develop.

This report was prepared to examine the epidemiology, diagnosis, clinical characteristics, preventive and management strategies, and public health risks associated with MPXV, to identify existing knowledge gaps, and to correct common misconceptions.

Keywords: Monkeypox Virus, Smallpox, Virus, Pox Virus

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 2022'de Maymun Çiçeği Virüsü (MPXV)'nü uluslararası öneme sahip bir halk sağlığı acil durumu ilan etmiştir. (1) Hastalığın artışı ve komşu ülkelere yayılması üzerine 14 Ağustos 2024'te DSÖ uyarısını yenilemiş ve Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde vakaların arttığını, virüsün yeni bir türünün ülkenin daha önce etkilenmemiş bölgelerinde salgınlara neden olduğunu ve daha önce MPXV vakası görülmemiş ülkelere de yayıldığını bildirmiştir.

Filogenetik analize göre, MPXV iki ana klada ayrılır: klad I (eski Kongo Havzası kladı) ve klad II (eski Batı Afrika kladı). Bu kladların her biri kendi içinde iki alt klada ayrılır; klad I: klad Ia ve klad Ib; klad II: klad IIa ve klad IIb olmak üzere. Klad Ia MPXV, Orta Afrika'daki birçok ülkede görülmektedir ve hayvan rezervuarlarından diğer canlılara bulaşmaktadır. Fakat az da olsa insandan insana bulaşma ile de ilişkili bulunmuştur. Bu ülkelerden gelen virüs dizilerinin klad Ia filogenetik ağacında karıştırılması, klad Ia virüslerinin sınır ötesi hareketini göstermektedir. Klad Ib MPXV, 2023 yılında Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin doğu kesiminde büyük bir salgına yol açmış ve birçok ülkede insandan insana sürekli bulaşma göstermektedir.

Klad IIa MPXV, tarihsel olarak öncelikle hayvan türlerinde tespit edilmiş ve yalnızca sınırlı sayıda insan vakası görülmüştür. Ancak, son zamanlarda birçok Batı Afrika ülkesinde artan sayıda insan vakası bildirilmiştir. İlk olarak Nijerya'da tespit edilen Klad IIb MPXV, en az 2016 yılından bu yana insanlar arasında uzun süreli ve sürekli dolaşımdadır ve 2022'den günümüze kadar devam eden büyük bir salgına neden olmuştur. Küresel salgın sırasında, büyük ölçüde erkeklerle cinsel ilişkiye giren erkekler arasında bulaşma ile ilişkilendirilmiştir. Bu salgın, Ağustos 2022'de en yüksek zirvesine ulaşmış ve birçok ülkede düşük seviyelerdede olsa yayılmaya devam etmektedir.

Bu çalışma, MPXV'nün epidemiyolojisini, teşhisini, klinik özelliklerini, korunma yollarını, yönetimini ve halk sağlığı tehdidi risklerini incelemek, özellikle halk arasında yanlış bilinenleri düzeltebilmek amacı ile hazırlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Virüs Özellikleri

MPXV, Poxviridae familyası, Chordopoxvirinae alt familyasına ve Orthopoxvirus cinsine ait, zarflı bir Deoksiriboz nükleik asit (DNA) virüsüdür. (3-5) Bu cins içerisinde çiçek hastalığı virüsü (variola/ smallpox), vaksinya, inek çiçeği virüsü ve deve çiçeği virüsleri dahil olmak üzere diğer birçok poxvirüs yer almaktadır. (3, 6)

Genomu, 90 açık okuma çerçevesini kodlayan 196.858 baz çiftine sahiptir. (5) Konak hücrelere plazma membranından füzyon veya endositoz yoluyla girebilir. (1) Hücreye girişi genellikle glikozaminoglikanlar olmak üzere birden fazla reseptöre bağlıdır. (7) Virion membranındaki en az 16 protein giriş sürecinde rol oynar. (1) Replikasyon sitoplazmada gerçekleşir. MPXV, T hücre reseptörü aktivasyonunu ortadan kaldırarak antiviral T lenfosit aracılı bağışıklık tepkilerinden kaçınır. (7) Girişten sonra virüs erken gen transkripsiyon olaylarını başlatır. Viral DNA sentezi, perinükleer bölgelerde gerçekleşir (1)

Genomları %1'den daha az farklılık gösteren iki genetik klad vardır. İlk klad Orta Afrika'da, ikincisi ise Batı Afrika'da endemiktir. (8-10) Salgının görüldüğü 2022 vakalarının MPXV genom dizileri, Batı Afrika kladından (klad1b=soy B1) kaynaklanmaktadır. (10)

2.2. Tarihçesi ve Epidemiyolojisine Bakış

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MPXV ilk olarak 1958'de Danimarka Kopenhag'da, maymunlarda salgın olarak kendisini göstermiştir ve diğer çiçek virüslerine olan benzerlik sebebiyle maymun çiçeği virüsü adı verilmiştir. (11)

1960 ve 1968 yılları arasında, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Hollanda'da esaret altındaki maymunlarda farklı MPXV salgınları bildirilmiştir. (12)

İnsanlarda ilk vaka, 1970'te Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde ateşin yükselmesi ve sonrasında çoğunluğu kol ve bacaklarda olan döküntülerle kendini gösteren, daha önce hiç çiçek aşısı olmamış, 9 aylık bir erkek bebekte görülmüştür. Hastada otit, mastoidit ve ağrılı servikal lenf düğümleri gelişmiş ve deri lezyonlarından MPXV izole edilmiştir. (12) Daha sonra birkaç Orta ve Batı Afrika ülkesinde endemik olarak devam etmiştir. (13 - 15) Maymun çiçeği hastalığı (Mpox), yıllarca insanlarda yalnızca Afrika'ya özgü bir hastalık olarak kalmış, Orta veya Batı Afrika'dan ara sıra nadir görülen vakalar ve Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nde görülen küçük salgınlar, Afrika dışındaki ilk vakaların 2003'te bildirilmesine kadar sürmüştür. (10, 16, 17)

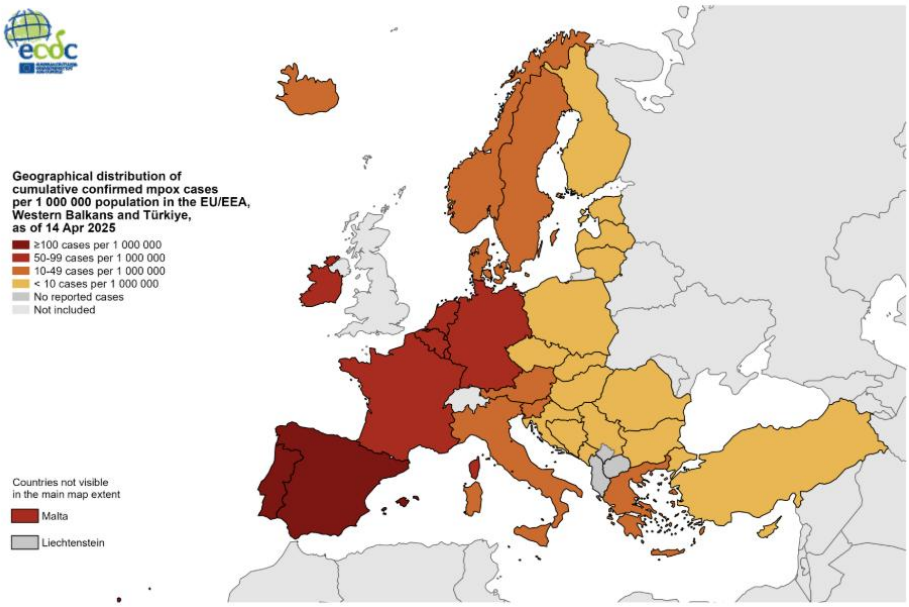
Afrika dışında insan Mpox ilk olarak 2003 yılında, enfekte evcil çayır köpekleriyle (Prairie Dog/ kemirgen) doğrudan veya dolaylı temas sonrasında ABD genelinde 43 vakada ortaya çıkmıştır. (18, 19) Bu vakalar Gana'dan Teksas'a ithal edilen kemirgenlerle ilişkilendirilmiştir. Kemirgenler virüsü aynı egzotik hayvan tesisinde barındırılan çayır köpeklerine bulaştırmış ve çayır köpekleri daha sonra çoğunlukla genç yetişkinler ve çocuklar olmak üzere insanları enfekte etmiştir. (10, 19)

İngiltere, ABD, Singapur ve İsrail olmak üzere 2018 yılında Afrika dışından sporadik enfeksiyon vakaları bildirilmiştir. Bu vakaların çoğunlukla endemik ülkelerden gelen gezginler, hastane enfeksiyonları veya MPXV ile enfekte ithal kemirgenlerle doğrudan temas ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. (17, 18, 20-22) Sonrasında hastalık, Birleşik Krallık ve ABD'de çok nadir sporadik vakalar şeklinde kendini göstermiş fakat Afrika'da yaygın olmaya devam etmiştir. (10)

Mayıs 2022'de Birleşik Krallık, Portekiz, İtalya'nında içinde bulunduğu çoğu Avrupa ülkesi ve Çin dahil diğer endemik olmayan ülkelerde çoğunlukla eşcinsel erkeklerde olmak üzere birçok maymun çiçeği vakası tespit edilmiş ve DSÖ, Temmuz 2022'de MPXV'nü uluslararası öneme sahip bir halk sağlığı acil durumu olarak ilan etmiştir. (1, 23 – 26) Mpox enfeksiyonunda son otuz yılda vaka sayılarında büyük bir artış görülmüştür. (10) Klad 2b maymun çiçeğinin devam eden küresel salgını Aralık 2025 itibarıyla, daha önce bildirilmediği 115 ülke de dahil olmak üzere toplam 122 ülkede 100.000'den fazla vakaya neden olmuştur. (27) Genel vaka ölüm oranı, Batı Afrika suşlarıyla (klad 2) enfekte olan hastalarda, Orta Afrika suşlarıyla (klad 1) enfekte olanlara göre daha düşük görünmektedir. (10) 7 Mart 2022'den bu yana, DSÖ Avrupa Bölgesi'nde, 47 ülke ve bölgeden 14 Nisan 2025'e kadar toplam 29607 Mpox vakası tespit edilmiştir. 43 ülke ve bölgeden 29455 vaka için veriler, 14 Nisan 2025 Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (The European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC) ve DSÖ Avrupa Bölge Ofisi'ne bildirilmiştir. Bildirilen 29455 vakanın %0,65'i olası vakalardır. Vakaların çoğunluğu erkek (%98), en çok etkilenen yaş grubu 31-40 yaş arasıdur (%40). Cinsel davranışı bilinen 13132 erkek vakasının %97'si eşcinsel erkekler olarak bildirilmiştir. HIV durumu bilinen vakalar arasında %37'si (n = 12452) HIV pozitiftir. Vakaların çoğunda döküntü (%92), %60'ında ateş, yorgunluk, kas ağrısı, titreme veya baş ağrısı gibi sistemik semptomlar görülmüştür. 319 vakanın klinik bakım gerektirdiği 977 (%7) vaka hastaneye kaldırılmıştır. Dokuz vaka yoğun bakım ünitesine kaldırılmış ve bu 9 vakanın daha sonra öldüğü bildirilmiştir. Türkiye'den 2022'den bu zamana kadar bildirilen vaka sayısı 34'tür. (28)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Görsel 1. 14 Nisan 2025 itibarıyla Avrupa Birliği, Avrupa Ekonomik Alanı, Batı Balkanlar ve Türkiye'de 1.000.000 kişiye düşen kümülatif doğrulanmış mpox vakalarının coğrafi dağılımı



2.3. Rezervuar ve Bulaş

Mpox zoonotik bir hastalıktır. Fakat hayvan rezervuarı kesin olarak bilinmemektedir. Ağaç sincapları ve Gambiya keseli sıçanları da dahil Orta ve Batı Afrika tropikal yağmur ormanlarından çeşitli kemirgen türleri şu anda güçlü adaylar olarak kabul edilmektedir. Afrika maymunları ve kuyruksuz maymunlar enfekte olabilir ve ara konak oldukları düşünülmektedir. Tavşanlar, çayır köpekleri, diğer kemirgenler, maymunlar gibi birçok hayvan ve laboratuvar hayvanları esaret altında enfeksiyona duyarlıdır. (10)

Maymun çiçeği virüsünde bulaşma temel olarak üç şekilde görülmektedir:

2.3.1. Hayvanlardan insanlara bulaşma:

Virüsü taşıyan bir hayvanla fiziksel teması olan kişilerde hastalık gelişebilir. Bir hayvan veya etine fiziksel temas ile maruz kalma, ısırık-çizik yoluyla, avlanma, deri yüzme, yemek hazırlama gibi faaliyetler sırasında gerçekleşebilir. Virüs ayrıca, iyi pişirilmemiş enfekte etlerin tüketilmesiyle de bulaşabilir. (29)

Hayvanlardan MPXV bulaşma riski, özellikle hasta veya ölü olmak üzere vahşi hayvanlarla önlem alınmadan yapılacak temastan kaçınılarak azaltılabilir. Virüs taşıyıcı hayvanların bulunduğu ülkelerde, etler yenmeden önce iyi pişirilmelidir. (29)

2.3.2. Kişiler arası bulaşma:

MPXV, insanlar arasında genellikle mpox hastasından yakın temas yoluyla bulaşır. Yakın temas, dokunma, öpüşme, seks gibi temasları kapsar. Aynı zamanda mpox hastası biriyle yüz yüze olmak yakın konuşmak veya nefes almak gibi durumlar da bulaşmaya neden olabilir. (1, 29) Küresel salgın yaşandığı 2022 yılında, bulaşma genellikle cinsel temas ile gerçekleşmiştir. Farklı ortamlarda ve farklı koşullar altında meydana gelen salgınlar sırasında MPXV'in nasıl yayıldığı konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. (29)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Mpox'lu bireyler, vücudundaki tüm yaralar kabuklanıp, kabuklar düşene kadar ve altından iyileşen yeni deri tabakası oluşuma gerçekleşene kadar ve kısaca vücuttaki tüm yaralar tamamen iyileşene kadar bulaşıcı kabul edilir. Bu durum yaklaşık 2 - 4 haftayı kapsar. (29)

Virüs, MPXV'lu bir kişinin dokunduğu tüm nesnelerde; giysiler, havlular, yatak takımları, eşyalar, elektronik cihazlar ve yüzeylerde bir süre kalabilir. Özellikle herhangi bir kesik veya sıyrığı olan başka birinin bu eşyalara dokunması, sonrasında ellerini yeterli yıkamadan ağzına, burnuna gözlerine veya vücudunun diğer mukoza zarlarına dokundurması ile kişi enfekte olabilir. Nesneleri temizleyip dezenfekte etmek ve kontamine olabilecek nesnelere dokunduktan sonra elleri yeterli bir şekilde yıkamak, bu tür bulaşmaların önüne geçebilir. (1, 29)

MPXV ayrıca gebelikte fetüse, cilt temasıyla ya da mpox'lu bir anne-babadan yakın temas yoluyla bebeklere ve çocuklara geçebilir. (29)

Asemptomatik bir kişiden MPXV bulaştığı bildirilmiştir. MNXW'nin, virüs taşıyan birinden belirti göstermeden önce veya lezyonları tamamen iyileştikten sonra bulaşıp bulaşmayacağı konusunda bilgiler sınırlıdır. Canlı virüs semenden izole edilmiştir fakat enfeksiyonun semen, kan, vajinal sıvılar, amniyotik sıvılar, anne sütü gibi vücut sıvılarından ne ölçüde bulaşabileceği tam olarak bilinmemektedir. (29)

2.3.3. İnsanlardan hayvanlara bulaşma:

Virüs evcil köpeklerde tespit edilmiştir. Fakat, bunların gerçek enfeksiyon mu yoksa virüs tespitinin yüzey kontaminasyonuyla mı ilgili olduğu henüz doğrulanmamıştır. Birçok hayvan türü virüse duyarlıdır. Bu nedenle virüsün insanlardan hayvanlara bulaşma ihtimali vardır. Mpox doğrulanmış vakalar veya şüphelenilen bireyler, tüm hayvanlarla yakın temastan kaçınmalıdır. (29)

2.4. Klinik Belirti ve Bulgular

Kuluçka süresi 7-21 gün, ortalama 13 gündür. Ardından kısa bir prodromal evre gösterir ve bunu döküntü evresi izler. Prodromal dönemde ateş, baş ağrısı, halsizlik ve lenfadenopati görülür. Daha sonra döküntü evresi başlar. Dermatit monomorfiktir yani lezyonlar aynı gelişim evresindedir. Maküllerle başlar, ardından papüller, veziküller ve son olarak püstüller gelişir. (18, 30) Lezyonlar sert, iyi sınırlıdır ve göbeklenme gösterir. Bir hafta veya daha kısa bir sürede kabuklanma oluşur ve ilk olarak hipopigmentasyon alanları oluşur ardından yerini hiperpigmentasyona bırakır. (10, 18) Ayrıca bu lezyonlar anüs, rektum, vajina, göz, ağız ve boğazda da bulunabilir. Lezyon sayısı tek ya da birkaç bin arasında olabilir. Bazı kişilerde proktit ve genital bölgede inflamasyon gelişebilir ve şiddetli ağrıya neden olabilir (30, 31) Lenfadenopati gelişimi, lezyonların avuç içlerinde ve ayak tabanlarında görülmesi ve genellikle tüm lezyonların aynı gelişim aşamasında olması maymun çiçeğini suçiçeği ve diğer döküntülü hastalıklardan ayıran önemli belirtilerdir. (10) Ancak 2022'deki mevcut Mpox salgınında deri lezyonlarının sayısı oldukça değişkenlik göstermiştir. Bazı hastalarda yalnızca birkaç ağrısız lezyon görülmüştür. Ayrıca, tek veya kümelenmiş noktalardan, ilerleyici merkezi ülserasyonlu göbekli papüllere ve kabuklara kadar değişen asenkron görünüm sergilemiştir. (32)

Hastalığın şiddeti bulaşma yollarına, virüsün inokülümüne, kişinin bağışıklık durumuna, daha önce çiçek aşısı yaptırmış olup-olmamasına, enfekte hayvanlara maruziyetine göre değişiklik

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

gösterir ve tüm bu belirteçlere göre hastalık asemptomatik veya hafif enfeksiyon (daha az ve daha küçük lezyonlar) ya da ağır tabloya yol açar. 2022 salgınında, vakaların yaklaşık %40'ında İnsan İmmünyetmezlik Virüsü (HIV) koenfeksiyonu meydana gelirken, yalnızca anogenital lezyonları olan vakalar bildirilmiştir. Bu vakalarda prodrom belirtileri hiç olmamış, deri lezyonları da görülmemiş ya da çok az (< 10) görülmüştür. (18)

Şu ana kadar elde bulunan verilere göre, Mpox'lu kişilerin %0,1 - %10'u hayatını kaybetmiştir. Ölüm oranları immünsüpresyon durumlarında, HIV pozitifliğinde, AIDS hastalığı olanlarda veya farklı ortamlarda çeşitli faktörler nedeniyle değişiklik gösterebilir. (31)

2.5. Tanı

Viral kültür, elektron mikroskobu ile görüntüleme, immünohistokimya, anti-ortopoksvirüs IgG ve IgM ve gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) teknikleri, MPXV tanısı için uygun yöntemlerdir. PCR tek başına veya dizileme ile birlikte kullanılabilir. (33)

Gerçek zamanlı PCR, MPXV tanısı için altın standart ve en yaygın güncel strateji olarak önerilmiştir. (34) Bu yöntemin hızı, duyarlılığı, özgüllüğü, yüksek nicelikli verimi ve virüs yükünün tespit edilebilmesi onu diğer yöntemlerden üstün kılmıştır. (18, 34) Ayrıca 206'da multipleks gerçek zamanlı PCR yöntemi ile variola, maymun çiçeği ve varicella-zoster virüsleri türünü aynı anda tespit edebilen yöntem tanımlanmıştır. Bu multipleks reaksiyonun ürünleri %100 özgüllükle bu 3 virüsün DNA'sı tanımlamıştır. (34) PCR için en az Biyogüvenlik Seviyesi-2 olan laboratuvar gereklidir fakat daha kolay çalışılabilecek bazı ticari PCR kitleri de geliştirilmiştir. (18)

Serolojik testler MPXV maruziyetini ve güvenliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Hızlı tanı testlerinin kullanımı, şüpheli vakaların 21 güne kadar izole edilmesi gerektiğinden, yararlı olabilir. Enfeksiyonunun başlamasından yaklaşık 3-7 gün sonra MPXV'ye karşı IgG ve IgM antikorları gelişebilir. Hızlı tespit yöntemlerinin avantajları kısa sürede sonuçlanması ve kolay uygulanmasıdır fakat düşük hassasiyet ve yanlış sonuçlar, bu yöntemin potansiyel sınırlamalarıdır. (34) Diğer Orthopoxvirus virüslerle genetik ve antijenik olarak benzerlik gösterirler ve bu da serolojik testlerde çapraz reaksiyona neden olur. (35) Serolojik testler, klinik değerlendirmede fikir verici olabilir fakat kesin teşhis yöntemi değildir. (36)

Bu testlerin, hastanın aşılama geçmişi gibi klinik ve epidemiyolojik verilerle birleştirilmesi tanı için önemlidir. MPXV'nin laboratuvar doğrulaması için en iyi örnekler, lezyon yüzeyinden ve/veya eksüdadan alınan süruntüler, birden fazla lezyondan alınan örnekler veya lezyon kabukları dahil olmak üzere deri lezyonu materyalidir. (33)

2.6. Tedavi

Mpox için ABD Gıda ve İlaç Ajansı (FDA) onaylı bir tedavi bulunmamaktadır. Antiviral Tecovirimat'ın Human Mpox Virüsü (STOMP) için Çalışması, Ulusal Alerji ve Bulaşıcı Hastalıklar Enstitüsü (NIAID) tarafından, tecovirimatın II. kladın tedavisindeki güvenliğini ve etkinliğini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Aralık 2024'te, bir ara veri analizi STOMP'tan alınan bir çalışmada, tecovirimatın hafif ve orta şiddette klad II mpox'lu ve ciddi hastalık geliştirme riski düşük olan yetişkinlerde lezyonun iyileşme süresini veya ağrıyı azaltmadığı bulunmuştur. (37)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Randomize kontrollü çalışmalarda mevcut ilaçların etkisi görülmemiştir. Fakat gerçek hayattaki olgu kontrol çalışmalarında fayda sağladığına dair veriler bulunmaktadır. Mpox semptomlarını hafifletmek, komplikasyonları önlemek ve sekellerin önüne geçebilmek için destekleyici tedavi ve klinik bakım gereklidir. Sekonder bakteriyel enfeksiyonlarda kültür ve antibiyograma göre tedavi sağlanmalıdır. Ensefalit, miyokardit gibi komplikasyonlar nadir de olsa görülebilir. Bu tür komplikasyonların tedavisi olgu bazlı değerlendirilerek yapılmalıdır (36)

2.7. Aşı

Çiçek aşının rutin uygulandığı dönemlerde aşılanan bireylerin MPXV'ye karşı %85 korundukları birkaç gözlemsel çalışmayla kanıtlanmıştır. Bu sebeple, daha önce çiçek aşısı olanlar hastalıktan korunabilirler ya da hastalığı daha hafif geçirebilirler. Günümüzde çiçek aşıları klinik kullanımda değildir. (36)

FDA'nın önerdiği iki aşı mevcuttur: JYNNEOS ve ACAM2000. Her iki aşı da canlı virüs içerir. JYNNEOS, çiçek hastalığı veya mpox enfeksiyonu için yüksek risk altındaki 18 yaş ve üzeri bireyler için onaylanmıştır. Zayıflatılmış, replike olmayan bir ortopoksvirüs olan Modifiye edilmiş atenüe virüsünü (Ankara suşu) içeren canlı bir aşıdır. 4 haftalık arayla iki doz, deri altından uygulaması için onaylanmıştır. JYNNEOS, canlı aşıların endike olmadığı veya önerilmediği, güvenilirlik sistemi önemli ölçüde baskılanmış bireylerde kullanılabilir. (37)

ACAM2000, Çiçek hastalığı veya mpox enfeksiyonu açısından yüksek risk altında olduğu tespit edilen bireyler için onaylanmıştır. Aşı, aşılanan ve virüsün yayıldığı yakın temaslılarda miyokardit ve perikardit gibi ciddi sorunlara yol açabilir. (37)

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu salgın, belirli bir bölgeyi etkileyen bir hastalığın, endemik olmadığı coğrafyalarda bile farklı popülasyonları etkileyen yeni klinik tablolarla nasıl güçlü bir etki oluşturabileceğini göstermektedir. Çiçek hastalığına karşı bağışıklığın yıllar içinde kademeli olarak azalması, hastalığın endemik olduğu bölgelerde bildirilen mpox vakalarındaki artışı kısmen açıklayabilmektedir. Yapılan incelemeler, bu salgının epidemiyolojik özelliklerinin alışılmışın dışında olduğunu ortaya koymuştur. Mpox vaka sayıları, endemik bölgeler dışında daha önce gözlenen sayıların belirgin şekilde üzerine çıkmış; ayrıca bulaşmanın, geçmişte olduğu gibi bu bölgelere yapılan seyahatlerle ilişkili olmadığı, çoğunlukla insandan insana gerçekleştiği anlaşılmıştır. Vakaların beklenmedik coğrafi dağılımı dikkate alındığında, görünürde bir bağlantısı olmayan kişilerde MPXV'nün tespit edilmesi, asemptomatik yayılma olasılığını akla getirmektedir. Yeni etkilenen ülkelerde, özellikle cinsel temasla ilişkili bir bulaşma paterni dikkat çekmektedir. Vakaların büyük çoğunluğu, belirli eşcinsel ve biseksüel bireyler arasında görülmektedir. Bununla birlikte, kadınlarda ve çocuklarda bildirilen vaka sayısında da artış mevcuttur. Olguların önemli bir kısmı HIV enfeksiyonu bildirmekte ya da son bir yıl içinde cinsel yolla bulaşan enfeksiyon öyküsüne sahiptir; ayrıca sık partner değişikliği veya birden fazla cinsel partner varlığı sık bildirilen özellikler arasındadır.

Mevcut mpox salgınının hem endemik Afrika bölgelerinde hem de yeni etkilenen coğrafyalarda sürmesini engellemek için öncelikli hedefler; enfeksiyonun önlenmesi, bulaşmanın ve yayılmanın azaltılmasıdır. Risk altındaki gruplarda farkındalık ve eğitimin artırılması önem taşır. Bunlarla beraber, tanıyı kolaylaştıracak hızlı ve duyarlı testlerin geliştirilmesi, mevcut

tedavilerin, aşıların ve aşılama stratejilerinin etkinliğinin değerlendirilmesi ve aşılama ile tedavinin tüm etkilenen gruplar ve bölgeler için erişilebilirliğinin düzenlenmesi mevcut vakaların bulaştırmasının önüne geçecektir.

KAYNAKÇA

1. Peng, Q., Xie, Y., Kuai, L., et al., Structure of monkeypox virus DNA polymerase holoenzyme. *Science, 379*(6627), 100–105, 2023. https://doi.org/10.1126/science.ade6360

2. World Health Organization. Mpox (Monkeypox). Retrieved December 2, 2025. Erişim Tarihi December 2, 2025. https://www.who.int/mega-menu/health-topics/popular/mpox

3. Moss, B. Poxviridae: The viruses and their replication. In D. M. Knipe & P. M. Howley (Eds.), *Fields virology* (5th ed., pp. 2905–2946). Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

4. Damon, I. K. Poxviruses. In D. M. Knipe & P. M. Howley (Eds.), *Fields virology* (5th ed., pp. 2947–2976), 2007. Lippincott Williams & Wilkins.

5. Babkin, I. V., Babkina, I. N., & Tikunova, N. V. An update of orthopoxvirus molecular evolution. *Viruses, 14*(2), 388, 2022. https://doi.org/10.3390/v14020388

6. Cardeti, G., Gruber, C. E. M., Eleni, C., et al. Fatal outbreak in tonkean macaques caused by possibly novel orthopoxvirus, Italy, January 2015. *Emerging Infectious Diseases, 23*, 1941–1949, 2017.

7. Hammarlund, E., Dasgupta, A., Pinilla, C., Norori, P., Früh, K., & Slifka, M. K. Monkeypox virus evades antiviral CD4+ and CD8+ T cell responses by suppressing cognate T cell activation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105*(38), 14567–14572. 2008. https://doi.org/10.1073/pnas.0800589105

8. Chen, N., Li, G., Liszewski, M. K., et al. Virulence differences between monkeypox virus isolates from West Africa and the Congo Basin. *Virology, 340*, 46–63, 2005.

9. Likos, A. M., Sammons, S. A., Olson, V. A., et al. A tale of two clades: Monkeypox viruses. *Journal of General Virology, 86*, 2661–2672, 2005.

10. Gessain, A., Nakoune, E., & Yazdanpanah, Y. Monkeypox. *The New England Journal of Medicine, 387*, 1783–1793, 2022. https://doi.org/10.1056/NEJMra2208860

11. von Magnus, P., Andersen, E. K., Petersen, K. B., & Birch-Andersen, A. A pox-like disease in cynomolgus monkeys. *Acta Pathologica Microbiologica Scandinavica, 46*, 156–176, 1959.

13. Arita, I., & Henderson, D. A. Smallpox and monkeypox in non-human primates. *Bulletin of the World Health Organization, 39*, 277–283, 1968.

14. Bunge, E. M., Hoet, B., Chen, L., Lienert, F., Weidenthaler, H., Baer, L. R., & Steffen, R. The changing epidemiology of human monkeypox: A potential threat? A systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases, 16*, e0010141, 2022.

15. Tan, W., & Gao, G. F. Neglected zoonotic monkeypox in Africa but now back in the spotlight worldwide. *China CDC Weekly, 4*, 847–848, 2022.

16. Lourie, B., Bingham, P. G., Evans, H. H., Foster, S. O., Nakano, J. H., & Herrmann, K. L. Human infection with monkeypox virus: Laboratory investigation of six cases in West Africa. *Bulletin of the World Health Organization, 46*, 633–639, 1972.

17. Beer, E. M., & Rao, V. B. A systematic review of the epidemiology of human monkeypox outbreaks and implications for outbreak strategy. *PLOS Neglected Tropical Diseases, 13*(10), e0007791, 2019.

18. Bunge, E. M., Hoet, B., Chen, L., et al. The changing epidemiology of human monkeypox: A potential threat? A systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases, 16*(2), e0010141, 2022.

19. Focosi, D., Novazzi, F., Baj, A., & Maggi, F. Monkeypox: An international epidemic. *Reviews in Medical Virology, 32*(6), e2392, 2022. https://doi.org/10.1002/rmv.2392

20. Reed, K. D., Melski, J. W., Graham, M. B., et al. The detection of monkeypox in humans in the Western Hemisphere. *The New England Journal of Medicine, 350*(4), 342–350, 2004. https://doi.org/10.1056/NEJMoa032299

21. Mauldin, M. R., McCollum, A. M., Nakazawa, Y. J., et al. Exportation of monkeypox virus from the African Continent. *Journal of Infectious Diseases, 225*, 1367–1376, 2022.

22. Erez, N., Achdout, H., Milrot, E., et al. Diagnosis of imported monkeypox, Israel, 2018. *Emerging Infectious Diseases, 25*, 980–983, 2019.

23. Vaughan, A., Aarons, E., Astbury, J., et al. Two cases of monkeypox imported to the United Kingdom, September 2018. *Euro Surveillance, 23*, 1800509, 2018

24. Antinori, A., Mazzotta, V., Vita, S., et al. Epidemiological, clinical and virological characteristics of four cases of monkeypox support transmission through sexual contact, Italy, May 2022. *Euro Surveillance, 27*, 2200421, 2022.

25. Perez Duque, M., Ribeiro, S., Martins, J. V., et al. Ongoing monkeypox virus outbreak, Portugal, 29 April to 23 May 2022. *Euro Surveillance, 27*, 2200424, 2022.

26. Vivancos, R., Anderson, C., Blomquist, P., et al. Community transmission of monkeypox in the United Kingdom, April to May 2022. *Euro Surveillance, 27*, 2200422, 2022.

27. Zhao, H., Wang, W., Zhao, L., et al. The first imported case of monkeypox in the mainland of China—Chongqing municipality, China, September 16, 2022. *China CDC Weekly, 4*, 853–854, 2022.

28. Centers for Disease Control and Prevention. *Monkeypox in the United States and around the world: Current situation.* Published November 14, 2025. Erişim Tarihi December 2, 2025. https://www.cdc.gov/monkeypox/situation-summary/index.html

29. European Centre for Disease Prevention and Control. *Monkeypox Report.* Erişim Tarihi December 2, 2025. https://monkeypoxreport.ecdc.europa.eu/

30. World Health Organization, *Mpox (Monkeypox).* Erişim Tarihi December 2, 2025. https://www.who.int/mega-menu/health-topics/popular/mpox

31. Srivastava, G., & Srivastava, G. Human monkeypox disease. *Clinics in Dermatology, 40*(5), 604–612, 2022. https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2022.08.009

32. World Health Organization, *Mpox (Monkeypox).* Erişim Tarihi December 2, 2025. https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/mpox

33. Lai, C. C., Hsu, C. K., Yen, M. Y., Lee, P. I., Ko, W. C., & Hsueh, P. R. Monkeypox: An emerging global threat during the COVID-19 pandemic. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection, 55*(5), 787–794, 2022. https://doi.org/10.1016/j.jmii.2022.07.004

34. Karagoz, A., Tombuloglu, H., Alsaeed, M., et al. Monkeypox (mpox) virus: Classification, origin, transmission, genome organization, antiviral drugs, and molecular diagnosis. *Journal of Infection and Public Health, 16*(4), 531–541, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2023.02.003

35. Nakhaie, M., Arefinia, N., Charostad, J., Bashash, D., Abdolvahab, M. H., & Zarei, M. Monkeypox virus diagnosis and laboratory testing. *Reviews in Medical Virology, 33*, e2404, 2023. https://doi.org/10.1002/rmv.2404

36. Rimoin, A. W., Mulembakani, P. M., Johnston, S. C., et al. Major increase in human monkeypox incidence 30 years after smallpox vaccination campaigns cease in the Democratic Republic of Congo. *Proceedings of the National National Academy of Sciences, 107*, 16262–16267, 2010.

37. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. (n.d.). *Mpox Rehberi.* Erişim Tarihi December 2, 2025. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/Yayinlarimiz/Rehberler/Mpox-Rehberi.pdf

38. U.S. Food and Drug Administration. (n.d.). *Mpox.* Erişim Tarihi December 2, 2025 https://www-fda-gov.translate.goog/emergency-preparedness-and-response/mcm-issues/mpox?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

YAŞLILIKTA KIRILGANLIK VE KRONİK HASTALIKLAR: HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARIYLA YAŞAM KALİTESİ ARTIŞI

Uzman Hemşire,DİLEK MUSLU

Şahinbey Research and Training Hospital

muslu.dilek67@gmail.com-0000-0002-2875-3413

Doç.Dr. DİĞDEM LAFÇI BAKAR

Mersin University

didemlafci@hotmail.com-0000-0001-7199-416X

ÖZET

Kırılganlık, yaşlanma sürecinde fizyolojik rezervlerin azalması ve strese karşı direncin kaybıyla ortaya çıkan, fiziksel (sarkopeni, düşük aktivite), psikolojik (kaygı, depresyon) ve sosyal (izolasyon, destek eksikliği) boyutları olan karmaşık bir sendromdur. 65 yaş üstü bireylerin %10'unda, 85 yaş üzerinde ise %25-50'sinde görülür. Kronik hastalıklar (diyabet, kalp yetmezliği, KOAH, demans), kronik enflamasyon, bağışıklık sistemi zayıflığı ve kas kaybını hızlandırarak kırılganlık riskini önemli ölçüde artırır. Polifarmasi ve yetersiz beslenme de riski besleyen önemli faktörlerdir.

Hemşireler, kırılgan yaşlı bireylerde düzenli fiziksel aktivite takibi, beslenme durumunun değerlendirilmesi ve ilaç uyumunun sağlanmasını içeren bireyselleştirilmiş bakım planları ile fonksiyonel kayıpların önlenmesinde kilit rol oynar. Hasta ve ailelere yönelik evde güvenli hareket stratejileri ve sosyal destek ağlarının güçlendirilmesine dair eğitimler, hemşirelik bakımının temel bileşenleridir.

Bu nedenle, risk grubunda erken tanı (Edmonton Kırılganlık Ölçeği gibi) ve bütünleşik müdahaleler (protein destekli beslenme, direnç egzersizleri, sosyal destek programları) sık hastaneye yatış ve ölüm riskini azaltarak yaşam kalitesini korumak için hayati öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Kırılganlık, Geriatri, Hemşirelik, Yaşam Kalitesi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FRAILTY IN OLDER ADULTS AND CHRONIC DISEASES: ENHANCING QUALITY OF LIFE THROUGH NURSING APPROACHES

ABSTRACT

Frailty is a complex geriatric syndrome characterized by diminished physiological reserve and reduced resistance to stressors, encompassing physical (sarcopenia, low activity), psychological (anxiety, depression), and social (isolation, lack of support) dimensions. It affects approximately 10% of individuals aged 65 years and older, and 25% to 50% of those over age 85. Chronic diseases—including diabetes, heart failure, COPD, and dementia—exacerbate chronic inflammation, impair immune function, and accelerate muscle loss, thereby significantly increasing frailty risk. Polypharmacy and inadequate nutrition also contribute as major risk factors.

Nurses play a critical role in preventing functional decline in frail older adults by implementing individualized care plans that include routine monitoring of physical activity, assessment of nutritional status, and promotion of medication adherence. Educational interventions for patients and caregivers—such as strategies for safe mobility at home and strengthening social support networks—constitute essential components of nursing care.

Early identification of at-risk individuals (e.g., using the Edmonton Frailty Scale) and integrated interventions (protein-enhanced nutrition, resistance exercises, and social support programs) are vital for reducing hospitalizations and mortality while preserving overall quality of life.

Keywords: Frailty, Geriatrics, Nursing, Quality of Life

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1.GİRİŞ

Dünya genelinde yaşam süresinin uzaması, yaşlı nüfusunun hem mutlak sayı hem de toplam nüfus içindeki oran olarak hızla artmasına neden olmaktadır. Küresel ölçekte 60 yaş ve üzeri nüfusun 2050 yılına kadar **2.1 milyarı aşacağı** ve toplam nüfusun **%21'inden fazlasını** oluşturacağı tahmin edilmektedir(Kasa et al., 2024) . Benzer bir eğilim Türkiye için de geçerlidir; ülkemizde 65 yaş ve üzeri nüfus, 2024 itibarıyla **9,1 milyon kişiye** ulaşmış ve toplam nüfus içindeki payı **%10.6'ya** yükselmiştir (Görey et al.). Bu demografik dönüşüm, beraberinde getirdiği sağlık sorunlarıyla birlikte, halk sağlığı ve sağlık sistemleri için önemli bir meydan okuma teşkil etmektedir.

Yaşlanma, fizyolojik rezervlerde azalma ve homeostazın bozulması ile karakterize doğal bir süreç olsa da, bu sürecin getirdiği en kritik iki durum "kırılganlık (frailty)" ve "kronik hastalıklardır". Kırılganlık, yaşlanmaya bağlı olarak çeşitli fizyolojik sistemlerdeki azalmış rezerv ve direnç kaybı sonucu, stresörlere karşı savunmasızlığın arttığı, olumsuz sağlık sonuçlarına (düşme, hastaneye yatış, sakatlık, ölüm) yatkınlıkla sonuçlanan klinik bir sendrom olarak tanımlanmaktadır(Mack, 2025). Epidemiyolojik çalışmalar, kırılganlığın prevalansının 65 yaş üzeri bireylerde yaklaşık **%10** civarında olduğunu, ancak bu oranın 85 yaş ve üzerinde **%25-50'ye** kadar çıkabildiğini göstermektedir(Kojima, 2015; Prameswari et al., 2025). Bu durum, fiziksel zayıflığın ötesinde, bilişsel ve psiko-sosyal boyutları da kapsayan çok boyutlu bir kavramdır.

Diğer yandan, ileri yaşla birlikte hipertansiyon, diyabet, kalp yetmezliği, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve osteoartrit gibi kronik hastalıkların görülme sıklığı da belirgin şekilde artmaktadır. Bulaşıcı olmayan hastalıklar, tüm dünyadaki ölümlerin **%74'ünden** sorumlu olup, yaşlı popülasyonu orantısız bir şekilde etkilemektedir. Daha da çarpıcı olanı, yaşlı bireylerde tek bir kronik hastalıktan ziyade **multimorbidite** (iki veya daha fazla kronik hastalığın birlikteliği) yaygındır(Kasa et al., 2024). Yapılan bir araştırma, orta yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde kronik hastalık şiddeti arttıkça hem fiziksel hem de zihinsel yaşam kalitesi ölçütlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş olduğunu belgelemiştir. Kırılganlık ve kronik hastalıklar sıklıkla iç içe geçmiş durumdadır; kronik hastalıklar kırılganlık riskini artırırken, kırılgan bireyler de kronik hastalıkları yönetmekte daha fazla güçlük çeker. Bu kısır döngü, bireyin fonksiyonel bağımsızlığını kaybetmesine, yaşam kalitesinin düşmesine ve sağlık bakım maliyetlerinin katlanarak artmasına neden olmaktadır. Avrupa'daki toplam sağlık harcamalarının **%30-40'ından** 65 yaş üstü bireylerin sorumlu olduğu bildirilmektedir(Kallestrup-Lamb et al., 2024).

Önemli olarak, kırılganlık yaşam kalitesini belirgin biçimde olumsuz etkilemektedir. Nitekim kırılgan yaşlı yetişkinler, fiziksel, zihinsel ve sosyal alanlar da dahil olmak üzere sağlıkla ilişkili yaşam kalitesinin tüm boyutlarında anlamlı derecede daha düşük puanlar bildirmektedir (Uchmanowicz et al., 2025). Kırılganlığın yaşlı bireylerin yaşam kalitesini azalttığını ve düşme ile kardiyovasküler hastalıkların görülme sıklığında artışa, ayrıca hastane yatışlarında yükselmeye neden olduğunu bildirmektedir(Ha & Park, 2020).Yaşlı hipertansiyonlu bireylerde kırılganlığın, bağımsızlık düzeyinin azalmasına ve buna bağlı olarak yaşam kalitesinin düşmesine neden olduğu bulunmuştur(Uchmanowicz et al., 2025).Multimorbidite bu

gerilemeyi daha da hızlandırmakta; kronik kalp hastalığı, diyabet, pulmoner ve kas-iskelet sistemi bozuklukları gibi durumlar kırılganlığın gelişimini belirgin biçimde artırarak klinik sonuçları olumsuz etkilemektedir(Lu et al., 2025).Kısacası, yaşlı bireylerde kırılganlık—özellikle kronik hastalıkların eşlik ettiği durumlarda—bağımsızlık kaybına ve iyilik halinin azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, geriatrik bakımda kırılganlık ve belirleyicilerini hedefleyen müdahalelerin önemini ortaya koymaktadır. Ön safhada bakım, eğitim ve koordinasyon sağlayan hemşireler; kırılganlığın erken saptanması, Kapsamlı Geriatrik Değerlendirme'nin uygulanması ve çok bileşenli kanıta dayalı müdahalelerin yürütülmesinde merkezi bir role sahiptir. Kırılganlığın erken teşhisi, hastalık seyrinin hafiflemesine ve yaşam kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır(Xu et al., 2024).

Bu noktada, yaşlı bireyin yalnızca hastalığını değil, bütüncül durumunu merkeze alan bakım yaklaşımları önem kazanmaktadır. Yaşlılarla en yakın temasta bulunan hemşireler, kırılganlık ve kronik hastalık yönetiminde temel bir role sahiptir. Hemşirelik bakımı; fiziksel, psikolojik, sosyal ve çevresel gereksinimlerin kapsamlı biçimde değerlendirilmesini ve buna uygun kanıta dayalı, kişiselleştirilmiş müdahalelerin planlanmasını gerektirir. Fiziksel aktivitenin teşviki, düşme önleme stratejileri, aile desteğinin güçlendirilmesi, telerehabilitasyon uygulamaları ve ileri bakım planlamasına hazırlığın artırılması gibi multidisipliner hemşirelik girişimleri; kırılgan yaşlılarda bağımsızlığın korunması ve yaşam kalitesinin yükseltilmesinde kritik öneme sahiptir(Han et al., 2019; Mack, 2025).

Bu derlemenin amacı, yaşlılıkta kırılganlık ve kronik hastalıklar arasındaki karmaşık ilişkiyi incelemek ve bu iki sorunla mücadelede hemşirelik bakımının rolünü ve etkinliğini vurgulamaktır. Çalışmada, kırılgan yaşlı bireylerde yaşam kalitesini artırmaya yönelik güncel, kanıta dayalı hemşirelik girişimleri ve yaklaşımları tartışılacak, böylece hem klinik uygulamaya hem de bu alandaki gelecek araştırmalara katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. Kırılganlık ve Kronik Hastalık Yönetimi için Temel Hemşirelik Müdahaleleri

Kapsamlı Geriatrik Değerlendirme (KGD)

Kapsamlı Geriatrik Değerlendirme (KGD), modern geriatrik bakımın temel taşlarından biri ve yaşlı yetişkinlerde kırılganlık ve kronik hastalıkların yönetimi için merkezi bir hemşirelik müdahalesidir. Yaşlı bir bireyin tıbbi, psikolojik ve işlevsel yeteneklerini belirleyerek, koordineli ve bütünleşik bir tedavi ve uzun vadeli takip planı geliştirmek üzere tasarlanmış çok boyutlu, disiplinler arası bir tanı sürecidir(Lyndon et al., 2023). KGD süreci yalnızca bir değerlendirme koleksiyonu değil, aynı zamanda yaşlı bir bireyin sağlığını ve refahını etkileyen çeşitli faktörlerin karmaşık etkileşimini ele alan bütüncül bir yaklaşımdır. Genellikle hemşireler, doktorlar, sosyal hizmet uzmanları ve terapistler de dahil olmak üzere kişiselleştirilmiş bir bakım planı oluşturmak için birlikte çalışan bir sağlık profesyonelleri ekibini içerir. KGD'deki hemşirelik rolü çok önemlidir, çünkü hemşireler genellikle değerlendirme sürecini koordine eder, kritik bilgileri toplar ve bakım planının etkili bir şekilde uygulanmasını sağlar. KGD 'n in amacı yaşlı yetişkinlerin genel sağlık ve işlevsel

durumlarını iyileştirmek, yaşam kalitelerini artırmak ve engellilik ve kurumsallaşmanın başlangıcını önlemek veya geciktirmektir.

Kapsamlı Geriatrik Değerlendirmenin (KGD) Yaşam Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Kapsamlı Geriatrik Değerlendirmenin (KGD) yaşlı bireylerin yaşam kalitesi üzerindeki etkisi çok sayıda çalışma ile desteklenmektedir. 28 randomize kontrollü çalışmayı içeren bir meta-analiz, KGD'nin olağan bakıma kıyasla yaşam kalitesini anlamlı düzeyde iyileştirdiğini göstermiştir .Bu etkinin özellikle **80 yaş üzerindeki bireylerde** ve **kısa süreli takiplerde (≤3 ay)** daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca KGD'nin, SF-36'nın birden fazla boyutunda iyileşme sağladığı belirtilmiştir.

Ayaktan izlem yapılan yedi RCT'nin sistematik incelemesinde de KGD'nin 3 ve 12 ayda yaşam kalitesini artırdığı gösterilmiştir; ancak çalışmalar arası heterojenlik nedeniyle kanıt kalitesi düşüktür. Diyabet ve hipertansiyonu olan yaşlılarda yürütülen bir başka araştırma ise KGD temelli hemşirelik müdahalelerinin fiziksel sağlık, fonksiyonellik ve ruh sağlığı gibi yaşam kalitesi alanlarında anlamlı iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur.

Bu bulgular, KGD'nin kronik hastalıkları ve kırılganlığı olan yaşlı yetişkinlerin yaşam kalitesini artırmak için etkili bir hemşirelik yaklaşımı olduğunu göstermektedir.

Toplum, birincil veya uzun süreli bakım ortamlarında hemşire liderliğindeki yaklaşımlar hem kırılganlık hem de kronik hastalık sonuçları üzerinde umut verici etkiler göstermiş ve bunun sonucunda hastaların yaşam kalitesinde artışlar sağlanmaktadır. Hemşirelerin yürüttüğü kapsamlı ve çok bileşenli müdahalelerin, kırılgan yaşlı yetişkinlerde fiziksel ve psikososyal sağlığı iyileştirebileceğini doğrulamaktadır. Kasa ve ark'larının sistematik incelemesi, yapılandırılmış hemşirelik programlarının (genellikle egzersiz, diyet eğitimi ve psikososyal destek dahil) toplumun yaşlı bireylerinde fiziksel fonksiyon, beslenme durumu ve yaşam kalitesi ölçümlerini önemli ölçüde iyileştirdiğini bulmuştur (Kasa et al., 2024).Hemşire liderliğindeki sağlık tanıtımı ve vaka yönetimi modellerinin, çoklu hastalıklı yaşlılarda algılanan bakım kalitesini ve hasta refahını artırdığı vurgulanmaktadır(Huang et al., 2025) .

Kırılgan ve kronik hasta olan yaşlılarda yaşam kalitesini artırdığı gösterilen temel hemşirelik müdahaleleri şunlardır:

1.Egzersiz ve Rehabilitasyon: Hemşire denetimli fiziksel aktivite programları güç, hareketlilik ve günlük işlevselliği iyileştirirmektedir (Tang et al., 2025). Yaşlı inme geçiren hastalarda yapılan randomize bir çalışmada , hemşire rehberliğinde 12 haftalık çok bileşenli egzersiz müdahalesi, kırılganlık puanlarını anlamlı şekilde azalttı ve SF-36 yaşam kalitesi puanlarını normal bakım karşılaştırmasına göre yükseltti(Luo et al., 2024). Benzer şekilde, yalnız yaşayan kırılgan yaşlılar için hemşire liderliğinde yapılan egzersiz programı (direnç, denge ve esneklik eğitimi), kontrolünde daha iyi fiziksel fonksiyon, azalmış depresyon ve daha yüksek sosyal destek sağlamıştır(Song & Boo, 2022). Bu işlevsel kazanımlar, daha iyi bağımsızlık ve kaliteli yaşam tarzına dönüştürmektedir.

2.Sağlık Eğitimi ve Öz Yönetim: Eğitim ve öz yönetim bileşenleri de kronik hastalık yönetimi için çok bileşenli müdahalelerin temel unsurlarıdır. Bu bileşenler, yaşlı yetişkinlerin kendi

sağlıklarını yönetmeleri ve bakımlarıyla ilgili bilinçli kararlar almaları için ihtiyaç duydukları bilgi ve becerileri kazandırmayı amaçlar. Kronik hastalıkların kendi kendine yönetimi üzerine yapılan bir çalışma, özellikle uzun süreli takipleri olan yaşlı yetişkinler için yaşam kalitesi, öz-etkinlik ve ruh sağlığı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur(Huang et al., 2024).Kendi kendine yönetim müdahalesinin hastanın özel ihtiyaçlarına göre bireyselleştirilmesinin önemini, ayrıca sürekli destek ve takibin değerini vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada ise kronik hastalıkların kendi kendine yönetiminin kırılganlık ve bilişsel bozukluk riskiyle negatif ilişkili olduğunu bulunmuş ve bu durumların gelişimine karşı koruyucu bir etkisi olabileceğini düşündürmüştür (Han et al., 2022).

Hemşirelerin teoriye dayalı koçluğu, hastaların kronik hastalıklarını ve zayıflıklarını yönetmelerini güçlendirmektedir. Tip 2 diyabet ve kırılganlığı olan yaşlı yetişkinler için sağlık davranışı modeline dayanarak yapılan 12 haftalık hemşirelik müdahalesi, öz yönetim davranışlarını, glisemik kontrolü ve önemli olarak yaşam kalitesini iyileştirmiştir(Wu & Liao, 2024). "N-POWER" programı egzersiz, beslenme ve bilişsel antrenman ile sağlık koçluğu kırılgan yaşlı kadınlarda el tutuş gücünü, hareketliliğini, ruh hali ve bilişsel durumu önemli ölçüde iyileştirerek genel sağlık artışını göstermiştir(Jeong & Chang, 2025). Kronik HIV'li bireyler için hemşire liderliğindeki kişisel bakım müdahalelerinin meta-analizi de önemli yaşam kalitesi iyileşmeleri ve depresyonun azaldığını bildirilmiştir (Huang et al., 2025). Genel olarak, hemşire tarafından verilen hastalık yönetimi (diyabet, kalp yüzünü, KOAH vb.) eğitimi, daha iyi yaşam kalitesini destekleyen yöntemler, semptom kontrolü ve hasta özgüveninin artmasına yol açmaktadır.

Bu bulgular, kronik hastalığı olan yaşlı yetişkinler için hemşirelik müdahalelerine eğitim ve öz yönetim bileşenlerinin dahil edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

3. Beslenme ve Psikolojik Destek

Beslenme desteği ve psikolojik danışmanlık, yaşlı yetişkinlerde kırılganlık ve kronik hastalıkların yönetiminde bütüncül bakımın kritik bileşenlerindendir. Bu popülasyonda yetersiz beslenme yaygın görülmekte ve kırılganlığın yanı sıra diğer olumsuz sağlık sonuçlarının ortaya çıkmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kırılgan yaşlı bireylere yönelik çok yönlü bir beslenme müdahalesini inceleyen çalışmalar, beslenme danışmanlığı, oral besin desteği ve egzersiz uygulamalarının bir arada kullanılmasının beslenme durumu ile yaşam kalitesini anlamlı şekilde iyileştirdiğini göstermektedir. Bununla birlikte psikolojik destek de benzer düzeyde önem taşımaktadır; çünkü kronik hastalığa sahip yaşlı yetişkinler depresyon, anksiyete ve diğer ruh sağlığı sorunlarına daha yüksek oranda yatkındırlar.Talasemili ergenlere yönelik psikososyal bir programı değerlendiren araştırma, bu tür müdahalelerin yaşam kalitesini artırmada ve kaygıyı azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuştur(Mardhiyah et al., 2023).

Yetersiz beslenme ve çoklu risk faktörlerini ele almak hemşireliğin temel sorumlulukları arasındadır. Egzersiz, beslenme danışmanlığı ve bilişsel destek gibi bileşenleri bir araya getiren hemşire liderliğindeki kapsamlı programlar, yaşam kalitesinde belirgin iyileşmeler sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada 12 haftalık hemşire müdahalesi, beslenme eğitimi, grup egzersizi ve kronik bakım danışmanlığının kırılganlık ve depresyonu azalttığını; beslenme

durumunu, işlevsel kapasiteyi ve genel yaşam kalitesini artırdığını göstermiştir (Kasa et al., 2024) .Benzer şekilde, diyet planlaması ve güç antrenmanını içeren kişi merkezli hemşirelik müdahaleleri el kavrama gücü, beslenme puanları ve ruh halinde anlamlı gelişmeler yaratmaktadır(Ha & Park, 2020). Çalışmalar hemşirelerin yetersiz beslenme için tarama ve diyet iyileştirmelerini, yönlendirdiklerinde hastaların enerji ve işlev kazandığını – yaşam kalitesinin önemli faktörlerini – göstermektedir. Kronik bakım çerçeveleri artık hemşire liderliğinde beslenme değerlendirmesini rutin olarak önerilmekte; sonuçları ve yaşam kalitesini artırmaktadır (Kasa et al., 2024; Ng et al., 2015).

4.Kişi Merkezli ve Entegre Bakım: Bütüncül hemşirelik modelleri, kırılganlığın fiziksel, psikolojik ve sosyal boyutları olan çok yönlü bir olgu olduğunu kabul eder. Bu nedenle, bireysel gereksinim ve hedeflere göre uyarlanmış müdahalelerin etkisi oldukça ömemlidir. Parkinson hastalarına yönelik Roy Adaptasyon Modeli (RAM) temelli bir hemşirelik programını değerlendiren randomize kontrollü çalışma, yaşam kalitesinde belirgin düzeyde artış bildirmiştir. Üç aylık yapılandırılmış hemşire rehberliği ve egzersiz müdahalesinin ardından, yaşam kalitesi ölçeğinin hareketlilik, duygusal iyilik hâli ve sosyal destek gibi tüm alt boyutlarında anlamlı iyileşmeler gözlenmiştir (Chen, 2025).Benzer biçimde, hedef belirleme ve kişiselleştirilmiş aktivite planlarını içeren kişi merkezli bir kırılganlık önleme programını değerlendiren bir çalışma; toplumda yaşayan yaşlı bireylerde fiziksel işlevin anlamlı düzeyde arttığını ve depresyon belirtilerinin azaldığını bildirmiştir. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, sistematik incelemeler hemşire liderliğinde yürütülen entegre bakım modellerinin—koordineli ev ziyaretleri ve multidisipliner ekip çalışması gibi bileşenleriyle—hasta tarafından bildirilen sonuçları tutarlı biçimde iyileştirdiğini göstermektedir (Ha & Park, 2020). Toplum temelli hemşirelik müdahalelerinin **kronik hastalığı olan yaşlı yetişkinler** arasında "yaşam kalitesini ve depresyonu iyileştirdiği saptanmıştır(Ibrahim & Zaghamir, 2025) . Bu bütüncül programlar – genellikle vaka yöneticileri veya ileri düzey hemşireleri içeren – bakımı her hastanın ihtiyaçlarına göre planlayarak; hastaların daha kaliteli ve tatmin edici olarak algıladığı sürekli bakım sağlamaktadır.

5.Bilişsel ve Psikososyal Destek: Hemşireler, yaşam kalitesini güçlü biçimde etkileyen bilişsel bozukluklar ve ruhsal durumla ilişkili sorunların yönetiminde de önemli bir role sahiptir. Mobil sağlık teknolojileri kullanılarak hemşireler tarafından uygulanan bilişsel-motor eğitim programlarının, bilişsel olarak kırılgan yaşlı bireylerde hafıza performansını, kırılganlık düzeyini ve düşme korkusunu anlamlı biçimde iyileştirdiği gösterilmiştir. Ayrıca, anksiyete ve depresyon düzeylerindeki düşüşlerin müdahalenin tamamlanmasından sonra bir yıla kadar korunduğu bildirilmektedir(Xue et al., 2025).Yapılandırılmış, hemşire liderliğinde yürütülen bilişsel eğitim ve danışmanlık programları, yaşlı bireylerin zihinsel olarak daha aktif kalmalarını ve duygusal açıdan desteklenmelerini sağlamaktadır. Yalnızlık ve depresyonun kırılganlıkla yakından ilişkili olması nedeniyle, bu tür psikososyal müdahaleler yaşam tatminini dolaylı yoldan artırıcı etki göstermektedir.Literatürde yer alan çeşitli çalışmalar, hemşire liderliğinde uygulanan programların ardından depresyon düzeylerinde anlamlı düşüşler bildirmiştir(Song & Boo, 2022; Xue et al., 2025).

Özetle, egzersiz programlarından beslenme danışmanlığına, öz-yönetim koçluğundan bütüncül bakım planlamasına kadar uzanan geniş yelpazedeki hemşirelik müdahalelerinin, kırılgan yaşlı

bireylerde fiziksel işlevi, ruh hâlini ve bağımsızlığı anlamlı biçimde iyileştirdiği çeşitli araştırmalar tarafından ortaya konmuştur (Kasa et al., 2024).

SONUÇ

Sonuç olarak, güncel literatür, hemşirelik yaklaşımlarının kronik hastalığı bulunan kırılgan yaşlı bireylerin yaşam kalitesini anlamlı düzeyde artırabildiğini açıkça ortaya koymaktadır. Egzersiz, beslenme, eğitim ve psikososyal desteği bir araya getiren çok bileşenli ve bireyselleştirilmiş hemşirelik programlarının, yaşam kalitesi ile klinik sonuçları tutarlı biçimde iyileştirdiği bildirilmektedir. Özellikle öz-bakımı güçlendiren (örneğin koçluk, hedef belirleme) ve bakım süreçlerini entegre biçimde yürüten müdahalelerin daha etkili olduğu görülmektedir. Uzun dönemli çalışmalara duyulan ihtiyaç sürmekle birlikte, mevcut kanıtlar hemşirelik liderliğindeki kırılganlık müdahalelerinin genişletilmesinin, kronik hastalığı olan yaşlı bireylerin daha iyi ve daha bağımsız bir yaşam sürmelerine önemli katkılar sağlayacağını güçlü biçimde desteklemektedir.

KAYNAKLAR

Chen, L. (2025). Effectiveness of the Roy adaptation model-based nursing intervention in improving physiological, psychological, and social outcomes in patients with Parkinson's disease. *BMC Neurol*, *25*(1), 219. https://doi.org/10.1186/s12883-025-04232-2

Görey, C. N., Kahraman, S., & Çelik, F. Yaşlılarda Kırılganlık Sendromu ve Beslenme. *Akdeniz Tıp Dergisi*, *11*(1), 149-156.

Ha, J., & Park, Y. H. (2020). Effects of a Person-Centered Nursing Intervention for Frailty among Prefrail Community-Dwelling Older Adults. *Int J Environ Res Public Health*, *17*(18). https://doi.org/10.3390/ijerph17186660

Han, E., Quek, R. Y. C., Tan, S. M., Singh, S. R., Shiraz, F., Gea-Sánchez, M., & Legido-Quigley, H. (2019). The role of community-based nursing interventions in improving outcomes for individuals with cardiovascular disease: A systematic review. *Int J Nurs Stud*, *100*, 103415. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.103415

Han, T. C., Lin, H. S., & Chen, C. M. (2022). Association between Chronic Disease Self-Management, Health Status, and Quality of Life in Older Taiwanese Adults with Chronic Illnesses. *Healthcare (Basel)*, *10*(4). https://doi.org/10.3390/healthcare10040609

Huang, H., Zhang, X., Tu, L., Zhang, L., & Chen, H. (2025). Effectiveness of nurse-led self-care interventions on quality of life, social support, depression and anxiety among people living with HIV: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Nurs Stud*, *161*, 104916. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2024.104916

Huang, Y., Li, S., Lu, X., Chen, W., & Zhang, Y. (2024). The Effect of Self-Management on Patients with Chronic Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel)*, *12*(21). https://doi.org/10.3390/healthcare12212151

Ibrahim, A., & Zaghamir, D. (2025). Community-Based Nursing Interventions for Older Adults with Chronic Diseases: A PRISMA-Guided Systematic Review of Effects on Quality of Life, Depression, and Patient Activation. *Salud, Ciencia y Tecnología*, *5*, 2317. https://doi.org/10.56294/saludcyt20252317

Jeong, H. N., & Chang, S. J. (2025). Effects of a nurse-led health coaching program to prevent frailty in prefrail older women: A randomized controlled trial. *Geriatr Nurs*, *65*, 103457. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2025.103457

Kallestrup-Lamb, M., Marin, A. O. K., Menon, S., & Søgaard, J. (2024). Aging populations and expenditures on health. *The Journal of the Economics of Ageing*, *29*, 100518. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeoa.2024.100518

Kasa, A. S., Traynor, V., & Drury, P. (2024). Measuring the effects of nurse-led frailty intervention on community-dwelling older people in Ethiopia: a quasi-experimental study. *BMC Geriatrics*, *24*(1), 384. https://doi.org/10.1186/s12877-024-04909-2

Kojima, G. (2015). Prevalence of Frailty in Nursing Homes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Med Dir Assoc*, *16*(11), 940-945. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.06.025

Lu, S.-H., Chan, H.-J., Lin, Y.-P., To, T.-L., Yeh, C.-J., Lee, M.-C., & Liao, W.-C. (2025). Chronic diseases and frailty transitions in community-dwelling older adults: evidence from a national longitudinal cohort study. *BMC Geriatrics*, *25*(1), 805. https://doi.org/10.1186/s12877-025-06485-5

Luo, Y., Hao, J., Zhu, L., Huang, Y., Liu, Z., Chen, Y., Qiu, Y., Su, Z., & Sun, R. (2024). Effects of multicomponent exercise nursing intervention in elderly stroke patients with frailty: a randomized controlled trial. *Front Med (Lausanne)*, *11*, 1450494. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1450494

Lyndon, H., Latour, J. M., Marsden, J., & Kent, B. (2023). A nurse-led comprehensive geriatric assessment intervention in primary care: A feasibility cluster randomized controlled trial. *J Adv Nurs*, *79*(9), 3473-3486. https://doi.org/10.1111/jan.15652

Mack, K. M. (2025). Frailty as a lens to produce optimal outcomes: Geriatric nursing's role in integration into systems of care. *Geriatric Nursing*, *63*, 674-676. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2025.04.001

Mardhiyah, A., Panduragan, S. L., Mediani, H. S., & Yosep, I. (2023). Nursing Interventions to Improve Quality of Life Among Children and Adolescents with Thalassemia: A Scoping Review. *J Multidiscip Healthc*, *16*, 1749-1762. https://doi.org/10.2147/jmdh.S415314

Ng, T. P., Feng, L., Nyunt, M. S., Feng, L., Niti, M., Tan, B. Y., Chan, G., Khoo, S. A., Chan, S. M., Yap, P., & Yap, K. B. (2015). Nutritional, Physical, Cognitive, and Combination Interventions and Frailty Reversal Among Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Am J Med*, *128*(11), 1225-1236.e1221. https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2015.06.017

Prameswari, P., Nugroho, Y., & Juliana, M. (2025). Analysis Study of Geriatric Syndrome and Frailty Prevalence in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The International Journal of Medical Science and Health Research*, *12*, 15-42. https://doi.org/10.70070/swz60349

Song, M. S., & Boo, S. (2022). Effects of a nurse-led multicomponent intervention for frail older adults living alone in a community: a quasi-experimental study. *BMC Nursing*, *21*(1), 20. https://doi.org/10.1186/s12912-021-00801-1

Tang, J. Y. M., Luo, H., Tse, M., Kwan, J., Leung, A. Y. M., Tsien Wong, T. B., Lum, T. Y. S., & Wong, G. H. Y. (2025). Frailty, Fitness, and Quality of Life Outcomes of a Healthy and Productive Aging Program (GrandMove) for Older Adults With Frailty or Prefrailty: Cluster Randomized Controlled Trial. *JMIR Aging*, *8*, e65636. https://doi.org/10.2196/65636

Uchmanowicz, B., Chudiak, A., Gobbens, R., Kubielas, G., Godek, P., Surma, S., Bednarska-Chabowska, D., Uchmanowicz, I., & Czapla, M. (2025). The relationship between

frailty syndrome and quality of life in patients with hypertension: a multidimensional analysis. *BMC Geriatrics*, *25*(1), 23. https://doi.org/10.1186/s12877-024-05669-9

Wu, P., & Liao, L. (2024). A Theory-Based Nursing Intervention to Improve Self-Management Behavior and Health Status in Older Adults With Type 2 Diabetes and Frailty. *Res Gerontol Nurs*, *17*(6), 293-306. https://doi.org/10.3928/19404921-20241106-01

Xu, Y., Ji, T., Li, X., Yang, Y., Zheng, L., Qiu, Y., Chen, L., & Li, G. (2024). The effectiveness of the comprehensive geriatric assessment for older adults with frailty in hospital settings: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud*, *159*, 104849. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2024.104849

Xue, J., Zhou, Y., Yan, Y., Mao, Q., Lin, F., Shen, L., Ye, Z., & Li, Z. (2025). Effects of nurse-led cognitive-motor dual-task training based on mobile health technology on the older adults with cognitive frailty: A quasi-experimental study. *Geriatr Nurs*, *61*, 544-553. https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.12.013

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

HEMŞİRELİĞİN YÜKSELEN DEĞERİ: ICN 2022-2024 TEMALARININ ANALİZİ

Uzman Hemşire,DİLEK MUSLU
Şahinbey Research and Training Hospital
muslu.dilek67@gmail.com-0000-0002-2875-3413

Doç.Dr. DİĞDEM LAFÇI BAKAR
Mersin University
didemlafci@hotmail.com-0000-0001-7199-416X

ÖZET

Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN), her yıl belirlediği tema ile hemşirelik mesleğinin küresel gündemini şekillendirmektedir. Bu çalışma, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ICN temalarını karşılaştırmalı olarak analiz ederek hemşirelik politikalarındaki evrimi incelemeyi amaçlamaktadır.

2022 yılı "Hemşireler: Öncü Bir Ses – Küresel Sağlığı Güvence Altına Almak İçin Hemşireliğe Yatırım Yapın ve Haklara Saygı Gösterin" teması, COVID-19 sonrası dönemde hemşireliğe yapılan yatırımın, hakların korunmasının ve liderliğin altını çizmiştir. 2023 yılı "Bizim Hemşirelerimiz, Bizim Geleceğimiz" teması ise, hemşirelerin sağlık sistemlerinin merkezine yerleştirilmesi ve geleceğin sağlık hizmetlerini şekillendirmeleri gerektiği vurgusuyla dikkat çekmiştir. 2024 yılı, "Hemşirelerimiz. Geleceğimiz: Bakımın Ekonomik Gücü" teması ile odağını hemşireliğin ekonomik değerine ve sürdürülebilir sağlık sistemlerine yaptığı finansal katkıya kaydırmıştır.

Sonuç olarak, ICN temalarının hemşireliğe yatırım ve haklar gibi ortak temalar etrafında şekillenmekle birlikte, odak noktasının liderlikten (2022), gelecek vizyonuna (2023) ve nihayetinde ekonomik değere (2024) doğru stratejik bir evrim geçirdiği görülmektedir. Bu temalar, hemşirelik mesleğinin sadece klinik bir alan değil, aynı zamanda küresel sağlığın sosyal ve ekonomik temeli olduğunu güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hemşirelik, ICN, Hemşirelik Temaları, Sağlık Politikası, Mesleki Gelişim, Hemşirelik Liderliği, Küresel Sağlık, Mesleki Değer

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE RISING VALUE OF NURSING: AN ANALYSIS OF ICN THEMES FROM 2022 TO 2024

ABSTRACT

The International Council of Nurses (ICN) shapes the global nursing agenda through the theme it designates each year. This study aims to comparatively analyze the ICN themes for 2022, 2023, and 2024 and to examine the evolution of priorities in international nursing policy.

The 2022 theme, *"Nurses: A Voice to Lead – Invest in Nursing and Respect Rights to Secure Global Health,"* highlighted the need for investment, protection of rights, and leadership within the profession in the post–COVID-19 era. The 2023 theme, *"Our Nurses. Our Future,"* emphasized positioning nurses at the center of health systems and their essential role in shaping future health care delivery. In 2024, the theme shifted toward the economic dimension of care, *"Our Nurses. Our Future: The Economic Power of Care,"* drawing attention to the financial value of nursing and its contribution to sustainable health systems.

In summary, while the ICN themes continue to address common priorities such as investment in nursing and protection of rights, their strategic focus demonstrates a clear progression—from leadership (2022), to future vision (2023), and ultimately to economic valuation (2024). Collectively, these themes underline that nursing is not only a clinical practice discipline, but also a social and economic cornerstone of global health.

Keywords: Nursing, ICN, Nursing Themes, Health Policy, Professional Development, Nursing Leadership, Global Health, Professional Value

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1.Giriş.

Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN), hemşirelik mesleğini şekillendirmede ve dünya çapında sağlık politikalarını etkilemede önemli bir rol oynayan küresel olarak tanınan bir kuruluştur. ICN her yıl, hemşirelik alanındaki acil sorunları vurgulayan ve küresel sağlık tartışmaları için bir odak noktası belirleyen bir tema belirlemektedir. ICN, son üç yıldır liderlik, dayanıklılık ve hemşireliğin sağlıklı topluluklar yaratmadaki temel rolünü ele alan temalar seçmiştir. Bu yazıda, 2022'den 2024'e kadar olan temaları ve hemşirelik mesleği üzerindeki önemlerini ve etkilerini incelenmektedir.

Uluslararası Hemşireler Günü (International Nurses Day), her yıl 12 Mayıs'ta, modern hemşireliğin kurucusu Florence Nightingale'in doğum günü anısına kutlanmaktadır. Bu gün, hemşirelerin küresel sağlık sistemindeki hayati rolünü vurgularken, mesleğin karşılaştığı zorluklara dikkat çekmek ve hemşirelik hizmetlerinin toplumsal değerini pekiştirmek için bir fırsat sunmaktadır(1).Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN) tarafından organize edilen bu etkinlik, "Hemşireler: Sesimiz, Geleceğimiz" gibi temalarla hemşireliğin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkısını öne çıkarmaktadır (2).

Hemşirelik, sağlık hizmetlerinin omurgasını oluşturan multidisipliner bir meslektir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2030 yılına kadar küresel çapta 9 milyon hemşire açığı olacağını öngörmekte ve bu durumun sağlık sistemlerinin sürdürülebilirliği için kritik bir tehdit oluşturduğunu belirtmektedir(2) . Hemşireler, yalnızca hasta bakımı sağlamakla kalmaz; aynı zamanda kronik hastalık yönetimi, salgın kontrolü ve toplum sağlığı eğitiminde de merkezi bir rol üstlenmektedirler. Örneğin, COVID-19 pandemisinde hemşirelerin %72'si fiziksel ve duygusal tükenmişlik yaşadığını bildirmiş, ancak buna rağmen sağlık sisteminin çökmesini engellemede kilit bir aktör olmuşlardır (3).

Uluslararası Hemşireler Günü'nün önemi, yalnızca sembolik bir kutlamadan ibaret değildir. Bugün, hemşirelerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi, ücret adaletsizliklerinin giderilmesi ve mesleki özerkliklerinin güvence altına alınması için küresel çaplı savunuculuk faaliyetlerine zemin hazırlamaktadır. Araştırmalar, hemşirelik mesleğine yönelik toplumsal tanınırlık ve kurumsal desteğin, hemşire bağlılığını %40 oranında artırdığını ve hasta sonuçlarını iyileştirdiğini göstermektedir (4).Ayrıca, Türkiye'de hemşirelik eğitiminin standartlaştırılması ve klinik yetkinliklerin güçlendirilmesi, Sağlık Bakanlığı'nın 2025 Stratejik Planı'nda öncelikli hedefler arasında yer almaktadır(5) .

Florence Nightingale'in "Hemşireliğin Notları" adlı eserinde belirttiği gibi, "Hemşirelik, hastanın iyileşmesi için en uygun çevreyi sağlama sanatıdır" (6). Bu felsefe, modern hemşireliğin hasta merkezli bakım anlayışının temelini oluşturmaktadır. Ancak, dijital sağlık teknolojilerinin yükselişi ve hasta beklentilerindeki dönüşüm, hemşirelerin sürekli mesleki gelişimini zorunlu kılmaktadır. Örneğin, Z Kuşağı hemşireler, hasta veri yönetiminde yapay zeka entegrasyonu ve tele-sağlık uygulamalarına daha yatkınken, deneyimli hemşireler klinik karar verme süreçlerindeki insani becerileri öne çıkarmaktadır (4).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Sonuç olarak, Uluslararası Hemşireler Günü, hemşireliğin geçmiş başarılarını kutlamanın ötesinde, geleceğe yönelik politikaların şekillendirilmesi için bir katalizör görevi görmektedir. Hemşirelerin sesinin duyulması, sağlık sistemlerinin dirençliliği ve toplum refahı için vazgeçilmezdir.

2. Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN) ve Görevleri

Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN), 1899 yılında Ethel Gordon Fenwick tarafından hemşirelik standartlarını yükseltmek amacıyla kurulan ve 130'u aşkın ülkede 20 milyondan fazla hemşireyi temsil eden küresel bir organizasyondur. Konsey, hemşirelik mesleğinin gelişimi, sağlık politikalarına etki etme, eğitim standartlarının belirlenmesi ve küresel sağlık sorunlarına çözüm üretme gibi temel görevler üstlenmektedir. ICN'nin misyonu, hemşireliği dünya çapında temsil etmek, hemşirelik mesleğini ilerletmek, hemşirelerin refahını teşvik etmek ve tüm politikalarda sağlığı savunmaktır. Vizyonu, küresel toplumun, herkes için sağlığa öncülük etmek ve sunmak için hemşireleri ve hemşireliği tanıması, desteklemesi ve yatırım yapmasıdır(7). ICN'nin 2019-2023 Stratejik Planı, çalışmalarımızın sunulduğu dört hedefe sahiptir:

1. Küresel Etki

2. Üyeliğin Güçlendirilmesi

3. Stratejik Liderlik

4. Yenilikçi Büyüme

1899 yılında kurulan Uluslararası Hemşireler Konseyi, ulusal hemşire derneklerinin bağımsız, tarafsız bir sivil toplum federasyonudur. ICN'nin amacı hemşireleri dünya çapında temsil etmek ve uluslararası alanda hemşireliğin sesi olmaktır. ICN'nin başlıca görevleri ve faaliyet alanları:

2.1. Hemşirelik Uygulamalarında Standardizasyon ve Sınıflandırma

ICN, hemşirelik tanıları, girişimleri ve sonuçlarını kapsayan **Uluslararası Hemşirelik Uygulamaları Sınıflandırması (ICNP)** gibi araçlar geliştirerek küresel ölçekte uygulama birliği sağlamayı hedeflemektedir. Bu sınıflandırma, hemşirelik bakımının kalitesini artırmak ve veri tabanları oluşturmak için kullanılmaktadır. Ayrıca, ileri uygulamalı hemşirelik (APN) gibi alanlarda rehber ilkeler belirleyerek mesleki yetkinliği desteklemektedir (8).

2.2. Küresel Hemşirelik Liderliğinin Geliştirilmesi

ICN, **Küresel Hemşirelik Liderlik Enstitüsü (GNLI)** programı aracılığıyla kıdemli hemşirelere liderlik eğitimi sunmaktadır. Bu program, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile iş birliği içinde bölgesel projeler geliştirmeyi ve politikaları şekillendirmeyi amaçlamaktadır. Örneğin, 2025 GNLI programı, katılımcıların WHO öncelikleri doğrultusunda projeler

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

üretmesini teşvik etmektedir (9) . Ayrıca, **ICN Kongreleri** (örneğin 2025 Helsinki Kongresi) ile hemşireler arasında bilgi paylaşımı ve ağ oluşturma imkanı sağlamaktadır (10).

2.3. Sağlık Politikalarına ve Eğitime Yön Verme

ICN, hemşirelik eğitiminin dinamik ve nitelikli olması için uluslararası kuruluşlarla ortak çalışmalar yürütmektedir. Örneğin, Türk Hemşireler Derneği gibi ulusal derneklerle iş birliği yaparak pandemi süreçlerinde hemşirelerin rolünü güçlendirmiştir (11)Ayrıca, **sürdürülebilir sağlık politikaları** ve evrensel sağlık kapsayıcılığı gibi konularda savunuculuk faaliyetleri yürütmektedir (12)

2.4. Araştırma ve Yayınlar

ICN, hemşirelik araştırmalarını desteklemek için kılavuzlar, raporlar ve akademik yayınlar üretmektedir. 2023-2024 döneminde "sağlık işgücü", "liderlik" ve "sosyoekonomik refah" gibi temalarda yayınlar hazırlamıştır (9). Bu yayınlar, hemşirelerin mesleki gelişimine katkı sağlamanın yanı sıra politika yapıcılar için veri kaynağı olarak kullanılmaktadır.

2.5. Kriz ve Acil Durumlarda Destek

COVID-19 pandemisinde olduğu gibi, ICN üye dernekler aracılığıyla hemşirelerin güvenliğini ve toplum sağlığını korumaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Türk Hemşireler Derneği, pandemi sürecinde hem ulusal hem uluslararası düzeyde rehberlik faaliyetleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca, yoğun bakım hemşirelerinin ağrı yönetimi gibi kritik konularda eğitim materyalleri sunmaktadır (12).

2.6. Kadın Hakları ve Sosyal Adalet

Kuruluş kökenleri itibarıyla kadın hakları ve sosyal ilerleme ile kesişen ICN, hemşirelerin toplumsal cinsiyet eşitliği ve sosyal adalet mücadelesinde aktif rol almasını teşvik etmektedir. Düşük gelirli ülkelerdeki hemşirelere burs imkanları sunarak liderlik fırsatlarını artırmayı amaçlamaktadır (13).

ICN, hemşireliği küresel sağlık sisteminin merkezine yerleştiren politikalarıyla, mesleğin standartlarını yükseltmekte ve hemşirelerin liderlik kapasitesini güçlendirmektedir. 2025 yılında düzenlenecek kongre ve GNLI programı gibi güncel projeler, bu hedefleri desteklemeye devam etmektedir (13). Ancak, Türkiye gibi ülkelerde hemşirelik derneklerine üyelik oranlarının düşük olması, ICN'nin yerel etkisini sınırlandıran bir faktör olarak öne çıkmaktadır(11).

3. 2022 Yılı ICN Teması ve Önemi

2022 Yılı Uluslararası Hemşireler Konseyi (ICN) Teması ve Değişim Şartlarının Analizi
2022 yılında ICN, "**Hemşireler: Öncü Bir Ses – Küresel Sağlığı Güvence Altına Almak İçin Hemşireliğe Yatırım Yapın ve Haklara Saygı Gösterin**" temasını benimsemiştir. Bu tema,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

hemşireliğin küresel sağlık sistemlerindeki kritik rolünü vurgularken, COVID-19 pandemisinin ortaya çıkardığı yapısal sorunlara dikkat çekmeyi amaçlamıştır (14, 15). Aynı yıl, ICN tarafından yayınlanan **Değişim Şartları**, hemşirelik mesleğinin geleceğini şekillendirmeye yönelik stratejik adımları içermektedir (12) .

- **2022 ICN Temasının Önemi**

2022 teması, üç temel bileşen üzerine kuruludur:

- **Hemşireliğe Yatırım:** Pandemi, sağlık sistemlerindeki kronik yatırım eksikliğini ve hemşirelik işgücünün yetersizliğini açığa çıkarmıştır. ICN, hemşirelik eğitiminin standardizasyonu, ileri uygulamalı hemşirelik (APN) programlarının yaygınlaştırılması ve liderlik eğitimlerinin (GNLI™ gibi) desteklenmesini savunmuştur (16)
- **Hakların Korunması:** Hemşirelerin pandemi sırasında maruz kaldığı şiddet, aşırı iş yükü ve düşük ücretler, temel hakların korunması gerekliliğini vurgulamıştır. ICN, güvenli çalışma ortamları ve adil ücret politikalarının küresel ölçekte benimsenmesini talep etmiştir (16, 17).
- **Sağlık Sistemlerinin Dirençliliği:** Hemşirelerin multidisipliner ekiplerde liderlik rolü üstlenmesi ve dijital sağlık teknolojilerinin entegrasyonu, sağlık sistemlerinin sürdürülebilirliği için kritik görülmüştür (16, 17).

- **Değişim Şartları ile İlişkisi**

ICN'in 2023 temasına temel oluşturan **Değişim Şartları**, 2022 temasının hedeflerini somut adımlarla destekler:

- **Ekonomik ve Sosyal Haklar:** Hemşirelerin adil ücret alması, iş yerinde şiddetten korunması ve sağlıklı çalışma koşullarının sağlanması (17)
- **Eğitim ve Liderlik:** Kaliteli akredite eğitim programlarına yatırım ve hemşirelerin karar alma süreçlerine aktif katılımı(17)
- **Etik ve İnsan Hakları:** Toplumsal cinsiyet eşitliği, sosyal adalet ve insan merkezli bakımın sağlık sistemlerinin merkezine yerleştirilmesi (17)

- **Küresel Sağlık Politikalarına Etkisi**

- **WHO ile Uyum:** 2022 teması, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) *2021-2025 Küresel Hemşirelik ve Ebelik Stratejisi* ile uyumludur. Bu strateji, hemşirelik işgücünün güçlendirilmesini ve sağlık sistemlerinin dönüşümünü hedeflemektedir (17)
- **Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH):** Hemşireliğe yapılan yatırımlar, SKH'nin 3. hedefi olan "Sağlıklı Bireyler" ve 8. hedefi olan "İnsana Yakışır İş" ile doğrudan bağlantılıdır (17).

- **Akademik ve Pratik Çıkarımlar**

- **Liderlik Programları:** ICN'in *Leadership for Change™ (LFC)* ve *Global Nursing Leadership Institute (GNLI)™* gibi programları, hemşirelerin politik ve klinik liderlik becerilerini geliştirir (18).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- **Teknoloji Entegrasyonu:** Dijital simülasyonlar ve e-Sağlık uygulamaları, hemşirelik eğitiminde beceri gelişimini desteklemektedir (17).
- **Vaka Çalışmaları:** ICN tarafından derlenen vaka çalışmaları, hemşirelerin pandemi sırasındaki yenilikçi uygulamalarını belgelemiş ve küresel sağlık politikalarına kanıt sağlamıştır.

➢ **Eleştirel Değerlendirme ve Öneriler**

Eksiklikler: 2022 teması, hemşirelerin psikolojik destek ihtiyaçlarına yeterince odaklanmamıştır. Ayrıca, düşük gelirli ülkelerdeki kaynak eksikliği sürdürülebilir çözümler gerektirmektedir.

Öneriler:

Hemşirelik eğitimine ayrılan bütçelerin artırılması (17)
Hemşire liderlerin sağlık politikalarında daha fazla temsil edilmesi (17)
Şiddete karşı yasal koruma mekanizmalarının güçlendirilmesi (17)

4. 2023 Yılı ICN Teması ve Önemi

2023 ICN Teması: "Bizim Hemşirelerimiz, Bizim Geleceğimiz"

2023 yılında ICN tarafından belirlenen tema, hemşirelerin küresel sağlık sistemlerindeki dönüştürücü rolünü vurgulayarak, pandemi sonrası dönemde hemşireliğin geleceğini şekillendirmeyi hedeflemiştir. Tema, hemşirelerin "görünmez" bir kaynak olmaktan çıkarılarak, sağlık politikalarının merkezine yerleştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır (19). ICN Başkanı Dr. Pamela Cipriano, bu temanın altında yatan amacı şu şekilde açıklamıştır:

"Hemşirelerin korunması, saygı görmesi ve değerinin anlaşılması, sürdürülebilir sağlık sistemleri için kritik öneme sahiptir. Bu tema, hemşirelerin karar alma süreçlerinde aktif rol almasını ve küresel sağlık hedeflerine ulaşmada liderlik etmesini teşvik ediyor".

Değişim Şartları ve Temel Bileşenleri

ICN'in 2023 temasını destekleyen **Değişim Şartları**, hemşirelik mesleğinin güçlendirilmesi ve sağlık sistemlerinin dönüşümü için 10 stratejik adım içermektedir. Bu adımlar şunlardır:

➢ **Hemşireliğe Yatırım ve Mesleğin Korunması**

- Küresel Sağlık Hedefleri**:** Hemşirelik mesleğine yapılan yatırımların, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ve Evrensel Sağlık Kapsamı (UHC) ile uyumlu olması gerektiği belirtilmiştir. Sağlık hizmetlerinin bir "maliyet" değil, "yatırım" olarak görülmesi vurgulanmıştır (20).

- Eğitim Programları: Nitelikli hemşire eğitimi, mortaliteyi azaltmada kritik rol oynar(21).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- Lisans ve lisansüstü eğitim, hemşirelerin kariyer gelişimini artırmaktadır(1).Akredite hemşirelik eğitim programlarına yatırım yapılması ve müfredatların toplumun değişen sağlık ihtiyaçlarına uyarlanması önerilmiştir (20).

➢ **Güvenli Çalışma Koşulları ve Hakların Korunması**

- Şiddet ve İş Yükü**:** Hemşirelerin %50'sinin düşük-orta gelirli ülkelerde adil ücret alamadığı ve iş yerinde şiddete maruz kaldığı belirtilerek, uluslararası çalışma standartlarının uygulanması talep edilmiştir(20) .
- Psikolojik Destek: Pandemi sırasında artan tükenmişlik sendromu ve psikolojik baskılar, hemşirelerin zihinsel sağlığının korunmasını zorunlu kılmıştır (22) .

➢ **İş Gücü Planlaması ve Göç Politikaları**

- Ulusal Planlar: Hemşirelik iş gücü planlamasının, kendi kendine yeterlilik hedefiyle ulusal düzeyde yapılandırılması önerilmiştir. Uluslararası göçün etik ve şeffaf olması gerektiği vurgulanmıştır (20).
- İstihdam Stratejileri: Hemşirelerin işe alım ve elde tutulması için adil ücret politikaları ve kariyer gelişim fırsatları sunulması gerekliliği belirtilmiştir (20).

➢ **Liderlik ve Karar Alma Süreçlerine Katılım**

- Hemşire Liderler: Sağlık kuruluşlarının yönetim kademelerinde ve hükümet politikalarında hemşire liderlerin görev alması önerilmiştir. Bu durum, hemşirelerin klinik deneyimlerinin politikalara yansıtılmasını sağlayacaktır (23)
- Ulusal Derneklerin Rolü: Ulusal hemşirelik derneklerinin, sağlık politikalarının oluşturulmasında aktif katılımının sağlanması gerektiği vurgulanmıştır(23) .

➢ **Toplumsal Adalet ve İnsan Hakları**

- Eşitlik ve Sosyal Adalet: Savunmasız grupların korunması, toplumsal cinsiyet eşitliği ve insan merkezli bakımın sağlık sistemlerinin temeline yerleştirilmesi talep edilmiştir.

Temanın Küresel Sağlık Politikalarına Etkisi

- **WHO ile Entegrasyon:** 2023 teması, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) *2021-2025 Küresel Hemşirelik ve Ebelik Stratejisi* ile uyumludur. Bu strateji, hemşirelik iş gücünün güçlendirilmesi ve sağlık sistemlerinin dirençliliğinin artırılmasını hedeflemektedir (19).
- **Ekonomik Etki:** Hemşireliğe yapılan yatırımların, sağlık harcamalarını azaltarak ekonomik büyümeyi desteklediği kanıtlanmıştır. Kanada'da hemşirelik iş gücü krizinin GSYİH'ye yıllık maliyeti 21 milyar CAD olarak hesaplanmıştır (24).

5. 2024 Yılı ICN Teması ve Önemi

ICN'in 2024 teması, **"Hemşirelerimiz. Geleceğimiz: Bakımın Ekonomik Gücü"** olarak belirlenmiştir. Bu tema, hemşireliğin ekonomik ve sosyal sistemlerdeki kritik rolünü

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

vurgularken, sürdürülebilir bir sağlık geleceği için 10 temel politika eylemini içeren **"Değişim Şartları"** ile desteklenmektedir (24).

2023 temasından farklı olarak, bu yılki odak noktası, hemşireliğin "görünmez" bir meslek olmaktan çıkarılıp ekonomik bir yatırım aracı olarak tanınması ve sağlık sistemlerinin dönüşümünde merkezi bir role sahip olmasıdır.

1. Temel Politika Eylemleri ve 2024'ün Öne Çıkan Farklılıkları

ICN'in "Değişim Şartları", hemşireliğin ekonomik ve sosyal etkisini güçlendirmek için 10 stratejik adım sunar. 2024 teması, bu adımları **"bakımın ekonomik gücü"** perspektifiyle yeniden yorumlamaktadır (24).

a) Hemşireliğe Yatırım: Maliyet Değil, Ekonomik Getiri

- 2020'de 5,9 milyon hemşire açığı bulunmaktadır. Pandemi nedeniyle bu sayı 13 milyona çıkabilir.
- Hemşirelik mesleğindeki eksiklikler, hasta bakımını olumsuz etkilemektedir (24).
- İyi çalışma koşulları ve adil ücretler hemşirelerin meslekte kalmasını sağlamaktadır.

- **Ekonomik Vurgu:** Hemşireliğe yapılan yatırımların, sağlıklı toplumlar ve ekonomik büyüme için temel olduğu vurgulanmaktadır. COVID-19 sonrası dönemde hemşirelik hizmetlerinin kesintiye uğramasının ekonomik kayıplara yol açtığı belirtilmektedir.
- **SKH ve Evrensel Sağlık Kapsamı:** Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ve Evrensel Sağlık Sigortası (UHC) hedeflerine ulaşmak için hemşirelik mesleğinin korunması ve eğitim programlarına yatırım yapılması önerilmektedir (25).

b) Çalışma Koşulları ve Haklar

- **Güvenli Ortamlar:** Hemşirelerin fiziksel ve ruhsal sağlığını korumak için işyeri şiddeti önleme, personel sayılarının artırılması ve uluslararası çalışma standartlarının uygulanması talep edilmektedir (25).
- **Adil Ücret ve Tanınma:** Hemşirelerin "tükenmişlik sendromu" ve düşük ücretler nedeniyle mesleği bırakmasını engellemek için adil ücret politikaları ve kariyer gelişim fırsatları öne çıkarılmaktadır (25).

c) Eğitim ve İşgücü Planlaması

- **Akredite Eğitim Programları:** Hemşirelik müfredatının, toplumun değişen sağlık ihtiyaçlarına (iklim krizi, yaşlanan nüfus vb.) uyum sağlayacak şekilde güncellenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (25).
- **Etik Göç Politikaları:** Hemşire göçünün, kaynak ülkelerdeki işgücü açığını derinleştirmemesi için "etik ve şeffaf" kurallara bağlanması önerilmektedir.

d) Liderlik ve Karar Alma Süreçleri

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- **Hemşire Liderler:** Sağlık kuruluşlarının yönetim kademelerine ve hükümet politikalarına hemşirelerin dahil edilmesi talep edilmektedir. Bu, hemşirelerin karar alma süreçlerindeki "görünmezliğini" kırmayı amaçlamaktadır (25)
- Hemşireler tüm seviyelerde liderlik pozisyonlarına getirilmelidir.
- Lider hemşirelerin karar alma sürecine katılması, hasta bakım kalitesini artırmaktadır.
- Kadınlar küresel sağlık iş gücünün %70'ini oluştururken liderlik rollerinin sadece %25'inde yer almaktadır.
- **Ulusal Derneklerin Rolü:** Türk Hemşireler Derneği gibi kuruluşların, sağlık politikalarında aktif ortak olarak kabul edilmesi hedeflenmektedir.

2. 2024 Temasının 2023'ten Farkları

- **Ekonomik Odak:** 2023'te hemşireliğin "toplumsal değeri" ön plandayken, 2024'te **sağlık sistemlerinin finansal sürdürülebilirliği** ve hemşireliğin GSYİH'ye katkısı vurgulanmaktadır.
- **Küresel İşbirliği:** Asya İşgücü Forumu (2024) gibi etkinliklerde, hemşire göçü ve etik istihdam gibi konuların tartışılması, 2024'ün küresel eylem planlarını somutlaştırması açısından öne çıkmaktadır.
- **Politik Somutluk:** 2024 teması, "Değişim Şartlarını 10 adımlık bir yol haritasına dönüştürerek hükümetlere ölçülebilir hedefler sunmaktadır.

ICN'in 2024 teması, hemşireliği "bakım ekonomisi'nin merkezine yerleştirerek politika yapıcıları harekete geçmeye zorlamaktadır. Ayrıca, **Hemşireler Günü 2024 Raporu**, hemşireliğin ekonomik getirilerini kanıtlayarak hükümetlerin bütçe ayırmasını teşvik etmektedir (25).

Önerilen Adımlar:

1. Hemşirelik eğitimine bütçe ayrılması ve akreditasyon standartlarının yükseltilmesi
2. Göç politikalarında "karşılıklı fayda" ilkesinin benimsenmesi (25).
3. Hemşirelerin karar alma mekanizmalarına entegre edilmesi (25).

Bu tema, hemşireliği "görünmez" bir meslek olmaktan çıkarıp küresel sağlık sistemlerinin omurgası haline getirmeyi hedefllemektedir.

7. 2022, 2023, 2024 Yıllarının Temalarının Karşılaştırılması

Geçtiğimiz üç yıl boyunca, ICN'nin temaları hemşirelik mesleğindeki kritik sorunları ele almak için giderek birbirinin üzerine inşa edilmiştir. 2022 teması, yatırım ve hemşirelerin haklarına saygı ihtiyacını vurgulayarak temelleri atmış. 2023'te odak, evrensel sağlık kapsamına ulaşmaya ve sağlık krizleri sırasında hemşirelerin vazgeçilmez rolünü tanımaya kapsamıştır. 2024 teması, hemşireleri desteklemek için inovasyonun ve sürdürülebilir politikaların önemini vurgulayarak geleceğe odaklanmıştır.

Ortak Noktalar:

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- Hemşirelik mesleğinin savunulması.

- Hemşirelerin sağlık hizmetlerindeki kritik rolüne vurgu.

- Hemşirelikte politika değişikliklerine ve yatırıma odaklanma.

Farklılıklar:

- 2022: Liderlik ve yatırıma odaklandı.

- 2023: Evrensel sağlık ve kriz müdahalesine vurgu yapıldı.

- 2024: Yenilikçiliğe ve gelecekteki sürdürülebilirliğe vurgu yapıldı.

Son üç yılın ICN temaları incelendiğinde, hemşirelik mesleğinin farklı boyutlarına odaklanıldığı görülmektedir:

- **2022**: Hemşirelerin sağlık hizmetlerindeki genel katkıları ve fark yaratma potansiyelleri.
- **2023**: Hemşirelerin gelecekteki sağlık sistemlerindeki rolü ve mesleki gelişimlerinin önemi.
- **2024**: Hemşirelik bakımının ekonomik değeri ve sağlık hizmetlerine olan ekonomik katkısı.

Bu temalar, hemşirelik mesleğinin sadece sağlık hizmetleri sunumunda değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlarda da ne denli kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

8. Sonuçlar ve Öneriler

ICN'nin belirlediği yıllık temalar, hemşirelik mesleğinin gelişimi için yol gösterici niteliktedir. Türkiye'de hemşirelik eğitimi ve uygulamalarının bu temalar doğrultusunda güncellenmesi, mesleğin uluslararası standartlara uygunluğunu artırmaktadır. Ayrıca, hemşirelerin mesleki gelişimlerinin desteklenmesi, sağlık sistemine olan katkılarını artırmakta ve toplum sağlığının iyileştirilmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

- Ulusal hemşirelik standartları ve düzenlemeler “Hemşirelerimiz. Geleceğimiz." hemşirelerin küresel sağlıktaki vazgeçilmez rolünün güçlü bir hatırlatıcısı olarak hizmet etmektedir. Hemşireliğe yatırım yaparak, hemşirelerin haklarını destekleyerek ve sağlık sistemlerini güçlendirerek herkes için daha sağlıklı bir gelecek sağlayabiliriz. ICN'nin geleceğe yönelik vizyonu açıktır: hemşireler güçlendirilmeli, saygı görmeli ve sağlık sektöründe liderlik etmek ve yenilik yapmak için gerekli araçlarla donatılmalıdır.

Kaynaklar

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *The future of nursing 2020–2030: Charting a path to achieve health equity* (J. L. Flaubert, S. Le Menestrel, D. R. Williams & M. K. Wakefield, Eds.). National Academies Press.

2. International Council of Nurses. (2022, May 12). *"The greatest threat to global health is the workforce shortage": International Nurses Day demands action on investment in nursing, protection and safety of nurses*. https://www.icn.ch/news/greatest-threat-global-health-workforce-shortage
Erişim tarihi: 02.12.2025

3. World Health Organization. (2020). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924
Erişim tarihi: 02.12.2025

4. de Cordova, P. B., Johansen, M. L., Grafova, I. B., Crincoli, S., Prado, J., & Pogorzelska-Maziarz, M. (2022). Burnout and intent to leave during COVID-19: A cross-sectional study of New Jersey hospital nurses. *Journal of Nursing Management, 30*(6), 1913–1921.

5. Stevanin, S., Voutilainen, A., Bressan, V., Vehviläinen-Julkunen, K., Rosolen, V., & Kvist, T. (2020). Nurses' generational differences related to workplace and leadership in two European countries. *Western Journal of Nursing Research, 42*(1), 14–23.

6. T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *2025 Sağlık Stratejik Planı*. https://www.saglik.gov.tr/TR-98515/saglik-stratejik-plani.html
Erişim tarihi: 02.12.2025

7. Davies, R. (2012). "Notes on nursing: What it is and what it is not" (1860): By Florence Nightingale. *Nurse Education Today, 32*(6), 624–626.

8. Rosa, W. E., Burnett, C., Butler, C., Rolle, P., Salvage, J., & Wignall, A. (2021). The ICN Global Nursing Leadership Institute: Integrating the SDGs into leadership and policy development. *American Journal of Nursing, 121*(12), 54–58.

9. Hassmiller, S., & Pulcini, J. (2020). *Advanced practice nursing leadership: A global perspective*. Springer.

10. International Council of Nurses. (2024). *Global Nursing Leadership Institute™ (GNLI) 2025*. https://www.icn.ch/events/global-nursing-leadership-institutetm-gnli-2025
Erişim tarihi: 02.12.2025

11. International Council of Nurses. (2025). *ICN Congress 2025 Helsinki*. https://www.icn.ch/events/icn-congress-2025
Erişim tarihi: 02.12.2025

12. Çelik, S. Ş., Koç, G., Özbaş, A. A., Bulut, H., Karahan, A., & Aydın, F. Ç. (2021). Uluslararası hemşireler yılında COVID-19 pandemisi: Türk Hemşireler Derneği çalışmaları. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 6*(1), 23–27.

13. International Council of Nurses. (2024). *International Council of Nurses*. https://www.icn.ch/
Erişim tarihi: 02.12.2025

14. Stewart, D., Kennedy, A., Schober, M., & Duignan, M. (2020). Leadership in advanced practice nursing. In S. Hassmiller & J. Pulcini (Eds.), *Advanced practice nursing leadership: A global perspective* (ss. 15-30). Springer.

15. Fletcher, K. A., Reddin, K., & Tait, D. (2022). The history of disaster nursing: From Nightingale to nursing in the 21st century. *Journal of Research in Nursing, 27*(3), 257–272.

16. International Council of Nurses. (2021). *Investing in nursing and respecting nurses' rights: Key themes for International Nurses Day 2022*. https://www.icn.ch/resources/publications-and-reports/investing-nursing-and-respecting-nurses-rights-key-themes-international
Erişim tarihi: 02.12.2025

17. Bryant-Lukosius, D., Valaitis, R., Martin-Misener, R., Donald, F., Peña, L. M., & Brousseau, L. (2017). Advanced practice nursing: A strategy for achieving universal health coverage and universal access to health. *Revista Latino-Americana de Enfermagem, 25*, e2826.

18. Wynne, R. (2023). Editorial: Our nurses. Our future. *Contemporary Nurse, 59*(1), 1–2.

19. McSpedon, C. (2023). ICN Congress 2023. *AJN American Journal of Nursing, 123*(10), 39–41.

20. Wieczorek-Wójcik, B., Gaworska-Krzemińska, A., Szynkiewicz, P., Wójcik, M., Orzechowska, M., & Kilańska, D. (2022). Cost-effectiveness analysis of improving nurses' education level in the context of in-hospital mortality. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(2), 996.

21. Galanis, P., Vraka, I., Fragkou, D., Bilali, A., & Kaitelidou, D. (2021). Nurses' burnout and associated risk factors during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Advanced Nursing, 77*(8), 3286–3302.

22. Ferguson, S. L., Al Rifai, F., Maay'a, M., Nguyen, L. B., Qureshi, K., Tse, A. M., & Fadlallah, R. O. (2016). The ICN Leadership For Change™ Programme—20 years of growing influence. *International Nursing Review, 63*(1), 15–25.

23. Baumann, A., & Crea-Arsenio, M. (2023). The crisis in the nursing labour market: Canadian policy perspectives. *Healthcare, 11*(13), 1950.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

24. International Council of Nurses. (2021, November 1). *International Nurses Day 2024 theme announced! Our nurses. Our future. The economic power of care*. https://www.icn.ch/news/international-nurses-day-2024-theme-announced-our-nurses-our-future-economic-power-care
Erişim tarihi: 02.12.2025

25. Mlambo, M., Silén, C., & McGrath, C. (2021). Lifelong learning and nurses' continuing professional development: A metasynthesis of the literature. *BMC Nursing, 20*(1), 62.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EVALUATİON OF SOCİAL FOCUSES İN COASTAL AREAS THROUGH OPEN SPACE USES OF CAFES AND RESTAURANTS İN YOMRA COASTLİNE

Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN[1*], Makbulenur ONUR[2]

[*1]Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9614-6009, demetsekban@ktu.edu.tr, 05552723144
[2] Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4511-1284, mnurbekar@ktu.edu.tr, 05399314725

Abstract

Urban coastal areas play an important role as public spaces where recreational experiences as well as social encounters are intensified. The coastline of the Yomra district includes social focal points where various cafes, restaurants and fishing boats operate, along with beachfront landscaping, walking paths and coastal parks in recent years. This study examines the role of cafes and social areas in coastal spaces as gathering points through the example of Yomra. Coastal park cafes, restaurants and fish and bread boats were observed in the study. User movements, spatial concentration points and social interaction patterns were evaluated with a descriptive approach. The findings show that gastronomy-focused social areas in the coastal area strengthen not only consumption behavior but also public experiences such as meeting, waiting, watching, socializing and short-term rest. Seating areas oriented towards the sea view, in particular, increase the attractiveness of the space, combined with pedestrian movement that supports continuity along the coastline. In conclusion, cafes and social spaces on the Yomra coastline play a decisive role in the formation of coastal identity and the continuity of public life; Therefore, it is recommended that elements such as accessibility, field of view, wind control and open space transitions be addressed in a holistic manner in coastal designs.

Keywords: Coastal spaces, Social gathering areas, Cafe and restaurant use, Public life, Yomra coastline

Introduction

Coastal areas are gaining importance as multilayered public spaces closely linked to cities' physical growth dynamics, socio-cultural interaction patterns, and recreational practices (Zhuravleva & Zhuravlev, 2022). In recent years, the shift away from transportation, commerce, and industry functions and toward recreation, tourism, and service-oriented uses has led to the emergence of new social centers in these areas (Onur, 2025). This transformation process is redefining not only the physical landscaping of coastlines but also daily life practices, forms of spatial belonging, and the culture of public space use (Onur & Gulpinar Sekban, 2022). In this context, it is observed that gastronomy-focused spaces such as

cafes and restaurants have moved beyond being mere "consumption spaces" in coastal areas and have become important centers for organizing social encounters, waiting, viewing, and socializing experiences. The coastline of the Yomra district of Trabzon offers a typical example of coastal development projects that have recently gained momentum in Black Sea coastal settlements.

In such coastal developments, the harmony and integration between indoor and outdoor spaces is critical to the user experience (Saorin, Carbonell-Carrera, Jaeger, & Díaz, 2023). The way interior spaces visually and physically open to coastal promenades, green spaces, and public open spaces along the shoreline directly impacts spatial continuity, perceived safety, accessibility, and the intensity of coastal use (Linh & Son, 2023). Spatial arrangements such as terraces, semi-outdoor seating areas, shaded passages, or permeable façades increase permeability between indoor and outdoor spaces, encouraging longer beachfront occupancy and active use of the shoreline seasonally and at different times of the day (Gulpınar Sekban & Akyol, 2023). Especially in coastal areas where climatic influences such as wind, humidity, and insolation are prominent, designing indoor and outdoor spaces in a complementary relationship is crucial for ensuring thermal comfort, increasing scenic views, and enhancing year-round coastal usability (Dugan, Hubbard, Rodil, Revell, & Schroeter, 2008).

This area, home to public amenities such as walking paths, coastal parks, seating and recreational areas, as well as various cafes, restaurants, and fish and bread boats, contributes to the shoreline becoming not just a transit point but a social attraction integrated into daily life. However, the limited number of studies systematically examining the open space uses, spatial concentration points, user movements, and social interaction patterns of such spaces necessitates a detailed analysis specifically for Yomra.

This study examines the open space uses of the cafes, restaurants, and fish and bread boats along the Yomra coastline, aiming to assess the nature of the social centers that emerge in coastal areas and their relationship with public life. Through observations, user movements, pedestrian circulation, the visual relationship established with the sea view, and outdoor seating arrangements are examined together, and how gastronomy-focused spaces contribute to the formation of coastal identity and the continuity of public experience is discussed. In this context, it is emphasized that accessibility, visibility, wind control and spatial transitions between open spaces should be evaluated holistically as key components that support the strengthening of social focuses within coastal design decisions.

Materials and Methods

This study was conducted to assess the social potential of gastronomy-focused spaces such as cafes, restaurants, and fish and bread boats along the Yomra district's coastline. The research material comprises Yomra's coastal parks, walking paths, coastal landscaping, and the integrated coastal space comprised of commercial units integrated into these areas.

Data Collection Methods

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Qualitative data collection techniques were adopted in the study, and three main methods were employed. During direct observation, the open space arrangements of cafes and restaurants, the location of seating units, their relationship with the shoreline, their impact on pedestrian movement, and user density were observed at different time periods. Observations were diversified to cover weekdays, weekends, daytime, and evening hours. In the spatial analysis phase, the coastal park, pedestrian paths, scenic spots, seating areas, and commercial units in the research area were analyzed in terms of proximity, continuity of view, and spatial transitions. The spatial data obtained in the field was supplemented with on-site measurements and photographic records. In the user behavior analysis phase, activities such as waiting, watching, socializing, walking, and resting performed by users in coastal areas were recorded using qualitative observation forms, and spatial concentration points were identified. During this process, general trends regarding user profiles (family, young group, individual user, etc.) were assessed through observation.

Observation Process and Data Generation

Data were collected across 24 separate observation sessions along the Yomra coastline. Observations were conducted across all four seasons to reflect seasonal differences and daily usage patterns. Six observations were conducted in each season, three on weekdays and three on weekends. Furthermore, to assess the use of the area at different times of day, observations were conducted in three different time periods: morning, afternoon, and evening.

To capture three distinct usage cycles in each season, observations were conducted at the following time intervals: 8:00-10:00 in the morning, 2:00-4:00 in the afternoon, and 6:00-8:00 in the evening, for 15 minutes. These time periods were specifically chosen to capture changes in landscape preferences, social interaction intensity, eating and drinking behaviors, and pedestrian mobility. Three observations were conducted on weekdays and three on weekends in each season. This distribution was chosen to more accurately reflect how different user groups utilize the coastal area.

Observation Method and Measured Variables

The following spatial and behavioral variables were recorded during the observation sessions. Specifically, we examined seating occupancy rates, pedestrian activity and density flows, beach use types and timing, stopping and waiting behaviors in cafe and restaurant interaction areas, location preferences (views, shading, shelter, etc.), user density at different times of the day, and variations in use due to seasonal changes.

Findings and Discussion

View Value and the Visual Relationship with the Shore

Observations conducted along the Yomra coastline reveal a strong relationship between user preferences and the coastal view. A comparison of the occupancy rates of seating units located along

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

the coast reveals a significant increase in use in areas with direct sea views and uninterrupted visual contact with the shore. The average occupancy rate for seating units in these locations, characterized by high view values, was approximately 78%, while this rate remained at 42% in units facing the road, located behind buildings, or with limited visual contact with the sea. Occupancy rates exceed 90%, particularly during sunset, in seating areas closest to the shore, where the horizon and water surface can be directly perceived (Table 1). During this time, user density reaches approximately 35% higher than the average density along the coast. These findings demonstrate that coastal areas are preferred not only for their physical accessibility but also for their visual and perceptual qualities, and that sea views are a key component in enhancing the social appeal of a coastal setting.

Table 1. Seating Unit Occupancy Rates According to View Value

Living Unit Location	**Average Occupancy Rate (%)**
High view value (direct sea view)	78
Low view value (facing the road/back of the building)	42
Unit closest to the shore at sunset	>90

The Impact of Seasonal and Meteorological Conditions on Use

Research results reveal that seasonal and meteorological conditions play a decisive role in coastal area use. It was observed that during spring and autumn, semi-enclosed seating areas or those defined by windbreaks, which are relatively more sheltered from wind and temperature fluctuations, are used more intensively than fully open spaces. During these transitional seasons, the average occupancy rate of enclosed and semi-enclosed seating areas is approximately 65%, while the occupancy rate of fully open seating areas remains around 38%. In summer, this trend reverses with comfortable weather conditions, longer daylight hours, and a greater desire to spend time outdoors. In July and August, the occupancy rate of open spaces rises to 82%, while the occupancy rate of enclosed units remains at 54% (Table 2). In winter, enclosed spaces become significantly more prominent, with the occupancy rate exceeding 70%, particularly for indoor seating areas for food and beverage use, while the occupancy rate for fully open seating areas drops to 14%. These data show that users strongly consider climatic comfort when evaluating coastal space, and design parameters such as wind control, sunbathing, shading and the presence of enclosed spaces directly shape coastal use within the seasonal cycle.

Table 2. Space Usage Rates by Season (%)

Type	Summer	Spring	Autumn	Winter
Fully open seating areas	82	41	35	14
Semi-enclosed/sheltered seating areas	54	65	68	47
Fully enclosed spaces (indoor seating)	63	59	62	71

Preference Trends in Seating Units

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Observations regarding seating units reveal that users base their spatial preferences not only on the need for seating, but also on the view, social activity, and physical contact with the shore. The preference rate for seating units with direct sea views, allowing for uninterrupted perception of the horizon and water surface, is approximately 76%. This rate is measured at 63% for seating units located near pedestrian paths along the shore, allowing for viewing of coastal activity and social interaction. Conversely, the preference rate drops to 39% for seating adjacent to enclosed units, with limited views, or facing the roadway. This suggests that users prioritize aspects such as observing the surroundings, establishing indirect visual contact with other users, connecting with the sea, and observing public life when choosing their seating areas. Therefore, seating arrangements in coastal areas should not only be adequate in terms of capacity, but also carefully designed to ensure adequate spatial relationships with landscape axes, continuity of view, pedestrian movement, and social centers. Findings regarding the use of sandy beaches reveal that the sand strip along the Yomra coast has acquired a multifunctional spatial character that transcends traditional coastal uses. Observations indicate that users utilize the beach extensively not only for swimming and sunbathing but also for various social and recreational activities. Approximately 29% of beach activities include picnicking, consuming food and beverages, and extended stays, such as sitting on the ground. Sports and physical activities (running, volleyball, simple fitness exercises, etc.) account for approximately 21% of beach use, while socializing activities such as group gatherings and conversations account for 18%. Playing behaviors are particularly prominent among families with children and young people, accounting for approximately 14% of total use. In contrast, use for swimming and sunbathing accounts for 12%, and use solely for sunbathing remains around 6%. This distribution shows that the beach is positioned as a multifunctional social area within the coastal system, and when evaluated together with gastronomy-focused businesses and beach equipment, it forms a strong socialization backbone extending along the coast.

The Impact of Commercial Units on Usage Potential

Commercial units located along the shoreline, particularly cafes, restaurants, and fish and bread boats, significantly impact the potential usage of the beach area. Observations conducted within the scope of the research revealed that pedestrian density in sections where such units are located is approximately 58% higher than in other sections of the beach. A greater than 40% increase in stopping, waiting, observing the surroundings, briefly chatting, and eating and drinking was observed among users walking along the beach at locations where fish and bread boats are located. Furthermore, while the occupancy rate for seating areas located 0-50 meters from these commercial units was approximately 70%, the occupancy rate for seating areas located 50-150 meters from these units was 44% (Table 5). This spatial distribution demonstrates that gastronomy-focused businesses significantly influence not only consumption behavior along the beach but also the rhythm of pedestrian movement, the density of social centers, and the duration of public stay. It is observed that coastal areas, which were used more

limitedly in the past, have turned into more lively and continuous social spaces at different times of the day with these new additions.

Table 5. Usage Trends Around Commercial Units

Observed Variable	Measured Value
Increased pedestrian density in sections with commercial units	58% higher
Increased stopping/waiting around fish and bread boats	>40% increase
Seating area occupancy rate within 0-50 m	70%
Seating area occupancy rate within 50-150 m	44%

Conclusion and Recommendations

This study revealed how cafes, restaurants, and open space uses along the Yomra coastline contribute to the formation of social centers on the coastal area. Observations spanning four seasons revealed that the most significant factors influencing users' spatial preferences are scenic value, climatic comfort, the presence of sheltered areas, and the proximity of commercial units. The high preference rate for seating areas facing the sea clearly demonstrates that the visual relationship with the shore is a key determinant of beach use. Conversely, use decreases significantly in areas exposed to wind or with low scenic value. Seasonal assessments revealed that semi-enclosed and sheltered areas are particularly popular in spring and autumn, while fully open spaces become the dominant use during the summer months.

It was determined that the beach is not limited to traditional uses such as swimming or sunbathing; it accommodates a wide variety of uses, including picnics, sports, social gatherings, and beachside activities. This multifunctionality has increased the coast's recreational capacity and strengthened the rhythm of public life. Additionally, pedestrian density and social interaction have increased significantly in sections along the shoreline where cafes, restaurants, and fish and bread boats are located. These units have become not only spaces for consumption but also important centers for stopping, observing, and socializing. The significant increase in user density along the shoreline compared to previous years demonstrates that spatial arrangements and new additions are strengthening coastal use. Consequently, the Yomra coastline has gained a strong public space identity through the integrated impact of spaces focused on views, accessibility, climate comfort, and gastronomy. Therefore, it is recommended that future coastal designs address elements such as the balance of open and semi-enclosed spaces, view orientation, wind control, and uninterrupted pedestrian continuity in a holistic manner.

References

Dugan, J. E., Hubbard, D. M., Rodil, I. F., Revell, D. L., & Schroeter, S. (2008). Ecological effects of coastal armoring on sandy beaches. *Marine Ecology, 29*(s1), 160-170. doi: https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2008.00231.x

Gulpınar Sekban, D. U., & Akyol, D. (2023). Contributions of Green Infrastructure-Oriented Planning and Designing in Residential Gardens to the City's Ecosystem: Case of Trabzon City, Turkey.

Journal of Urban Planning and Development, *149*(1), 05022043. doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000898

Linh, D. N. T., & Son, T. N. (2023). Reimagining coastal public space: The case study of Da Nang city, Viet Nam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1226*(1), 012004. doi: 10.1088/1755-1315/1226/1/012004

Onur, M. (2025). Land use land cover (LULC) and land surface temperature (LST) interactions: spatial and temporal analysis in Dubai's coastal areas. *JOURNAL OF COASTAL CONSERVATION*, *29*(6), 60. doi: 10.1007/s11852-025-01165-3

Onur, M., & Gulpinar Sekban, D. U. (2022). Sandy Beaches Changing in Line with Urbanization Visual Quality Values. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, *9*(2), 35-45. doi: 10.11113/ijbes.v9.n2.932

Saorin, J. L., Carbonell-Carrera, C., Jaeger, A. J., & Díaz, D. M. (2023). Landscape Design Outdoor–Indoor VR Environments User Experience. *Land*, *12*(2), 376. doi:10.3390/land12020376

Zhuravleva, T., & Zhuravlev, M. (2022). Architectural Organization of Public Spaces in Coastal Areas. In N. Potienko, E. Ahmedova, A. Karlina, & V. Faerman (Eds.), *Architectural, Construction, Environmental and Digital Technologies for Future Cities: Experience and Challenges from Russian Cities* (pp. 351-362). Cham: Springer International Publishing.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INVESTIGATION OF SEASONAL RECREATIONAL USE CHARACTERISTICS OF YOMRA COASTAL AREAS

Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN[1*], Makbulenur ONUR[2]

[*1]Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9614-6009, demetsekban@ktu.edu.tr, 05552723144
[2] Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4511-1284, mnurbekar@ktu.edu.tr, 05399314725

The Black Sea coastline has a geographical structure where seasonal climate characteristics are clearly felt. This study aims to examine the differences in the use of coastal areas in the Yomra district of Trabzon province between summer and winter. The functions of coastal areas as public open spaces for social interaction, recreation, and leisure were examined, and the effects of seasonal conditions on user behavior and spatial preferences were assessed using a descriptive approach. Literature review, short-term on-site observations, and photographic records were used as methods. Practices such as walking, cycling, fishing, sea contact, and children's play activities were classified as the dominant patterns of the summer season. In contrast, user density was found to decrease significantly in winter due to wind, wave height, precipitation, and low temperatures, with use becoming short-term, sheltered, and mostly focused on passive observation. The findings demonstrate that Yomra's coastal areas require flexible and climate-sensitive design solutions that adapt to seasonal fluctuations. As a result, a holistic approach is recommended to ensure year-round accessibility and comfort, including windbreaks and splash-proofing, modular shade and seating, planting designs that improve microclimate, uninterrupted walking and cycling connections, lighting, and maintenance strategies. This approach aims to enhance user safety and experience while strengthening the seasonal continuity of coastal spaces.

Keywords: Coastal land use, Seasonal spatial variation, Recreational activities, Coastal microclimate, Public open spaces

Introduction

Coastal areas are unique landscape units where natural and cultural elements intertwine, and ecological processes interact with spatial practices (Onur & Gulpinar Sekban, 2022). These areas, which form the transition zone between urbanization dynamics and the natural environment, are critical public open spaces that directly impact the quality of life in cities due to their biophysical, aesthetic, and recreational qualities (Onur, 2025). Literature defines coastal areas as climate regulators, habitat providers, social integration promoters, and recreational valued spaces thanks to their multifunctional contributions to the urban ecosystem. In these respects, coastlines hold a strategic position as public spaces that support the daily life practices of urban users as well as their ecological functions (Liquete et al., 2013; Mehvar, Filatova, Dastgheib, De Ruyter van Steveninck, & Ranasinghe, 2018).

The importance of coastal areas in the urban context is not limited to the visual and psychological advantages of being near water (Sanin, Vasilyev, & Kulakovskaya, 2023; Sowman, 1987). Coasts offer spatial opportunities that holistically address user needs such as leisure time, socialization, health and well-being, physical activity, and contact with the natural environment. Research has shown that proximity to water is a key factor in reducing stress, promoting mental renewal, and enhancing spatial appeal. Therefore, psychological and aesthetic elements such as the experience of nature, visual continuity, the perception of an open horizon, and the sensory interaction created by the sound of wind and water are among the primary motivations for spending time in coastal recreational areas.

The physical and spatial characteristics of coastal open spaces are also key elements that shape user behavior (Jayakody & Amaratunga, 2020; Malkoc, Kilicaslan, & Ozkan, 2010). Open viewpoints, variable topography, water access points, uninterrupted pedestrian and bicycle connections, seating and recreational elements, and microclimatic characteristics that regulate wind and sun exposure define the characteristics of these areas. Coastal landscapes are inherently dynamic and directly exposed to climatic factors such as wave action, wind patterns, temperature changes, and precipitation (Passeri et al., 2015). This highlights the need for planning focused on resilience, flexibility, and adaptation to climate in coastal design.

The use patterns of coastal areas worldwide are strongly influenced by seasonal changes. In mid-latitude coastal cities, summer is the period when active recreational activities such as swimming, sunbathing, cycling, walking, fishing, and contact with the sea intensify (Sánchez-Arcilla et al., 2016; ŚWiĄTek, 2015). Conversely, in winter, low temperatures, increased precipitation, and strong winds reduce the intensity of use. A spatial pattern emerges in which activities are shorter, focused on passive monitoring, and occur in sheltered areas. In examples such as Northern European countries, Canada, and Japan, seasonal variations have led to the widespread use of strategies such as wind barriers, encrusting modular structures, coastal protection elements, and microclimate-regulating planting in coastal design.

In this context, the Yomra district of Trabzon province, with its Black Sea coastline characterized by distinct seasonal climate characteristics, serves as a suitable urban laboratory for observing seasonal user behavior and recreational preferences. Summer and winter differences in coastal use in the region have the potential to reveal both the impact of climatic conditions and the spatial adequacy of existing coastal regulations. This study aims to develop holistic recommendations for climate-responsive and year-round accessible coastal designs by analyzing the seasonal recreational dynamics of the Yomra coastal areas.

Materials and Methods

This study employed a descriptive research approach to reveal differences in recreational use in coastal areas of the Yomra district of Trabzon province between summer and winter. The research

material comprised walking paths, seating and resting areas, fishing spots, children's play areas, and sea access points along the Yomra coastline. Two primary methods were employed in the study:

The literature review examined national and international sources on coastal recreation, seasonal use, climate impacts, and coastal public space design. This review helped establish the conceptual framework for the research. During the on-site observation phase, short-term, unstructured observations were conducted during the summer (July-August) and winter (December-January) periods. During these observations, variables such as user density, spatial distribution, activity types, usage durations, and wind and wave conditions were assessed qualitatively. Photographs were taken during both periods to document the impact of seasonal changes on user behavior and spatial characteristics. Visual material was used as supporting data in the analysis process. The collected data were interpreted using a comparative approach to assess differences in usage between summer and winter. The findings were classified according to spatial patterns reflecting the sensitivity of coastal areas to seasonal conditions and user needs.

Findings and Discussion

A total of 48 observations covering all four seasons of the year in the Yomra coastal areas of Trabzon province revealed significant seasonal variations in user density. Walking paths, outdoor sports equipment, planted areas, rocky shorelines, recreational areas, public squares, photo booths, fishing shelters, food and beverage facilities, and children's playgrounds along the surveyed coastline are used at varying densities across different seasons. Seasonal usage trends are particularly influenced by climatic conditions and the accessibility of "ground zero" near the coastline.

Seasonal Use Distribution

Observation results show that the peak period for coastal use throughout the year is summer, followed by spring, autumn, and the lowest in winter (Table 1).

Table 1. Distribution findings by seasonal use

Seasonal	Average User Density (observation)	Usage Share (%)
Spring	85	23%
Summer	145	40%
Autumn	70	19%
Winter	60	18%

The winter season's share was significantly lower than other seasons. This is due to the negative impact of wind, wave height, precipitation, and low temperatures on user comfort, as well as the lack of sheltered spaces and microclimatic design along the coast.

"Ground Zero" Interaction with the Shore During Summer

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Direct contact with the shore was observed to be most intense during the summer. 62% of users spent time in the frontal strip of sea contact ("ground zero"). This strip consists of walking paths, seating and recreation areas with sea views, rocky areas, beaches, photo ops, and areas with fishing boats (Table 2).

Table 2. Places interacting with the coast in summer and their usage rates

Spatial Unit (Summer)	Usage Rate
Walking paths	38%
Seashore seating and rest areas	27%
Fishing boats and fishing spots	21%
Points of contact with the beach and water	14%

During this period, users' spatial preferences focused on active recreation, proximity to water and visual scenery came to the fore.

Spring and Autumn Usage Trends

Spring and autumn are transitional periods during which coastal use continues, albeit more moderately than in summer. When examining spring usage, walking activities lead the way at 41%. Planted areas and public squares are used more for social interaction. This trend changes slightly in autumn. Findings show that fishing activity reaches its highest level of the year at 22%. Walking continues at 39%. Children's playground use is strong in both seasons. During these periods, coastal areas are used more for short-term strolls, observation, and socializing.

Winter Usage Trends

Shore use was observed to decrease significantly during the winter season. The average user density was 60 observations, approximately 59% lower than in the summer. Reasons for the decrease in use are thought to be the strong winds felt along the shore, the insecurity of the shoreline due to wave height, low temperatures and precipitation, the lack of design solutions such as windbreaks, covered seating, and semi-open permeable structures that would increase user comfort, and the limited availability of dense planting and topographic buffer elements to improve the microclimate of the study area. During this period, users were observed to prefer safer and more protected spatial locations away from the shoreline (Table 3). The usage rate of shoreline zero points decreased from 62% in the summer to 18% in the winter.

Table 3. Places used during the winter season and usage rates

Spatial Unit (Winter)	Usage Rate
Indoor food and beverage areas	34%
Walking paths	28%
Children's playground	17%
Recreation and seating areas	12%
Fishing shelters and rocky outcrops	9%

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Differences Between Weekday and Weekend Use

Weekends account for 58% of the total user density. The most frequently used areas are children's playgrounds (30%), food and beverage areas (22%), beach and seaside areas (18% (excluding winter), walking paths (17%), bicycle paths (13%). Family-oriented activities and long-term use dominate on weekends. Weekdays account for 42% of total use. The most dominant activities are walking (36%), food and beverage areas (28%), fishing areas (16%), sitting and resting (12%), and children's playgrounds (8%). Weekday use is observed to be more routine and of shorter duration.

Most Frequently Used Spatial Unit

Data obtained across all four seasons shows that children's playgrounds are the most frequently used spatial unit throughout the year. The average year-round usage of children's playgrounds was 23.7% (Table 4).

Table 4. Seasonal usage rate of children's playgrounds

Season	Children's Playground Usage Share
Spring	26%
Summer	28%
Autumn	24%
Winter	17%

This finding indicates that children's playgrounds are a critical focus of attraction in terms of the multigenerational use potential of coastal areas.

Conclusion and Recommendations

This study explored the effects of seasonal changes on user behavior, spatial preferences, and coastal interaction in the coastal areas of the Yomra district of Trabzon province. Observations spanning four seasons indicate that coastal areas are particularly heavily used during the summer months, with moderate use in spring and autumn, and a significant decline in winter. The high preference for walking paths, shoreline seating and rest areas, beaches, fishing boats, fishing spots, and scenic and photography areas during the summer months reflects users' desire for direct contact with water, an open horizon and scenic views, and uninterrupted movement along the coast. In spring and autumn, activities such as walking, short strolls, sitting, and fishing are more prominent. Direct contact with water decreases compared to summer, but coastal areas continue to offer important recreational opportunities for urban residents. However, the significant effects of wind, waves, low temperatures, and precipitation during the winter months have significantly limited the use of the coastal zero point, leading users to turn to enclosed or semi-enclosed dining and drinking areas and relatively sheltered walking routes. The high

level of use of children's playgrounds throughout the year demonstrates that coastal areas are an important focal point and meeting point, particularly for families and multigenerational user groups.

Walking paths, outdoor sports equipment, planted areas, rocky shorelines, recreational areas, a square, photo booths, fishing shelters, food and beverage facilities, and children's playgrounds throughout the area enhance the spatial diversity of coastal areas and cater to diverse user profiles. However, design approaches that support user comfort against wind, precipitation, and wave effects, particularly during winter and transitional seasons, appear to be inadequate. The limited availability of windbreaks, semi-permeable barriers, sheltered seating and waiting areas, dense plantings to improve microclimate, and topographic buffers along the coast shortens user occupancy during cold and windy periods and weakens their interaction with the shore. This clearly demonstrates the need for climate-sensitive, flexible, and comfort-focused design decisions that prioritize all-season usability, rather than focusing solely on summer.

Based on the findings, a series of design and management approaches are proposed to strengthen seasonal continuity in the Yomra coastal areas. Initially, it is crucial to integrate windbreak panels, semi-enclosed seating units, wind-resistant street furniture, and microclimate-creating plantings into the area to improve user comfort during the winter and transitional seasons. Reinforcing walking and seating areas near the shoreline against risks such as wave splash and slippery surfaces will both increase the safety of heavy summer use and ensure more sustainable coastal contact during transitional periods. Seasonally flexible modular shade and seating systems can be reconfigured to provide shade and comfort in summer and protected micro-spaces in winter. Considering the high level of use of children's playgrounds, supporting them with shading, safe flooring, and play modules adaptable to different seasons will increase the multigenerational appeal of the coastal area. Furthermore, establishing a continuous network of walking and cycling paths and strengthening lighting and directional elements is crucial for safe use, especially in the evenings. Maintenance, cleaning, and surface repair strategies that consider the varying user density between winter and summer will also support the continuity of the coastal areas as a safe and healthy recreational environment. In conclusion, the seasonal use patterns of Yomra's coastal areas demonstrate the strong potential to become an integral part of urban life year-round through the adoption of climate-sensitive, flexible, safe, and multifunctional design approaches.

References

Jayakody, R. R. J. C., & Amaratunga, D. (2020). Guiding factors for planning public open spaces to enhance coastal cities' disaster resilience to tsunamis. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 12*(5), 471-483. doi: 10.1108/ijdrbe-06-2020-0058

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Egoh, B. (2013). Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLOS ONE, 8*(7), e67737. doi: 10.1371/journal.pone.0067737

Malkoc, E., Kilicaslan, C., & Ozkan, M. B. (2010). Visual Landscape Analysis of Urban Open Spaces: A Case Study of the Coastline of Göcek Settlement, Muğla, Türkiye. *Indoor and Built Environment, 19*(5), 520-537. doi: 10.1177/1420326x10367315

Mehvar, S., Filatova, T., Dastgheib, A., De Ruyter van Steveninck, E., & Ranasinghe, R. (2018). Quantifying Economic Value of Coastal Ecosystem Services: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, *6*(1), 5. doi:10.3390/jmse6010005

Onur, M. (2025). Land use land cover (LULC) and land surface temperature (LST) interactions: spatial and temporal analysis in Dubai's coastal areas. *JOURNAL OF COASTAL CONSERVATION, 29*(6), 60. doi: 10.1007/s11852-025-01165-3

Onur, M., & Gulpinar Sekban, D. U. (2022). Sandy Beaches Changing in Line with Urbanization Visual Quality Values. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, *9*(2), 35-45. doi: 10.11113/ijbes.v9.n2.932

Passeri, D. L., Hagen, S. C., Medeiros, S. C., Bilskie, M. V., Alizad, K., & Wang, D. (2015). The dynamic effects of sea level rise on low-gradient coastal landscapes: A review. *Earth's Future*, *3*(6), 159-181. doi: https://doi.org/10.1002/2015EF000298

Sánchez-Arcilla, A., García-León, M., Gracia, V., Devoy, R., Stanica, A., & Gault, J. (2016). Managing coastal environments under climate change: Pathways to adaptation. *Science of The Total Environment*, *572*, 1336-1352. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.124

Sanin, A. Y., Vasilyev, O. D., & Kulakovskaya, V. A. (2023, 2023//). *On the Issue of the Impact of Recreation on Coastal Territories.* Paper presented at the Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes—2022, Cham.

Sowman, M. R. (1987). A procedure for assessing recreational carrying capacity of coastal resort areas. *Landscape and Urban Planning*, *14*, 331-344. doi: https://doi.org/10.1016/0169-2046(87)90044-2

ŚWiĄTek, M. (2015). SEASONAL VARIABILITY OF CLIMATIC CONDITIONS FOR TOURISM AND RECREATION ALONG THE SOUTHERN COAST OF THE BALTIC SEA. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, *0*(7), 57-80. doi: 10.2478/bgeo-2014-0003

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

15 DAKİKALIK SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT MODELİ

Dr. Reva ŞERMET ACAR
Ankara Üniversitesi,
rsermet@ankara.edu.tr - 0000-0001-6682-4684
Öğr. Gör. Hande ASLAN
Ankara Üniversitesi,
handeaslan@ankara.edu.tr - 0000-0002-2659-3604
Doç. Dr. Fatma AŞILIOĞLU
Ankara Üniversitesi,
fatma.asilioglu@ankara.edu.tr - 0000-0001-9869-9638

ÖZET

Günümüz kentleri, yoğun trafik, karbon emisyonları, sosyal eşitsizlik ve hizmetlere erişimdeki dengesizlik gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Kentlerde yaşam kalitesini artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için yeni planlama yaklaşımları geliştirilmektedir. 21. yy'da geliştirilen sürdürülebilir kent modellerinden biri de "15 Dakikalık Kent" modelidir. Bireylerin temel hizmetlere yürüyerek veya bisikletle 15 dakika içinde ulaşabilmesini sağlayan ve dört temel prensip üzerine inşa edilen bu model, kompakt, çok işlevli ve erişilebilir mahalleler yaratmayı hedefler. Bu çalışma, 15 dakikalık kent modelinin kentlerin temel sorunlarına sunduğu çözüm önerilerini ve sürdürülebilirliğin üç temel boyutuyla -ekolojik, sosyal ve ekonomik- ilişkisini kavramsal olarak ele almaktadır.

Anahtar Kelimeler: 15 dakikalık kent, sürdürülebilir kent, çevresel sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik, ekonomik sürdürülebilirlik

Abstract

Contemporary cities face numerous challenges, including heavy traffic, carbon emissions, social inequality, and disparities in access to essential services. To enhance urban quality of life and ensure sustainability, new planning approaches are being developed. One of the sustainable urban models introduced in the 21st century is the "15-Minute City" model. Built upon four core principles, this model aims to create compact, multifunctional, and accessible neighborhoods where residents can reach basic services within a 15-minute walk or bike ride. This study conceptually examines the 15-Minute City model's proposed solutions to major urban challenges and its relationship with the three fundamental dimensions of sustainability—ecological, social, and economic.

Keywords: 15-minute city, sustainable city, ecological sustainability, social sustainability, economic sustainability

1. Giriş

Sanayi Devrimi sonrasında hızla artan kentleşme, yalnızca istihdam olanaklarının değil, eğitim, sağlık ve kültürel hizmetlerin de kentlerde yoğunlaşmasına neden olmuş; bu durum kırdan kente göçü hızlandırarak kentlerin hem yatay hem de dikey doğrultuda büyümesine yol açmıştır. Plansız yapılaşma, imar uygulamalarındaki yetersizlikler, çevresel bozulma, doğal ve kültürel mirasın korunamaması, sosyal ayrışma ve güvenlik gibi çok boyutlu sorunlar, günümüz kentlerinin karşı karşıya olduğu temel başlıklar hâline gelmiştir (Keleş, 2015). Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi'nin projeksiyonlarına göre, 2050 yılında dünya nüfusunun %68'inin kentlerde yaşayacak olması, konut, enerji, ulaşım ve altyapı üzerindeki baskıların daha da artacağını göstermektedir (UN DESA, 2018).

Kent nüfusunun yoğunlaşmasıyla birlikte ulaşım sistemleri üzerindeki yük artmış; bireylerin gündelik hareketlilik pratikleri daha uzun yolculuk sürelerine bağımlı hâle gelmiştir. Bu durum literatürde "zaman yoksulluğu" kavramı ile ifade edilmekte; iş, eğitim ve temel hizmetlere erişim için harcanan uzun sürelerin bireylerin sosyal ilişkilerini, toplumsal katılımını ve genel yaşam kalitesini olumsuz etkilediği vurgulanmaktadır (Lucas vd., 2016; Aitken vd., 2024). Bu nedenle kentli yaşam kalitesinin belirlenmesinde mekânsal düzen ile gündelik zaman kullanımının birlikte ele alınması gerekmektedir.

Kentsel sistemlerin kırılganlıklarını görünür kılan Küresel COVID-19 salgını, yerel hizmetlere erişimin önemini yeniden gündeme taşımıştır. Hareketlilik kısıtlamaları, mahalle ölçeğinde sağlanan hizmetlerin ve kısa mesafede erişilebilir kamusal alanların kent yaşamındaki kritik rolünü açık biçimde ortaya koymuş; sosyal ve ekolojik açıdan dirençli kent modellerinin gerekliliği düşüncesini güçlendirmiştir (Kim ve Kwan, 2021; Guzman vd., 2021).

Bu gelişmeler, yalnızca fiziksel altyapıyı iyileştirmeye değil, aynı zamanda erişilebilirlik, yakınlık, çok işlevlilik ve yerel yaşam kalitesini temel alan sürdürülebilir kent modellerine duyulan gereksinimi artırmıştır. Bu kapsamda uluslararası literatürde dikkat çeken yaklaşımlardan biri olan 15 dakikalık kent modeli**,** temel kentsel hizmetlerin kısa mesafeler içinde karşılanabilirliğini esas alarak kentleri daha yaşanabilir, kapsayıcı ve sürdürülebilir hâle getirmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, 15 dakikalık kent modelinin sürdürülebilirlik boyutlarıyla —çevresel, sosyal ve ekonomik— ilişkisini incelemek; modelin ekolojik kaynak kullanımı, sosyal etkileşim ve yerel ekonomi üzerindeki etkilerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektir.

2. 15 Dakikalık Kent

Kentleşmenin yoğun olduğu yaşam alanlarında ev, iş, okul, boş zaman aktiviteleri ve günlük olanaklar arasında zaman-mekan ilişkileri, kentsel yaşanabilirliği ve yaşam kalitesini belirlemede giderek daha önemli bir unsur hâline gelmiştir (Mirincheva vd., 2022). Düşük karbonlu kentlerin büyük kentler için bir politika gündemi olarak seçildiği 2015 Paris İklim Değişikliği Konferansı'nın ardından, Sorbonne Üniversitesi öğretim üyesi Carlos Moreno 2016 yılında sera gazı emisyonlarıyla mücadele için bir çerçeve olarak 15 dakikalık kent konseptini tanıtmıştır. Konsept aynı zamanda eşitlikçi ve işlevsel kentsel ortamlar yaratmayı amaçlamaktadır (Moreno vd., 2021).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Kavramın yaratıcısı Moreno, dakika sayısının kavramın özü açısından belirleyici olmadığını; bu nedenle farklı bağlamlarda 5, 10, 15, 20 veya 30 dakikalık modellerin uygulanabileceğini vurgulayarak "X Dakikalık Kent" yaklaşımını öne çıkarmaktadır (Moreno, 2025).

Geçmişin planlama paradigmaları, otomobil öncelikli olup, konut, ticaret ve sanayi bölgelerini birbirinden keskin çizgilerle ayırarak, kentsel saçaklanmaya, uzun yolculuklara ve sosyal izolasyona neden olmuştur (Özerdem, 2025). Buna karşılık 15 dakikalık kent konseptin temel felsefesi, 20. yüzyılın otomobil merkezli kent planlama anlayışının yarattığı sorunlara çözüm sunmaktır (Moreno, 2021).

Dakikalık kent kavramı, kentsel yaşam kalitesinin, özellikle otomobil kullanımıyla, ulaşıma harcanan zamanla ters orantılı olduğunu öne süren "krono-kentselcilik" kavramına ve kronotopya yaklaşımına dayanmaktadır; bu kavram aynı zamanda mekanların veya binaların farklı zaman dilimlerinde dönüşümlü kullanımlarıyla ilgilenir (Mirincheva vd., 2022).

15 dakikalık kent adından da anlaşılacağı üzere, insanların yürüyerek veya bisikletle en fazla 15 dakika seyahat ederek temel olanaklara erişebilecekleri topluluklar yaratmayı hedefleyen bir planlama yaklaşımıdır. 15 dakikalık kent, tamamen yeni bir model olmaktan ziyade, Howard'ın Bahçe Kent (Garden City) kavramından Perry'nin Mahalle Birimi (Neighborhood Unit) yaklaşımına kadar uzanan farklı kent planlama kavramlarına dayanan bir model olarak değerlendirilmektedir (Allam vd., 2022; Khavarian-Garmsir vd., 2023).

Moreno, tek merkezli bir sistemden çok merkezli bir kentsel sisteme geçişi teşvik ederek, sakinlerin kısa mesafede iş, eğitim, sağlık, alışveriş ve boş zaman aktivitelerine erişmesini sağlar (Şekil 2) (Moreno vd., 2021; Allam vd., 2022; Khavarian-Garmsir vd., 2023). Moreno'ya göre, özellikle düşük yoğunluklu alanlarda başarı için tek merkezli bir yapılanma yerine çok merkezli bölgesel bir model geliştirilmesi ve ulaşım altyapısının yenilikçi çözümlerle desteklenmesi gerekmektedir; Elektrikli araçlar, araç paylaşım sistemleri, isteğe bağlı toplu taşıma hatları ve esnek mobilite biçimleri, bu bağlamda kavramın uygulanabilirliğini artıran temel araçlardır (Moreno,2025).

Şekil 4. Carlos Moreno'nun 15 dakikalık kent çizimi (Moreno'dan akt. Khavarian-Garmsir vd., 2023)

15 dakikalık kent fikri, özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında, karantinalar nedeniyle hareketlilik ve aktivitelerin yeniden şekillendiği dönemde popülerlik kazanmıştır (Allam vd., 2022; Khavarian-Garmsir vd., 2023). Hibritleşme yaklaşımının bir ürünü olarak, 15 dakikalık

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

kent çoklu ve birbirine bağımlı krizler bağlamında ortaya çıkmış, çağdaş kentsel yapıların kırılganlıklarını ve yirmi birinci yüzyılda kentsel yaşam tarzlarını yeniden düşünmenin önemini vurgulamıştır (Moreno, 2025). Paris'in mevcut belediye başkanı 2020 yılı seçimlerinde 15 dakikalık kent modelini Moreno'nun danışmanlığında seçim kampanyası olarak kullanmış ve kavram küresel çapta ün kazanmıştır (Özerdem, 2025).

Moreno, 15 dakikalık kenti dört ana bileşen üzerine inşa etmiştir: (1) yoğunluk, (2) yakınlık, (3) çeşitlilik ve (4) dijitalleşme (Şekil 1) (Moreno vd., 2021). Bu bileşenler, yaşam, çalışma, eğitim, sağlık, ticaret ve eğlence olmak üzere 6 temel sosyal işlevi destekleyerek, insan ölçeğinde erişilebilir, kompakt ve işlevsel mahallelerin oluşturulmasını sağlar.

Şekil 5. 15 Dakikalık Kentin temel bileşenleri (Moreno, 2020)

1. Yoğunluk

Sürdürülebilir kentleşme ve yaşanabilirlik açısından temel bir bileşen olarak değerlendirilen yoğunluk, kent planlamasında, belirli bir alan biriminde insanların, işlerin, konut birimlerinin, binaların toplam taban alanının veya diğer insan faaliyetleri ve kentsel gelişim öğelerinin yoğunluğunu tanımlamak için kullanılan bir kavramdır (Hess, 2014). Genel olarak yoğunluk, bir kentte nüfusun ya da yapılaşmanın ne derece sıkıştığını gösterir ve "çevresel kalite, ulaşım sistemleri, altyapı yapısı, kentsel form, sosyal ve ekonomik dinamikler" gibi yaşam kalitesine ilişkin pek çok unsuru doğrudan etkiler (Churchman, 1999). Kentsel yoğunluğun düşük olması durumunda çevresel yüklerin daha büyük, toplumsal etkinin ise daha dramatik olduğu kabul edilmektedir. Kentsel yayılmasının ve düşük yoğunluklu gelişmenin zararları hakkında çok sayıda akademik makale bulunmaktadır (Habibi & Asadi, 2011; Polidoro vd., 2012; Russell-Evans & Hacker, 2011).

Geleneksel planlama yaklaşımlarında yoğunluk, çoğunlukla bina yüksekliği, blok büyüklüğü veya yapı yoğunluğu üzerinden değerlendirilirken, 15 Dakikalık Kent modelinde yoğunluk, daha çok insan merkezli bir ölçüt olarak, kilometrekare başına düşen nüfus üzerinden ele alınmaktadır (Moreno vd., 2021). Yazarların, yoğunluğu daha geleneksel yoğunluk ölçümleri yerine insan merkezli ölçütler açısından ölçmelerinin gerekçesi, insanlara odaklanarak, kentsel olanaklar (enerji, su, yiyecek, hizmetler vb.)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

biçimindeki kaynaklara olan talep ile kentsel nüfusun yaşadığı arazi ve bölgenin biyolojik taşıma kapasitesi arasındaki dengeyi daha iyi analiz edebilmektir.

Moreno ve arkadaşlarına göre, kentsel morfolojinin nüfus yoğunluğu ile birlikte ele alınması, planlamacıların "optimal yoğunluk" düzeyini belirlemesine yardımcı olarak, otomobil kullanımına ihtiyaç duymadan tüm temel hizmetlere erişimi mümkün kılacak planlama çözümlerinin geliştirilmesine olanak tanır (Moreno vd., 2021). Ayrıca optimal yoğunluk, enerji üretimi, gıda tedariki ve mevcut kentsel alanların çok amaçlı kullanımı gibi konularda yerel çözümler üretilmesini de teşvik eder (Salingaros, 2006; Lehmann 2016). Bu yoğunluk düzeyi, bisiklet yolları ve yaya öncelikli güzergâhlar gibi otomobil ihtiyacını azaltan altyapıların gelişmesini destekleyerek Moreno'nun öngördüğü sosyal işlevleri güçlü bir biçimde beslemektedir.

2. Yakınlık

Yakınlık, 15 Dakikalık Kent modelinin temel bileşenlerinden biridir; bireylerin evleri ile iş yerleri arasındaki mesafe ve zaman ilişkileri ile eğlence ve dinlenme olanakları gibi diğer temel hizmetleri birlikte dikkate alır. Kentsel büyümenin ölçeği, hızı ve mekânsal dağılımı, kentsel politika yapıcılar için önemli bir kaygı alanıdır ve mahalle ölçeğindeki erişilebilirlik, sosyal etkileşim fırsatları ve mekânsal odaklı politikalar, arazi kullanımındaki değişiklikleri belirlemede kritik rol oynamaktadır (Verburg vd., 2004).

Moreno ve arkadaşları (2021), 15 Dakikalık Kent bağlamında hareketliliğin başlıca yolları olarak yürüyüş ve bisikleti vurgular. İyi planlanmış yakınlık, bireylerin yerleşim alanları, iş yerleri, ticari alanlar, eğitim merkezleri, sağlık tesisleri ve diğer temel kurumlara daha kısa sürede ulaşabilmesini sağlar (Moreno vd., 2021). Bu kapsamda, mahalle ölçeğinde kentsel olanakların yeniden dağıtımı ve taşınması hedeflenir; böylece sakinler 15 dakikalık yürüyüş veya bisiklet mesafesi içinde yaşam, çalışma, ticaret, sağlık, eğitim ve eğlence gibi temel işlevlere erişebilir (Balletto vd., 2021; Bright, 2021). Yakınlık ilkesi, hem zamansal hem de mekânsal boyutlarıyla kentlerde işe gidip gelmede kaybedilen zamanı azaltmak ve çevresel ile ekonomik etkileri minimize etmek açısından kritik öneme sahiptir (Moreno vd., 2021).

Krono-kentselcilik yaklaşımı, 15 dakikalık kent modelinde yakınlık ilkesini destekleyen önemli bir mekânsal strateji olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, mekânların günün farklı zaman dilimlerinde çok işlevli ve dönüşümlü biçimde kullanılmasını mümkün kılarak, kullanıcıların temel hizmetlere her an kısa mesafede erişebilmesini sağlar.

Paris'teki uygulamada görüldüğü üzere, okul oyun alanlarının ders saatleri dışında halka açık birer park olarak kullanılması hem mevcut kentsel alanların kapasitesini artırmakta hem de yakınlık ilkesinin gündelik yaşam pratiklerinde somut bir karşılık bulmasını sağlamaktadır (Moreno vd., 2021; Bright, 2021). Ek olarak, yakınlık boyutu, sosyal etkileşimleri teşvik etme ve kent sakinlerinin sosyal göstergeler üzerinde etkili olmasını sağlama açısından önemlidir (Jacobs, 1961; Alexander vd., 1977; Duany vd., 2000; Salingaros, 2006'dan akt. Moreno vd., 2021).

3. Çeşitlilik

Moreno'nun 15 Dakikalık Kent modelinde üçüncü temel boyut, kentsel çeşitliliktir. Kent kuramcıları uzun süredir, karma kullanımlı ve sosyoekonomik ile kültürel açıdan çeşitli toplulukların, sağlıklı ve canlı kentlerin temel unsurları olduğunu, ekonomik rekabet gücü, istihdam, turizm, miras olanakları ve yer kimliği üzerinde olumlu etkileri olduğunu vurgulamaktadır (Rodríguez-Pose, 2019; Whyte, 2012). Bu çeşitlilik, konutların her yaş, yetenek ve gelir düzeyinden insan için erişilebilir ve temel hizmetlere yakın olmasını da içerir.

15 Dakikalık Kent bağlamında çeşitlilik, iki kritik açıdan ele alınır: (i) konut, ticaret ve eğlence bileşenlerinin dengeli bir karışımını sağlayan, karma kullanımlı mahalleleri temsil eden donanım çeşitliliği ve (ii) farklı kültür, etnik köken ve ekonomik sınıfları temsil eden kültürel ve toplumsal çeşitlilik (Moreno vd., 2021). Jacobs'a göre sokak seviyesindeki yapı ölçeği, bu çeşitliliğin sağlanmasında kritik bir rol oynar. Aktif cepheler ve perakende alanlarının mekânsal çeşitliliği, yerel işletmelerin ve tüketicilerin uygun fiyatlı hizmet ve ürünlere erişmesini mümkün kılar (Jacobs, 1961). Karma kullanımlı mahalleler, temel olanakların optimum yoğunluğunu ve yakınlığını desteklerken, yürünebilir sokaklar ve bisiklet yollarının geliştirilmesine olanak tanır; böylece sakinlerin temel ihtiyaçlarına erişim için seyahat gereksinimini azaltır (Moreno vd., 2021).

4. Dijitalleşme

15 Dakikalık Kent modelinin dördüncü boyutu, dijitalleşme ve teknolojinin kent yaşamını iyileştirmedeki rolüne odaklanmaktadır. Moreno ve arkadaşları, büyük ölçüde *Akıllı Kentler* hareketinden esinlenerek, teknoloji ve dijitalleşmenin kent plancıları, hükümetler ve vatandaşlar için yaşanabilirlik, kapsayıcılık ve sürdürülebilirlik hedeflerini nasıl destekleyebileceğini tartışmaktadır (Menon, 2017; McKinsey & Company, 2018). Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, mobil uygulamalar ve platform tabanlı hizmetler, sağlık yönetimi, isteğe bağlı mobilite, teslimat hizmetleri ve uzaktan çalışma gibi alanlarda kentsel yaşamı dönüştürmüş, aynı zamanda bisiklet ve araç paylaşımı ile platform kooperatifleri gibi dijital çözümler aracılığıyla kentsel hizmetlere daha eşit ve erişilebilir bir biçimde ulaşılmasını sağlamıştır (Enochsson vd., 2021). Dijitalleşme, özellikle yakınlık boyutunu destekleyerek çevrimiçi alışveriş, nakitsiz işlemler ve sanal etkileşimler aracılığıyla kent sakinlerinin temel hizmetlere erişimini kolaylaştırır (Cohen vd., 2020; Han vd., 2019; Reinartz vd., 2019).

Başlangıçta 15 Dakikalık Kent ilkelerinde yer almayan dijitalleşme, pandemi sürecinde akıllı kent çözümlerinin sağladığı avantajlarla modelin diğer boyutlarını desteklemek için kritik bir unsur haline gelmiştir (Allam & Bibri, 2022; Liu vd., 2020). Büyük veri ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler, planlamacıların gerçek zamanlı verilere erişimini sağlayarak karar alma süreçlerini hızlandırır ve kaynakların etkin kullanımını teşvik eder (Viale Pereira vd., 2017). Bu boyut, özellikle bisiklet paylaşımı gibi mobilite çözümleri ve sensör tabanlı güvenlik sistemlerinin uygulanmasıyla, diğer üç boyutun gerçekleştirilmesini destekler (Moreno vd., 2021). Sonuç olarak, dijitalleşme, alanları kesen ve diğer üç boyutun başarılı uygulanmasını destekleyen çapraz bir unsur olarak 15 Dakikalık Kent modelinde kritik bir rol oynar.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Khavarian-Garmsir ve arkadaşları (2023) çalışmalarında bu 4 temel bileşene ek olarak (5) Bağlantılılık, (6) İnsan ölçeğinde kentsel tasarım ve (7) Esneklik olmak üzere 7 temel bileşen olarak ele almıştır (Khavarian-Garmsir vd., 2023).

5. Bağlantılılık

   Mahalleler arası entegrasyonun toplu taşıma ile sağlanması, kentsel bütünlüğü güçlendirir; izolasyonu ve gettolaşmayı önler. 15 dakikalık kent mahallelerinde, yürüme ve bisiklete binme gibi aktif hareketlilik türleri toplu taşıma ile birleştirilerek toplu taşıma verimliliği artırılır ve ilk/son mil bağlantıları ele alınır (Duany ve Steuteville, 2021 ; Pozoukidou ve Chatziyiannaki, 2021).

6. İnsan Ölçeğinde Kentsel Tasarım

   Model, araç odaklı değil, insan odaklı kentsel düzenlemeleri savunur. Yaya ve bisiklet yollarının güçlendirilmesi, kamusal alanların yeniden tasarımı ve günlük ihtiyaçların kısa mesafede karşılanabilmesi temel unsurlardır (Khavarian-Garmsir vd., 2023).

7. Esneklik

   Kamusal ve yarı kamusal alanların günün ya da haftanın farklı zamanlarında farklı işlevlere dönüştürülmesini savunur (Allam, Nieuwenhuijsen, vd., 2022 ; Balletto vd., 2021).Tek işlevli alanların çok işlevli kullanıma dönüştürülmesi, mekânsal verimliliği artırır (Khavarian-Garmsir vd., 2023).

3. 15 Dakikalık Kent Modelinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri

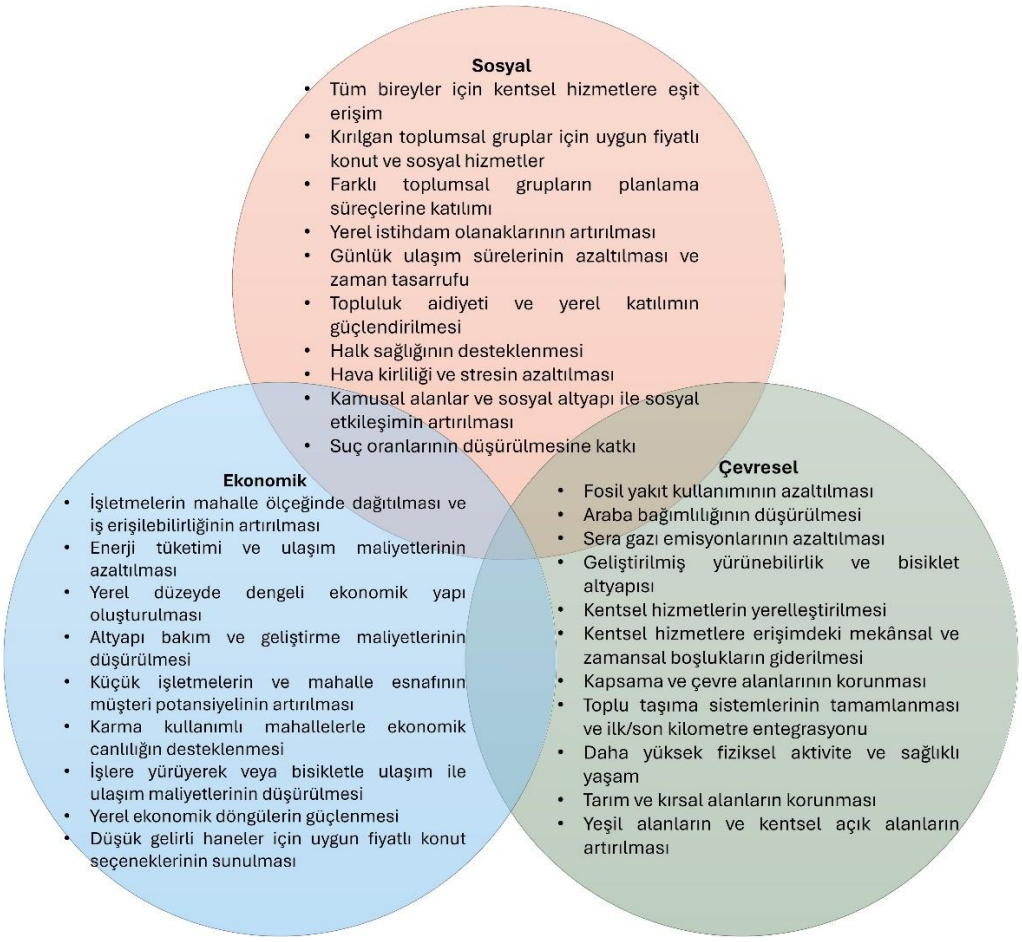
Sürdürülebilir gelişme, tüm toplumun halihazırda ve gelecekte, sağlığını ve esenliğini amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kent ise aynı zamanda afetlere ve çevre kirliliğine karşı güvenli, ekolojik değerlerini koruyan, yasam kalitesi yüksek bir kenti ifade etmektedir. Birleşmiş Milletler 17 Kalkınma amacı SKA-11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar ile SKA-13 İklim değişikliği alt hedefleri de kentlerde sürdürülebilirliğin nasıl sağlanacağına ilişkin bilgi vermektedir. Bu çerçevede, kentlerin bir yandan afetlerin etkilerine karşı dayanıklı olması, diğer yandan içinde yer aldıkları çevrede ekolojik, ekonomik ve sosyal olarak sürdürülebilirliklerini sağlamaları gerekmektedir. Kentsel planlama hakkındaki son tartışmalarda, 15 dakikalık kent kavramı, sürdürülebilir kentsel kalkınmayı teşvik etmenin bir yolu olarak dikkat çekmektedir (Iqbal vd., 2025).

Modelin temel ilkeleri olan yakınlık, çeşitlilik, yoğunluk ve dijitalleşme, kentsel yaşamın çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarını doğrudan etkileyerek sürdürülebilirliği destekler. Yoğunluk, kentlerde optimal şekilde planlandığında farklı sosyoekonomik grupların ihtiyaçlarına daha adil çözümler sunar; özellikle dezavantajlı toplulukların belediye hizmetlerine erişimi ve maliyet etkin hizmet dağılımı açısından desteklenmesini sağlar ve böylece sosyal sürdürülebilirliği güçlendirir (Sisson, 2023). Yakınlık, kentlerde erişilebilirliği artırarak hem işe gidip gelme sürelerini kısaltmakta hem de çevresel ve ekonomik etkileri azaltırken, kent sakinleri arasında sosyal etkileşimi güçlendirmektedir (Alexander vd., 1977; Duany vd., 2000; Jacobs, 1961'den akt. Moreno vd., 2021). Çeşitlilik ilkesi ise ekonomik canlılığı, sosyal uyumu ve kültürel etkileşimi destekleyerek turizm ve diğer ekonomik fırsatların artmasına katkı sağlar; bu yaklaşımın yalnızca mahalle ölçeğinde değil, bina düzeyine kadar uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır (Whyte, 1998; Brookfield, 1999;

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Moreno, 2019; Allam vd., 2022). Karma kullanımlı mahallelerin benimsenmesi, yoğunluk ve yakınlık ilkeleriyle uyumlu biçimde çalışarak sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği aynı anda destekler ve kent deneyimini zenginleştirir (Moreno vd., 2021). Bu çerçevede dijitalleşme, özellikle büyük veri ve dijital çözümlerin entegrasyonu sayesinde otomobil kullanımını azaltarak kaynak ve malzeme verimliliğini artırmakta; kentsel karbonsuzlaştırma çabalarını güçlendirmektedir (Enochsson vd., 2021). Pandemi döneminde evden çalışma ve sanal iletişimin yaygınlaşması ise dijitalleşmenin yakınlık odaklı planlama ile ilişkisini daha da görünür kılmış; hem çevresel dayanıklılığı artırmış hem de yenilenebilir enerji entegrasyonuna yönelik sürdürülebilirlik çabalarına katkı sağlamıştır (Enochsson vd., 2021).

Eşitlikçi ve işlevsel kentsel ortamlar yaratma amacıyla ortaya çıkan 15 dakikalık kent modelinin sürdürülebilirliğin 3 temel boyutuna olan etkisi Şekil 3'de belirtilmektedir.



Şekil 6. 15 Dakikalık Kent Modelinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri

3.1. Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri

15 Dakikalık Kent modeli, çevresel sürdürülebilirlik açısından bir dizi katkı sunmaktadır. Karma arazi kullanımı, konut, ticari ve rekreasyon alanlarını bir araya getirerek marketler, okullar, parklar ve işyerlerinin kolay erişilebilir olmasını sağlar. Böylece uzun işe gidip gelme süreleri azalır ve yerel yaşam alanları daha verimli kullanılır (Allam vd., 2020; Casarin vd., 2023). Başarılı bir uygulama için yürünebilirlik ve bisiklet altyapısı, iyi planlanmış yaya ağları ve geniş kaldırımlar ile desteklenmelidir (Moreno vd., 2021; Moreno vd., 2023). Bu düzenlemeler, fosil yakıtlı ulaşıma bağımlılığı azaltır, sera gazı

emisyonlarını düşürür ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine katkı sağlar (Moreno vd., 2021; Allam vd., 2020; Olivari vd., 2023; Moreno et al., 2023; Chen ve He, 2022).

Yaya dostu alanlar, trafik sıkışıklığını azaltırken kentsel iklim dayanıklılığını artırır ve yeşil altyapı sayesinde kentsel ısı adası etkilerini hafifletir. Toplu taşıma merkezlerinin çevresine yerleştirilen hizmetler ise aşırı iklim olayları sırasında kentsel sistemlerin dayanıklılığını güçlendirir (Moreno vd., 2021; Allam vd., 2020; Olivari vd., 2023; Wolański, 2023). Mevcut kentsel alanlarda 15 dakikalık kent yaklaşımı, banliyö ve tarım arazileri üzerindeki baskıyı azaltarak düzensiz kentleşmeyi önler ve kırsal alanların korunmasına destek olur (Pozoukidou & Chatziyiannaki, 2021).

Aktif ulaşım modlarının toplu taşıma ile entegrasyonu, ilk/son kilometre sorununu çözer ve toplu taşımayı daha verimli hâle getirir. Sakinler böylece minimum enerji tüketimi ile hareket eder ve günlük ihtiyaçlarını yerel olarak karşılar; enerji tüketimi azalır, hava kirliliği ve karbon emisyonları düşer (Moreno vd., 2021; Murgante vd., 2024; Liu vd., 2024; Allam vd., 2022). Tüm bu unsurlar, 15 Dakikalık Kent modelinin çevresel sürdürülebilirliğe sağladığı çok boyutlu katkıları ortaya koymaktadır.

Uygulamalı örnekler, 15 Dakikalık Kent yaklaşımının somut etkilerini göstermektedir. Paris, süperblok konseptini hayata geçirerek bisiklet yollarını ve yaya bölgelerini genişletmiş ve böylece modelin ilkelerini başarıyla uygulamıştır. Bu düzenlemeler sonucunda bisiklet kullanımı %60 artarken, araç kullanımı önemli ölçüde azalmıştır (Moreno vd., 2021). Benzer biçimde, Barselona ve Melbourne şehirleri, temel hizmetleri sakinlere daha yakınlaştıracak adımlar atarak hem kentsel yaşanabilirliği hem de sürdürülebilirliği güçlendirmiştir. Barselona'da süperblok modeli, yaya alanlarının önceliklendirilmesi ve yeşil alanların genişletilmesi ile uygulanmış, bunun sonucunda hava kalitesi iyileşmiş ve araç trafiğinde %25'lik bir düşüş sağlanmıştır (Ferrer-Ortiz vd., 2022; Di Marino vd., 2023).

3.2.Sosyal Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri

15 dakikalık kent yaklaşımı, toplumsal eşitliği güçlendirmeyi merkezine alır ve tüm bireylerin kentsel hizmetlere adil biçimde erişebilmesini hedefler. Bu bağlamda, kentsel altyapı ve hizmetlerin mekânsal olarak merkezden çevreye yayılması savunulmaktadır (Moreno vd., 2021). Model, özellikle kırılgan toplumsal gruplara yönelik uygun fiyatlı konut, istihdam olanakları ve sosyal destek mekanizmalarının geliştirilmesini öngörür. Ayrıca düşük gelirli veya marjinalleşmiş kesimler de dâhil olmak üzere farklı toplumsal grupların planlama süreçlerine katılımını teşvik eder (Moreno vd., 2021).

Krono-kentselcilik anlayışından beslenen 15 dakikalık kent yaklaşımı, gündelik ulaşımda harcanan süreyi azaltmaya yönelik yerelleştirilmiş istihdam olanakları oluşturur. Böylece sakinler, yaşam, sağlık, eğitim ve rekreasyon gibi temel sosyal faaliyetlere daha fazla zaman ayırabilir. Yakınlarda bulunan olanaklar, sakinlerin günlük ihtiyaçlarını uzaklara gitmeden karşılamalarına olanak tanır ve yerel katılımı teşvik ederek bir topluluk duygusunu destekler (Balcetis et al., 2020; Moreno et al., 2021). Ayrıca kaldırımlar gibi kamusal alanlar da sosyal etkileşimleri artırarak toplumsal aidiyeti güçlendirmektedir (Su vd., 2019).

15 dakikalık kent modeli halk sağlığı üzerinde de olumlu etkiler sunmaktadır. Yürünebilir ve karma kullanımlı mahalleler, fiziksel aktiviteyi artırarak obezite, hipertansiyon ve diyabet gibi bulaşıcı olmayan hastalık risklerini azaltabilir (Moreno vd., 2021; Murgante vd., 2024). Motorlu taşımacılığa bağımlılığın azalması, özellikle yoğun alanlarda hava kirliliğine maruziyeti azaltarak solunum sağlığını iyileştirir (Weng vd., 2019; Gaglione vd., 2021; Iqbal vd., 2025). Ayrıca, erişilebilir yeşil alanlar ve sosyal altyapının varlığı, düzenli açık hava aktivitesini, sosyal etkileşimi ve azalan stresi teşvik ederek ruh sağlığı ve refahı destekler (Liu vd., 2024; Murgante vd., 2024).

Yakınlık esasına dayalı kompakt mahalle tasarımı sosyal kazanımlar sağlamaktadır. ABD'deki araştırmalar, yaya erişilebilirliği yüksek mahallelerin halk sağlığını desteklediğini ve suç oranlarının azaltılmasına katkı sunduğunu göstermektedir (Kowaleski-Jones vd., 2018; Balcetis vd., 2020; Shannon vd., 2019).

3.3. Ekonomik Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri

15 dakikalık kent yaklaşımı, ekonomik sürdürülebilirlik açısından önemli potansiyeller barındırmaktadır. Öncelikle, işletmelerin mahalle ölçeğinde dağıtılması ve bireylerin işyerlerine yakın yaşamaları, enerji tüketimini ve ulaşım kaynaklı emisyonları azaltarak ekonomik sürdürülebilirliği desteklemektedir. Jin ve Paulsen (2017), Chicago metropol bölgesine ilişkin çalışmalarında iş erişilebilirliğinin işsizliği ve yoksulluğu azaltabileceğini, bireylerin becerileri ile uyumlu iş fırsatlarına erişimini artırarak ekonomik üretkenliği yükseltebileceğini ve eksik istihdamı azaltabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, 15 dakikalık kent modelinin yerel düzeyde daha dengeli bir ekonomik yapı oluşturabileceğini göstermektedir.

Model aynı zamanda, sakinlerin ulaşım maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlamasına olanak tanır. Arabaya bağımlı hanelerin karşılaştığı yakıt, bakım, park ve diğer ulaşım giderleri, yürünebilir mahallelerde yaşayan hanelere kıyasla daha yüksektir. Badawi vd. (2018), yürünebilir bölgelerde ulaşım maliyetlerinin, araba odaklı yerleşimlerde yaşayanların yaklaşık yarısı kadar olduğunu belirtmektedir. Bu durum, özellikle düşük ve orta gelirli haneler için ekonomik rahatlama yaratmakta ve elde kalan gelirin yerel ekonomiye yönelmesini kolaylaştırmaktadır.

Kompakt ve karma kullanımlı mahallelerin bir diğer avantajı, altyapı maliyetlerinin düşük olmasıdır. Yoğunluk ve işlev çeşitliliği, altyapının bakım ve geliştirme giderlerinin, düşük yoğunluklu ve otomobile bağımlı bölgelerdekinden daha az olmasını sağlar. Artan yaya hareketliliği, küçük işletmelerin, kafelerin ve mahalle esnafının müşteri potansiyelini artırarak ekonomik canlılığı destekler. Böylece mahalleler yalnızca konut odaklı alanlar olmaktan çıkar; günün farklı saatlerinde hareketli, üretken ve sosyal olarak dinamik merkezler hâline gelir.

Karma kullanımlı binaların ve mahalle ölçeğinde artan istihdam olanakları, bireylerin işlerine yürüyerek veya bisikletle ulaşabilmesine imkân tanır; bu durum hem ulaşım maliyetlerini azaltır hem de yerel ekonomik döngülerin güçlenmesini sağlar. Son olarak, 15 dakikalık kent modeli, düşük gelirli haneler için uygun fiyatlı konut seçenekleri sunarak daha kapsayıcı bir ekonomik yapı öngörür. Bu durum, sakinlerin yerel satın alımlara daha fazla kaynak ayırmasına ve yerel işletmelerin desteklenmesine katkı sağlayan yoksul yanlısı

bir strateji niteliğindedir (Moreno vd., 2021). Bu bütüncül çerçeveye bakıldığında, 15 dakikalık kent yaklaşımı merkeziyetçi ekonomik yapılara alternatif olarak daha adil, çeşitli ve dirençli bir ekonomik model sunduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Kentleşmenin getirdiği trafik yoğunluğu, hava kirliliği, kaynakların verimsiz kullanımı ve sosyal eşitsizlikler gibi sorunlar günümüz kentlerini tehdit etmektedir. Bu bağlamda 15 dakikalık kent modeli yakınlık, kompakt ve karma kullanımlı yoğun mahalle kullanımı, yaya ve bisiklet dostu altyapı uygulamaları ve akıllı teknolojilerin kullanımı ile kentlerin çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğine bütüncül katkılar sunmaktadır. Bu katkıların etkileşimi bir değer zinciri oluşturur.

Çevresel açıdan model, fosil yakıtlı ulaşım bağımlılığını azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürmekte, yeşil altyapı ve yerel hizmet erişimi ile kentsel iklim dayanıklılığını artırmakta, sosyal açıdan, uygun fiyatlı konut, erişilebilir hizmetler ve yerelleştirilmiş istihdam olanakları ile toplumsal eşitliği güçlendirmekte; yürünebilir, karma kullanımlı mahalleler aracılığıyla halk sağlığını ve topluluk aidiyetini desteklemekte, ekonomik açıdan ise mahalle ölçeğinde iş ve hizmet dağılımı, ulaşım maliyetlerinde tasarruf, altyapı verimliliği ve yerel ekonomik canlılık sağlamakta; düşük gelirli haneler için kapsayıcı ve adil bir ekonomik yapı sunmaktadır.

Tüm bu boyutlar birlikte ele alındığında 15 dakikalık kent modelinin, kentlerin hem mevcut hem de gelecekteki zorluklara karşı daha dirençli, adil ve yaşanabilir yerler olmasını sağlayan bir model olduğu sonucuna varılabilir. Bu bağlamda kent planlamasında 15 dakikalık kent modelinin uygulanması yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmayıp, sosyal eşitlik ve ekonomik çeşitliliği teşvik ederek sürdürülebilir kentler için etkili bir strateji sunmaktadır. Ancak modelin uygulanmasında beraberinde getirebileceği zorlukları ve riskleri de göz önüne almak gerekmektedir.

Kaynaklar

Aitken, I. T., Palm, M., & Farber, S. (2024). Exploring the interplay of transportation, time poverty, and activity participation. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *26*, 101175. https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101175

Alexander, C. (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford university press.

Allam, Z., Nieuwenhuijsen, M., Chabaud, D., & Moreno, C. (2022). The 15-minute city offers a new framework for sustainability, liveability, and health. *The Lancet Planetary Health*, *6*(3), e181-e183.

Allam, Z.; Nieuwenhuijsen, M.; Chabaud, D.; Moreno, C. The 15-minute city offers a new framework for sustainability, liveability, and health. *Lancet Planet. Health* 2022, *6*, e181–e183. 10.1016/S2542-5196(22)00014-6

Badawi, Y., Maclean, F., & Mason, B. (2018). The economic case for investment in walking.

Balcetis, E., Cole, S., & Duncan, D. T. (2020). How walkable neighborhoods promote physical activity: Policy implications for development and renewal. *Policy insights from the behavioral and brain sciences*, *7*(2), 173-180. https://doi.org/10.1177/2372732220939135

Balletto, G., Ladu, M., Milesi, A., & Borruso, G. (2021). A methodological approach on disused public properties in the 15-minute city perspective. *Sustainability*, *13*(2), 593. https://doi.org/10.3390/su13020593

Bright, D. (2021). Whose 15-Minute Windy City?: Evaluating Access to Walkable Places in Chicago. https://doi.org/10.17615/fcv0-cr12

Brookfield, K. Residents' preferences for walkable neighbourhoods. *J. Urban Des.* 2017, *22*, 44–58. https://doi.org/10.1080/13574809.2016.1234335

Casarin, G.; MacLeavy, J.; Manley, D. Rethinking urban utopianism: The fallacy of social mix in the 15-minute city. *Urban Stud.* 2023, *60*, 3167–3186. https://doi.org/10.1177/00420980231169174

Chen, X.; He, B.-J. Development of a framework for urban heat adaptation in 15-minute city. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; IOP Publishing: Bristol, UK, 2022. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1122/1/012005

Churchman, A. (1999). Disentangling the concept of density. *Journal of Planning Literature, 13*, 389–411. https://doi.org/10.1177/08854129922092478

Cohen, N., Rubinchik, A., & Shami, L. (2020). Towards a cashless economy: Economic and socio-political implications. *European Journal of Political Economy, 61*, 101820. https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2019.101820

Dempsey, N.; Brown, C.; Bramley, G. The key to sustainable urban development in UK cities? The influence of density on social sustainability. *Prog. Plan.* 2012, *77*, 89–141.

Di Marino, M.; Tomaz, E.; Henriques, C.; Chavoshi, SH 15 dakikalık şehir konsepti ve yeni çalışma alanları: Oslo ve Lizbon'dan bir planlama perspektifi. *Avrupa Planı. Çalışma.* 2023 , *31* , 598–620. https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2082837

Duany, A., Plater-Zyberk, E., & Speck, J. (2000). *Suburban nation: The rise of sprawl and the decline of the American dream*. Macmillan.

Enochsson, L., Palgan, Y. V., Plepys, A., & Mont, O. (2021). Impacts of the sharing economy on urban sustainability: The perceptions of municipal governments and sharing organisations. *Sustainability, 13*(8), 4213. https://doi.org/10.3390/su13084213

Ferrer-Ortiz, C.; Marquet, O.; Mojica, L.; Vich, G. Barselona'nın 15 dakikalık şehir merceği altında incelenmesi: Yaya seyahat sürelerine dayalı erişilebilirlik ve yakınlık potansiyelinin haritalanması. *Akıllı Şehirler* 2022 , *5* , 146–161. https://doi.org/10.3390/smartcities5010010

Guzman, L.A.; Arellana, J.; Oviedo, D.; Aristizábal, C.A.M. COVID-19, activity and mobility patterns in Bogotá. Are we ready for a '15-minute city'? *Travel Behav. Soc.* 2021, *24*, 245–256. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.04.008

Habibi, S., & Asadi, N. (2011). Causes, results and methods of controlling urban Sprawl. *Procedia Engineering, 21*, 133–141. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.1996

Han, C., Wu, Y., Chen, Z., & Wang, X.. (2019). Terahertz communications (TeraCom): Challenges and impact on 6G wireless systems. arXiv:1912.06040 *[cs, eess, math]* [Preprint]. http://arxiv.org/abs/1912.06040. Erişim tarihi:22.11.2025

Hess, P. (2014). Density, urban. In A. C. Michalos (Ed.), *Encyclopedia of quality of life and well-being research* (pp. 1554–1557). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_698.

Jin, J., & Paulsen, K. (2017). Does accessibility matter? Understanding the effect of job accessibility on labour market outcomes. Urban Studies, 55(1), 91-115. https://doi.org/10.1177/0042098016684099

Keleş, Ruşen (2015), *100 Soruda Türkiye'de Kentleşme, Konut, Gecekondu*, (Ankara: Cem Yayınevi).

Khavarian-Garmsir, A. R., Sharifi, A., & Sadeghi, A. (2023). The 15-minute city: Urban planning and design efforts toward creating sustainable neighborhoods. *Cities*, *132*, 104101. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104101

Kim, J.; Kwan, M.-P. The impact of the COVID-19 pandemic on people's mobility: A longitudinal study of the US from March to September of 2020. *J. Transp. Geogr*. 2021, *93*, 103039. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103039

Kowaleski-Jones, L., Zick, C., Smith, K. R., Brown, B., Hanson, H., & Fan, J. (2018). Walkable neighborhoods and obesity: Evaluating effects with a propensity score approach. *SSM-population health*, *6*, 9-15. https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2017.11.005

Lehmann, S. (2016). Sustainable urbanism: Towards a framework for quality and optimal density? *Future Cities and Environment*, *2*, 8. https://doi.org/10.1186/s40984-016-0021-3

Liu, D., Kwan, M. P., & Wang, J. (2024). Developing the 15-Minute City: A comprehensive assessment of the status in Hong Kong. *Travel behaviour and society*, *34*, 100666. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2023.100666

Lucas, K., Mattioli, G., Verlinghieri, E., & Guzman, A. (2016, December). Transport poverty and its adverse social consequences. In *Proceedings of the institution of civil engineers-transport* (Vol. 169, No. 6, pp. 353-365). Thomas Telford Ltd.

McKinsey and Company. (2018). *Smart city solutions: What drives citizen adoption around the globe?* McKinsey Center for Government. https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/smart-city-solutions-what-drives-citizen-adoption-around-the-globe. Accessed 10 April 2022.

Menon, A. (2017). Smart cities, livable cities. *Gfk Marketing Intelligence Review*, *9*. https://doi.org/10.1515/gfkmir-2017-0008

Mirincheva, V., Twill, J., Al-Saleh, N. (2023). Doha as a 15-Minute City: An Urban Fereej. In: Cochrane, L., Al-Hababi, R. (eds) Sustainable Qatar. Gulf Studies, vol 9. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7398-7_14

Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-Minute City": Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*, *4*(1), 93-111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006

Moreno, C., Chabaud, D., Gall, C. (2025). The 15-Minute City Model: An Integrated Urban Approach and a Game Changing Lifestyle Narrative. In: Carrión Mena, F., Silva Arias, E. (eds) From the City as a Project to the City Project. The Urban Book Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94235-8_29

Moreno, C. (2025, Nisan 17). From the 15-minute city to the 30-minute region: Rethinking how we live and connect. OECD Podcast. (S. MacLachlan, & S.-J. Kim, Röportajı Yapanlar) https://www.oecd.org/en/blogs/2025/04/from-the-15-minute-city-to-the-30-minute-region-rethinking-how-we-live-and-connect.html adresinden alındı

Murgante, B., Patimisco, L., & Annunziata, A. (2024). Developing a 15-minute city: A comparative study of four Italian Cities-Cagliari, Perugia, Pisa, and Trieste. *Cities*, *146*, 104765. https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104765

Olivari, B.; Cipriano, P.; Napolitano, M.; Giovannini, L. Are Italian cities already 15-minute? Presenting the Next Proximity Index: A novel and scalable way to measure it, based on open data. *J. Urban Mobil.* 2023, *4*, 100057. https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100057

Özerdem, H. (2025). 15 Dakikalık Şehirler Nedir ve Türkiye'de Uygulanabilir mi?. Erişim adresi: https://ozerdem.com/2025/08/25/15-dakikalik-sehirler-nedir-ve-turkiyede-uygulanabilir-mi/ Erişim tarihi: 18.11.2015

Polidoro, M., de Lollo, J. A., & Barros, M. V. F. (2012). Urban Sprawl and the challenges for urban planning. *Journal of Environmental Protection*, *3*. https://doi.org/10.4236/jep.2012.39117

Pozoukidou, G., & Chatziyiannaki, Z. (2021). 15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia. *Sustainability*, *13*(2), 928. https://doi.org/10.3390/su13020928

Reinartz, W., Wiegand, N., & Imschloss, M. (2019). The impact of digital transformation on the retailing value chain. *International Journal of Research in Marketing*, 350–366. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2018.12.002

Rodríguez-Pose, A.; von Berlepsch, V. Does population diversity matter for economic development in the very long term? Historic migration, diversity and county wealth in the US. *Eur. J. Popul.* 2019, *35*, 873–911. https://doi.org/10.1007/s10680-018-9507-z

Russell-Evans, V., & Hacker, C. S. (2011). Expanding waistlines and expanding cities: Urban Sprawl and its impact on obesity, how the adoption of smart growth statutes can build healthier and more active communities. *Virginia Environmental Law Journal*, *29*(1), 63–113. https://www.jstor.org/stable/24789325. Accessed 10 April 2022.

Salingaros, N. A. (2006). *Compact city replaces Sprawl*. Crossover: Architecture, Urbanism, Technology.

Shannon, R., Mant, J., Dessewffy, M., & Harrison, L. (2019, November). 20-minute neighbourhoods: Creating a more liveable melbourne. In *5th International Conference on Transportation and Health*. ICTH.

Sisson, P. (2023). What is a 15-minute city? Erişim adresi: https://www.citymonitor.ai/analysis/what-is-a-15-minute-city/?cf-view Erişim tarihi: 24.11.2025

Su, S., Zhou, H., Xu, M., Ru, H., Wang, W., & Weng, M. (2019). Auditing street walkability and associated social inequalities for planning implications. *Journal of transport geography*, *74*, 62-76. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.003

UN DESA. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.* doi:10.18356/b9e995fe-en

Verburg, P. H., Ritsema van Eck, J. R., & Schot, P. (2004). Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *31*(1), 125–150. https://doi.org/10.1068/b307

Viale Pereira, G., Cunha, M. A., Lampoltshammer, T. J., Parycek, P., & Testa, M. G. (2017). Increasing collaboration and participation in smart city governance: a cross-case analysis of smart city initiatives. *Information Technology for Development*, *23*(3), 526–553. https://doi.org/10.1080/02681102.2017.1353946

Whyte, W. H. (2012). *City: Rediscovering the center*. University of Pennsylvania Press.

Wolański, M. The potential role of railway stations and public transport nodes in the development of "15-minute cities". Infrastructures 2023, 8, 141. https://doi.org/10.3390/infrastructures8100141

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ÇİM ALANLAR VE EKOLOJİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TARTIŞMASI

Öğr. Gör. Hande ASLAN
Ankara Üniversitesi, handeaslan@ankara.edu.tr - 0000-0002-2659-3604

Dr. Reva ŞERMET ACAR
Ankara Üniversitesi, rsermet@ankara.edu.tr - 0000-0001-6682-4684

Doç. Dr. Fatma AŞILIOĞLU
Ankara Üniversitesi, fatma.asilioglu@ankara.edu.tr - 0000-0001-9869-9638

Özet

Kentsel ısı adası etkisi, şehirleşmenin artmasıyla birlikte doğal yüzeylerin yerini alan geçirimsiz malzemelerin güneş enerjisini soğurması sonucu kent içi sıcaklıkların yükselmesiyle ortaya çıkan bir olgudur. Bu etkinin azaltılması amacıyla yeşil yüzeylerin, özellikle de çim alanların yaygınlaştırılması sıkça başvurulan bir yaklaşımdır. Ancak çim yüzeyler, serinletici etkilerine rağmen yüksek su tüketimi, bakım gereksinimi ve düşük biyoçeşitlilik gibi ekolojik sınırlılıklar taşır. İklim değişikliğiyle artan kuraklık ve su kaynaklarındaki azalma, çimin sürdürülebilirliğini tartışmalı hale getirmektedir. Bu çalışma, çim yüzeylerin kentsel ısı adası etkisini azaltmadaki katkısını ve sürdürülebilirlik açısından dezavantajlarını karşılaştırmalı biçimde ele almakta; alternatif bitki örtüsü yaklaşımlarına (kurakçıl bitkiler, yerli tür kullanımı, geçirgen yüzeyler) ilişkin öneriler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çim, kentsel ısı adası, iklim değişikliği, su kıtlığı, sürdürülebilir peyzaj

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte hızla artan kentleşme, doğal yüzeylerin yerini geçirimsiz ve ısıyı tutan malzemelerin almasına neden olmuş, bu durum "kentsel ısı adası etkisi (KIAE)" olarak tanımlanan önemli bir çevresel sorunu beraberinde getirmiştir. Kentsel ısı adası etkisi, kent merkezlerinde hava ve yüzey sıcaklıklarının aynı iklim kuşağındaki kırsal alanlara kıyasla belirgin biçimde daha yüksek seyretmesi durumudur (Oke, 1987; Stewart & Oke, 2012). Bu fark, özellikle gece saatlerinde daha belirgin hale gelmekte ve kentlerin mikroklimasını, enerji tüketimini, insan sağlığını ve ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle yoğun nüfus ve yapı stoğunun yer aldığı büyük kentlerde ciddi bir problem olarak karşımıza çıkan kentsel ısı adası oluşumu, doğal değişkenler ile yapılı çevrede meydana gelen insan faaliyetlerinin karmaşık bir etkileşiminin sonucudur (Cin ve Partigöç Şüyün, 2025).

Kentsel ısı adası oluşumunun başlıca nedenleri arasında yoğun yapılaşma, geçirimsiz yüzeylerin artışı (asfalt, beton vb.), güneş ışınının bu yüzeyler tarafından emilerek sıcaklığın artması (Yüksel, 2005), bitkilerle kaplı yüzeylerin azalması, bitki örtüsünün en büyük faydalarından olan terleme ve buharlaşma döngüsünün azalması, azalan hava sirkülasyonu, su kütlelerinin azalması sonucunda kentsel alanlarda termal düzenleme kapasitesinin düşmesiyle ortaya çıkan termal atalet (Cin ve Partigöç Şüyün, 2025), atmosferdeki kirleticilerin ısı tutucu etkisi ve yüksek enerji tüketimi (Temur, 2023) sayılabilir. Bu unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, modern kentlerin doğal soğutma kapasitesini büyük ölçüde yitirdiği görülmektedir.

Son yıllarda, bu olumsuz etkiyi azaltmak için peyzaj tasarımları ve özellikle yeşil altyapı uygulamaları önemli bir çözüm alanı olarak öne çıkmaktadır. Yeşil alanlar; gölgeleme, evapotranspirasyon (buharlaşma-terleme), yüzey yansıtıcılığı (albedo) ve hava kalitesi üzerindeki olumlu etkileri sayesinde kentsel sıcaklıkların düşürülmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Parklar, cadde ve yol ağaçlandırmaları, yeşil çatılar, dikey bahçeler ve diğer bitkisel düzenlemeler kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında doğa temelli çözümler olarak değerlendirilmektedir.

Bu bağlamda, çim yüzeyler kent içi peyzaj tasarımlarında en yaygın kullanılan unsurlardan biridir. Yüzey sıcaklıklarını düşürmesi, estetik görünüm sunması, kullanım kolaylığı gibi nedenlerle tercih edilen çim yüzeyler; kentsel alanları serinletme potansiyeline sahiptir. Ancak, iklim değişikliğinin giderek daha ciddi bir boyut kazanması, hayatın her alanında hissettirdiği olumsuzluklar, buna bağlı yaşanan su kıtlıkları ve ekolojik sürdürülebilirlik tartışmaları, çim yüzeylerin uzun vadeli etkinliğini sorgulanır hale getirmiştir. Bu çalışma, çim yüzeylerin kentsel ısı adası etkisini azaltmadaki rolünü, ancak aynı zamanda çevresel maliyetlerini de dikkate alarak bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. ÇİM ALANLARIN KENTSEL ISI ADASI ÜZERİNDEKİ MİKROKLİMATİK ROLÜ

Kentsel yüzeylerin mikroklimatik özellikleri, ısı adası etkisinin şiddetini doğrudan etkileyen başlıca faktörlerden biridir. Beton, asfalt ve taş gibi geçirimsiz malzemeler, yüksek ısı depolama kapasitesi ve düşük yansıtıcılık (albedo) değerleri nedeniyle güneş enerjisini tutar ve gün boyunca biriktirdikleri ısıyı gece boyunca atmosfere salar. Bu durum, kent merkezlerinde özellikle gece sıcaklıklarının düşmesini engeller (Oke, 1987; Stewart & Oke, 2012). Buna karşılık bitkisel yüzeyler, özellikle de çim alanlar, enerji dengesini farklı mekanizmalarla yöneterek ortam sıcaklığını azaltır.

Çim yüzeylerin serinletici etkisi temelde üç ana mekanizma üzerinden gerçekleşir. Bunlar; albedo, evapotranspirasyon ve ısı depolama kapasitesi farkıdır.

- *Yüzey Yansıtıcılığı (Albedo)*

Albedo, bir yüzeyin güneş radyasyonunu ne derece yansıttığını belirten boyutsuz ve birimsiz bir niceliktir. Bir yüzey tarafından emilen veya yansıtılan enerji miktarı o yüzeyin albedosu ile

ilişkilendirilir (TÜBİTAK, 2024). Düşük albedo değeri, enerjinin büyük miktarda yansıtılmadığını ve daha yüksek yüzey sıcaklıklarıyla karşılaşılacağını ifade eder. Bitki örtüsü olmayan yerlerde, yüzeyler için bu durum geçerli sayılmaktadır. Bitki örtüsü kısa dalga güneş radyasyonunun yaklaşık %5-30'unu yansıtır ve dolayısıyla 0,05-0,3'lük bir albedoya sahiptir (Hasanov ve Dursun, 2024). Albedo değeri arttıkça yüzeyin güneş enerjisini tutma kapasitesi azalır; bu da yüzey sıcaklığının düşmesini sağlar. Albedo değeri yüzey rengine göre de değişir. Koyu renkli yüzeyler, açık renkli yüzeylere göre güneş enerjisini daha az yansıtmaktadır.

Çim yüzeylerin yansıtıcılık değeri, koyu renkli asfalt veya beton yüzeylere göre daha yüksektir. Bunun nedeni, çimin hem daha açık renkli bir yüzeye sahip olması hem de canlı bir bitki örtüsü olarak enerjinin bir kısmını fizyolojik süreçlerde kullanmasıdır.

Safranbolu örneğinde yapılan bir uydu veri analizinde, albedo ile NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) arasında negatif, albedo ile yer yüzey sıcaklığı arasında ise pozitif korelasyon gözlenmiştir (Yücer, 2023).

- *Buharlaşma ve Terleme (Evapotranspirasyon)*

Çim alanlar, yüzey sıcaklığını düşürmede en etkili mekanizma olan evapotranspirasyon süreciyle çalışmaktadır.

Bitkiler, terleme yoluyla havaya su buharı salmakta olup, gün içerisinde güneşten yeryüzüne gelen radyasyonu buharlaşma - terleme (evapotranspirasyon) yoluyla atmosfere geri salmaktadır (Öngen ve Ergüler, 2021). Bu süreçte çevreden ısı çekmekte ve ortamın sıcaklığını doğal olarak düşürmektedir (Gill et al., 2007; Bowler et al., 2010). Özellikle yaz aylarında, aktif olarak terleme yapan ve sulanan çim yüzeyler, sulanmamış veya sert zeminlere kıyasla önemli serinletici etki oluşturmaktadır (Water Sensitive SA, 2020; Turf Queensland, 2021; Green Acres Turf Group, 2022). Bu durum, kent mikroklimasında lokal serinleme etkisi yaratarak, insanların dış mekân konforunu artırmaktadır.

- *Isı Depolama Kapasitesi ve Gece Soğuması*

Çim yüzeylerin bir diğer avantajı, düşük ısı depolama kapasitesi sayesinde güneş battıktan sonra hızla soğuyabilmeleridir. Beton ve asfalt gibi sert yüzeyler, gün boyunca soğurdukları ısıyı uzun süre depolayarak gece boyunca atmosfere geri yayar; bu durum, kentsel ısı adası etkisinin özellikle gece saatlerinde devam etmesine yol açar (Santamouris, 2015). Buna karşın çim ve diğer bitkisel yüzeyler, toprağın nemi ve bitki dokusunun ısı iletim özellikleri sayesinde ısıyı daha kısa sürede kaybeder. Sonuç olarak, gece-gündüz sıcaklık farkı dengelenir ve kent ortamında termal konfor artar (Bowler et al. 2010; Gill et al. 2007).

2.1. Çim Yüzeylerin Sıcaklık ve Nem Üzerindeki Etkileri

Farklı iklim kuşaklarında yapılan ölçümler, çim alanların yüzey sıcaklıklarının beton ve asfalt yüzeylere göre 5 ila 15 °C daha düşük olabildiğini ortaya koymuştur.

Singapur kent merkezi için yapılan çalışmada, ortalama yüzey sıcaklığı çim alanlarda 35,6°C, beton yüzeylerde ise 40,7°C ölçülmüştür (Yu & Hien 2006). Ankara kentinde ise ortalama

yüzey sıcaklığı çim alanlarda 29-30°C iken geniş asfalt ve beton yüzeylerde 45°C olarak ölçülmüştür (Duman Yüksel, 2008). Adıgüzel vd. (2022), İskenderun'da gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında, günün farklı saatlerinde farklı yüzeylerde yüzey sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Bu çalışmada asfalt yüzeyler güneş altında 54°C, çim alanlar 40°C, bitki altındaki çim alanlar ise 26°C olarak ölçülmüştür. Ağaç gölgesindeki çim yüzeylerin serinlik etkisinin daha fazla olduğu vurgulanmıştır. Farklı kentlerde farklı arazi örtülerinin yüzey sıcaklık değerlerindeki bu paralelliğin, çim alanların yüzey sıcaklıklarını düşürme konusunu ifadesi açısından oldukça anlamlı olduğu söylenebilir.

Bu fark, sadece yüzey sıcaklığında değil, çevresel hava sıcaklığı ve nem oranı üzerinde de hissedilir. Çünkü çim alanlar, buharlaşma yoluyla nem ve ısı değişimini etkileyerek yakın çevresindeki hava tabakasını da serinletmektedir.

Tama New Town'da yapılan bir çalışmada; Ağustos ayında öğle saatlerinde asfalt ve beton zemin üzerinde hava sıcaklığı ölçümleri yapılmış, beton zemin üzerinde hava sıcaklığı 55 °C olarak belirlerken, eş zamanlı olarak parktaki çim alanda ise hava sıcaklığı 40,3 °C olarak belirlenmiştir (Duman Yüksel, 2008).

100m çeperinde büyük su kütlesi ve/veya park alanı bulunmayan Bakırköy Özgürlük Meydanı için gerçekleştirilen çalışmada, farklı doğa tabanlı stratejilerin KIA yoğunluğunu azaltma potansiyelleri incelenmiştir. Çalışmanın mevcut durum incelemesi sonucunda, meydan alanında ortalama sıcaklık 34°C olarak tespit edilmiş, çim yüzey kullanımı ile yapılan düzenlemelerde ise ortalama sıcaklığın 33.7°C'ye düştüğü görülmüştür (Kızıltoprak ve Erdem Okumuş, 2025).

Çim alanların bulunduğu açık mekânlarda, gölge yaratan ağaçlarla birlikte kullanıldığında serinletici etkilerinin katlanarak arttığı bilinmektedir. Çim yüzeylerin mikroklimayı serinletici etkisi, yalnızca fiziksel ölçümlerle değil, kullanıcı konforu açısından da önemlidir. Kullanıcı gözlemlerine dayanan pek çok çalışma, yeşil alanlarda, serinletici etkiye paralel olarak, ısı rahatsızlığı hissinin de azaldığını ortaya koymaktadır.

2.2. Diğer Ekolojik Etkiler ve Karbon Bağlantısı

Çim bitkileri atmosferik kirleticilerin en kötü grubu olan karbon dioksit, peroksiasetil nitrat ve hidrojen florürü absorbe ederek kirletici düzeyini önemli ölçüde düşürmektedir (Zere Taşkın ve Bilgili, 2020).

Çim alanlar, KIAE'yi azaltarak klima ve enerji tüketimini düşürür, dolayısıyla şehirde fosil yakıt kullanımını ve karbon salınımını azaltır. Aynı alanlar atmosferden karbon tutar ve toprağa depolar. Dolayısıyla mikroklimatik soğutma + karbon sekestrasyonu birlikte kentsel çevrede karbon yönetimi ve ısı adası etkisinin hafifletilmesi açısından bir sinerji yaratır, kentin karbon bilançosuna ve termal konforuna olumlu katkı sağlar.

Bu bulgular, çim alanların sadece sıcaklığı düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda hava kalitesi ve karbon dengesi açısından da kent ekosistemine önemli katkı sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, çim yüzeylerin bu olumlu etkilerinin yüksek su ve bakım gereksinimi

nedeniyle sürdürülebilirliği tartışmalıdır. Bir sonraki bölümde, çimin bu ekolojik sınırlılıkları ve iklim değişikliği bağlamında karşılaştığı zorluklar ele alınacaktır.

3. ÇİM YÜZEYLERİN EKOLOJİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK SORUNLARI

Çim yüzeyler, kentsel alanlarda mikroklimayı olumlu yönde etkileyerek hava sıcaklığını düşürme, nem oranını artırma, yüzey sıcaklıklarını dengeleme ve dolayısıyla kentsel ısı adası etkisini azaltma işlevi görür. Ayrıca çim ve diğer bitkisel yüzeyler, fotosentez yoluyla karbon döngüsüne katkıda bulunarak kent içi karbon birikimini bir nebze azaltır. Bu özellikleri nedeniyle çim, kentsel alanlarda hem termal konfor hem de ekolojik hizmet sağlama potansiyeli sunar. Ancak çimin bu olumlu etkileri, yüksek su ihtiyacı, düzenli sulama, biçme, gübreleme ve gerekirse ilaçlama gibi yoğun bakım gereksinimleri nedeniyle sürdürülebilirlik açısından sınırlıdır. Özellikle kurak iklimlerde ve su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, bu bakım uygulamaları hem çevresel maliyeti artırır hem de ekolojik dengeyi zorlar.

Bu kapsamda, çim alanların yüksek su tüketimi ve bakım gereksinimleri gibi ekolojik maliyetleri, aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.

3.1. Su Kullanımı ve Sulama İhtiyacı

Çim alanların sürdürülebilirlik açısından önemli bir sorunu, yüksek su tüketimi gereksinimidir. Çim alanların su ihtiyacı, tür, iklim, toprak yapısı ve bakım koşullarına bağlı olarak değişir. Çim alanların sağlıklı ve estetik görünümlerini koruyabilmesi için yoğun su tüketimi gereklidir.

Çim alanlarda sulamanın önceliği kurak iklimlerde çimin canlılığını devam ettirmesi için gereken düzeyden, nemli iklimlerde ise arzu edilen yeşil rengin sağlanabilmesi için gereken düzeye kadar değişebilir (Kneebone ve ark. 1992'den akt. Baştuğ, 1999). Öte yandan, gübre ve pestisit uygulamalarının etkili olabilmesi için de suya ihtiyaç vardır.

Kurakçıl Peyzaj Uygulama Rehberi'ne göre, bir metrekarelik çim alan günlük olarak yaklaşık 7–10 litre su tüketebilmekte ve bu ihtiyaç, bitkisel bakım maliyetlerini artırmaktadır (Su Verimliliği, 2024). Soğuk iklim çimleri için günlük yaklaşık 3–8 mm/gün, sıcak iklim çimleri için ise günlük yaklaşık 2–5 mm/gün su kullanımından söz edilebilir. Bu da çim bitkilerinin su ihtiyacının yaklaşık 2–8 litre/m²/gün olarak değiştiğini göstermektedir (Wu et al. 2014).

Bu durum, özellikle yaz aylarında kurak ve yarı kurak iklim kuşaklarında ciddi bir sürdürülebilirlik sorunu oluşturur. Yoğun sulama, yalnızca su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmakla kalmaz, aynı zamanda pompaj ve sulama sistemlerinin enerji tüketimi yoluyla dolaylı karbon salınımını da yükseltir. Bu durum, çim alanların mikroklimatik faydalarını sınırlayan önemli bir çevresel maliyet olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, özellikle su kıtlığı çeken şehirlerde, çim alanların planlanması ve yönetimi, iklim koşulları, su kaynakları ve enerji verimliliği gözetilerek yapılmalıdır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3.2. Bakım ve Enerji Kullanımı

Çim alanlar, ağaç ve çalı ile örtülü alanlardan çok daha fazla bakıma ihtiyaç duymaktadır. İster tohum ile isterse rulo çim döşenerek tesis edilsin, tesis sonrası bakım koşulları iyi olmazsa kolay bir şekilde sağlıklı ve yeşil görünümlerini kaybedebilirler. Çim alanlar mutlaka belirli aralıklarla havalandırılmalı, zararlılara karşı ilaçlanmalı, gübrelenmeli ve düzenli aralıklarla biçilmelidir (Özgüç Şakar vd. 2024).

Çim alanlarda uygulanan bakım işlemleri (biçme, budama ve diğer mekanik müdahaleler), fosil yakıt tüketimi yoluyla CO_2 emisyonu üretmektedir. Benzinli çim biçme makineleri, sulama pompaları ve diğer bakım ekipmanları kent ekosistemine ek karbon yükü getirmektedir. Bu durum, çimlerin kentsel serinletici etkisi ile karbon ayak izi arasında bir çelişki oluşturmaktadır. Yoğun bakım gerektiren çim sistemlerinde kullanılan enerji ve ekipman girdilerinin çimlerin karbon yutağı potansiyelini 5–24 yıl içinde nötrleştirebileceğini belirtilmektedir (Kong et al., 2022).

3.3. Gübreleme ve Sera Gazları / Su Kaynaklarının Kirlenmesi

Çim alanlarda gübre olarak kullanılan azot bileşikleri, özellikle doğru yönetilmediğinde nitröz oksit (N_2O) gibi güçlü sera gazlarının atmosfere salınmasına yol açmaktadır. Kaliforniya'da yapılan bir araştırmada, yılda iki kez gübre uygulandığında m^2 başına yıllık 108 g karbon tutulurken, gübreleme sıklığı yılda 15'e çıkarıldığında yıllık 258 g karbonun atmosfere salındığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, çim alanların karbon dengesinin, aşırı bakım ve gübreleme ile tersine dönebileceğini göstermektedir (Townsend-Small and Czimczik, 2010).

Çim alanlarda uygulanan gübreler, özellikle azot (N) ve fosfor (P) içeren bileşikler, yağış ve sulama yoluyla topraktan yıkanarak yer altı ve yüzey sularına karışabilir. Bu durum, eutrofikasyon olarak adlandırılan, su ekosistemlerinde alg patlamaları ve oksijen düşüşü ile sonuçlanan olumsuz çevresel etkileri tetikler (Carrow, 1995; Sharpley et al., 1994).

Yüksek yoğunlukta çim alanlara uygulanan gübreler, özellikle şehir içi park ve spor alanlarında, yağmur sonrası kanalizasyon sistemlerine taşınabilir; böylece nehir ve göllerde besin yükünü artırarak su kalitesini bozar (Townsend-Small & Czimczik, 2010). Bu etki, hem insan kullanımı açısından suyun güvenliğini tehdit eder hem de ekosistem hizmetlerini olumsuz etkiler.

3.4. Pestisit ve Herbisit Kullanımı

Çim alanlarda uygulanan pestisit ve herbisitler yalnızca hedef zararlı türleri etkilemekle kalmamakta, ekosistem hizmeti sağlayan diğer organizmalar üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Hostetler 2012'den akt. Özgüç Şakar vd. 2024). Uygulanan kimyasallar, yağış veya sulama yoluyla yüzey ve yer altı sularına taşınarak akışkan ekosistemlerde birikebilmekte, toprak ve su ekosistemlerini de kirletebilmektedir. Bu durum, nehir ve göllerde biyolojik çeşitlilik kaybı, alg patlamaları ve toksik etkiler gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Pimentel et al., 1992; Gilliom, 2007).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tüm bu bahsedilenler, toprak biyolojik çeşitliliğinin ve su kalitesinin bozulmasına neden olabilmekte ve çim alanların ekosistem fonksiyonlarını sınırlayabilmektedir. Özellikle yoğun bakım gerektiren spor alanları ve park çimleri, pestisit yükünün yüksek olabileceği alanlar olarak dikkat çekmektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma, çim yüzeylerin kentsel ısı adası etkisini azaltmadaki katkılarını ve sürdürülebilirlik açısından dezavantajlarını karşılaştırmalı biçimde ele almıştır. Elde edilen bulgular, çim alanların mikroklimayı serinletici etkisinin belirgin olduğunu, özellikle yaz aylarında yüzey sıcaklıklarını sert zeminlere kıyasla önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir (Water Sensitive SA, 2020; Bowler et al., 2010; Townsend-Small & Czimczik, 2010). Öte yandan, sulama ihtiyacı, bakım, gübreleme ve pestisit/herbisit kullanımı gibi uygulamalar, çim alanların ekolojik sürdürülebilirliğini sınırlamakta ve su ile karbon dengesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Gill et al., 2007; Pimentel et al., 1992). Bu nedenle, kentsel planlamada çim kullanımının faydaları ile ekolojik maliyetleri dikkatle değerlendirilmelidir.

Kentsel alanlardaki bitkilendirme çalışmalarında, çim alanların estetik ve fonksiyonel işlevlerini üstlenebilecek alternatif yer örtücü bitki türleri tercih edilebilir. Yerli türlerin kullanımı sayesinde hem az bakım gerektiren, hem de bulundukları yörenin ekolojik koşullarına uyum sağlamış, ek sulama ihtiyacı olmayan ve biyoçeşitliliği destekleyen alanlar oluşturmak mümkündür.

Kekik, yayılıcı ardıç türleri ve Japon çuha çiçeği gibi bitkiler çime alternatif olarak değerlendirilebilecek önemli yer örtücülerdendir. Kekik (*Thymus sp.*) aromatik özelliği ve kuraklığa dayanıklılığı olan, hafif yaya trafiğine olanak veren bir türdür. Ardıçlar (*Juniperus* sp.) ise yüksek dayanıklılıkları ve hızlı yayılma özellikleriyle öne çıkar. Gölge alanlarda ise yoğun yeşil halı görünümü oluşturan Japon süpürgesi (*Pachysandra terminalis*) tercih edilebilir. Yer örtücü bitki alternatifi olarak *Sedum* türleri de iyi bir seçimdir. Sukulent yapıda olan sedumlar çok düşük su ihtiyacına sahiptir, sıcaklığa dayanıklıdır ve sınırlı oranda basıma tolerans gösterebilir. Benzer şekilde yonca türleri de yer örtücü özellikleri sayesinde tercih edilebilir; dayanıklı, hızlı yayılan ve üzerinde yürümeye izin veren bitkilerdir.

Çime en iyi alternatiflerden biri de yabani çayır karışımlarıdır. Bu karışımlar doğal ve renkli bir görünüm sunarken polinatörleri çekerek kentsel ölçekte biyoçeşitliliğin artırılmasına katkı sağlar. Yabani çayır bitkilerinin çime alternatif olarak kullanıldığı pek çok başarılı uluslararası uygulama vardır. Londra'daki Queen Elizabeth Olympic Park çim alan yerine doğal bitki karışımlarıyla oluşturulmuş ve hem estetik hem ekolojik açıdan büyük etki yaratmıştır (Appleby, 2012; TIME, 2012). Ayrıca Macaristan'ın Veszprém şehrinde URBACT tarafından yürütülen "Wildflower Cities" girişimi kapsamında, iklime uyumlu şekilde yeniden düzenlenen alanlarda, biçme sıklığı azaltılmış, yerli yabani çiçek tohumları ekilmiş ve böylece bakım maliyetlerinde yaklaşık %20 oranında tasarruf sağlanırken, böcek ve polinatör çeşitliliği de artmıştır (URBACT, 2024). Dünya çapında bilinen High Line Park'ta çim yerine dayanıklı çayır ve mera bitkilerinden; *Sporobolus heterolepis, Bouteloua curtipendula, Bouteloua gracilis,*

Andropogon gerardii, Panicum virgatum gibi türler tercih edilmiştir (Schreier, 2016). Hem estetik hem ekolojik işlevselliği artırmak amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, bu örnekler, geleneksel çim kullanımının bakım yükü ve su ihtiyacı gibi zorluklarına karşı, yerli veya yarı-doğal yabani çayır karışımları aracılığıyla kentsel peyzajda hem ekolojik hem ekonomik olarak sürdürülebilir bir çözüm sunulduğunu göstermektedir.

Kuraklığa dayanıklı lavanta (*Lavandula sp*.), biberiye (*Rosmarinus sp*.) ve adaçayı *(Salvia sp*.) gibi türler de çim yerine kullanılabilecek etkili alternatiflerdir. Bu türlerle oluşturulan karışık düzenlemeler, hem estetik hem de neredeyse tamamen bakım gerektirmeyen bir peyzaj olanağı sunar.

Çim alanların yerine, geçirimli taş ve kaya materyalleri ya da ağaç kabuğu gibi malç malzemeleri kullanılarak bitkisiz doğal kaplama alternatifleri de oluşturulabilir.

Çim tercih edilecekse, bu alanların boyutunun mümkün olduğunca minimize edilmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır. Çim türlerinin seçiminde de kuraklığa dayanıklı, az su ve bakım gerektiren çeşitlerin tercih edilmesi önemlidir. Bu yaklaşım, çim alanların kentsel serinletme etkisini korurken, bakım yükünü ve su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltabilir. Böylece çim alanların sağladığı mikroklimayı iyileştirici faydalar sürdürülürken, sürdürülebilir şehir peyzajı tasarımına da katkı sağlanmış olur.

Gerek çime alternatif olarak yerel bitki örtüsü içerisindeki çayır türlerinin kullanılmasıyla, gerekse kuraklığa dayanıklı ve düşük su ihtiyacına sahip çim türlerinin tercih edilmesiyle sulama maliyetleri azaltılabilir ve su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunulabilir.

Aşırı gübreleme ve pestisit kullanımının sınırlandırılması da sürdürülebilir peyzaj yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Çim alanlarda gübreleme uygulamalarının miktar ve zamanlama bakımından dikkatli şekilde yönetilmesi, hem şehir ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini hem de su kalitesini olumlu yönde etkiler. Bu sayede kentsel alanlarda sıcaklık düşürücü etkiler korunurken, ekolojik denge ve çevresel sürdürülebilirlik desteklenmiş olur.

KAYNAKLAR

Adıgüzel, F., Sert, B.E ve Çetin, M. (2022) Kentsel alanda kullanılan zemin malzemelerinden kaynaklanan yüzey sıcaklığı artışının önlenmesinde ağaçların etkisinin belirlenmesi. MKU. Tarım Bilimleri Dergisi. 27(1) : 18-26. DOI: 10.37908/mkutbd.1024883

Appleby, R. (2012). *Golden Meadows project at Queen Elizabeth Olympic Park*. London: Olympic Park Authority.

Baştuğ, R. (1999). Çim alanların su gereksinimi ve sulanması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12, 169-182.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence.* Landscape and Urban Planning, 97(3), 147–155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

Carrow, R. N. (1995). *Managing turfgrass to minimize environmental impact.* Journal of Turfgrass Management, 1(1), 45–57.

Cin, E. ve Partigöç Şüyün, N. S. 2025. Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltmaya Yönelik Politika ve Planlama Yaklaşımları: İstanbul ve Tokyo Kentleri Üzerinden Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. Urban 21, 3(2): 98-126.

Duman Yüksel, Ü. (2008). Kentlerde Yapısal ve Yeşil Alanlardaki Hava ve Yüzey Sıcaklıklarının İrdelenmesi: Ankara Örneği. Ekoloji, 18(69), 66-74.

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R. ve Pauleit, S. (2007). *Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure*. Built Environment, 33(1), s. 115–133.

Gilliom, R. J. (2007). *Pesticides in the nation's streams and ground water, 1992–2001.* U.S. Geological Survey Circular 1291. https://pubs.usgs.gov/circ/2005/1291/

Green Acres Turf Group. (2022). *Conveying the benefits of irrigated turf for cooling – Final Report.* Green Acres Turf Group. https://greenacresturfgroup.com.au/wp-content/uploads/2022/09/TU18000-Final-Report-Conveying-the-benefits-of-Irrigated-Turf-for-Cooling-Complete.pdf?utm_source=chatgpt.com

Hasanov, D. ve Dursun, D. (2024). Assessment of Climate Sensitivity of Residential District Regulations in Development Plans: The Case of Erzurum. PLANARCH - Design and Planning Research, 8(1), 1-11. DOI: 10.54864/planarch.1455477.

Kızıltoprak, M. ve Erdem Okumuş, D. (2025). Kentsel Isı Adası Yoğunluğunun Azaltımına Yönelik Doğa Tabanlı Çözümler: Bakırköy Özgürlük Meydanı Örneği. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı, V. Kentsel Morfoloji Sempozyumu*, Trabzon, Türkiye, pp.1.

Kong, X., Li, Z., Wang, J., & Chen, Y. (2022). *Energy inputs and carbon balance in urban turfgrass systems: A review.* Plants, 11(19), 2478. https://www.mdpi.com/2223-7747/11/19/2478?

Oke, T. R. (1987). Boundary layer climates. Routledge.

Öngen, A. S. ve Ergüler, Z. A. (2021). The effect of urban heat island on groundwater located in shallow aquifers of Kütahya city center and shallow geothermal energy potential of the region, Turkey. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 165, 217-234. https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.820395

Özgüç Şakar, İ. M., Kart Aktaş, N., Emeksiz, B.E. ve Özkırım, S. (2024). Küresel iklim değişikliği bağlamında çim alanlarının karbon döngüsüne etkisi: İstanbul ili örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 25(2): 184-195.

Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., … & D'Amore, M. (1992). *Environmental and economic costs of pesticide use.* BioScience, 42(10), 750–760. https://doi.org/10.2307/1311999

Santamouris, M. (2015). *Regulating the damaged thermostat of the cities—Status, impacts and mitigation challenges.* Energy and Buildings, 91, 43–56. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.022

Schreier, J. (2016, October 28). *A journey of the High Line planting*. Retrieved from https://jannaschreier.com/2016/10/28/a-journey-of-the-high-line-planting/

Sharpley, A., Chapra, S., Wedepohl, R., Sims, J., Daniel, T., & Reddy, K. (1994). *Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options.* Journal of Environmental Quality, 23(3), 437–451.

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879–1900.

Su Verimliliği. (2024). *Kurakçıl Peyzaj Uygulama Rehberi.* https://www.suverimliligi.gov.tr/wp-content/uploads/2024/03/Kurakcil-Peyzay-Uygulama-Rehberi_Nihai-Dokuman.pdf?

Temur, H. (2023). Sürdürülebilirlik Kapsamında Kentsel Isı Adası Oluşumu. Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Yaklaşımlar. Editör: Dr. Öğr. Üyesi Arya BİÇEN. Duvar Yayınları, İzmir. 65-90.

TIME. (2012, August 1). "Wild Meadows at the Olympic Park: Greening London's Legacy." *TIME Magazine*.

Townsend-Small, A., & Czimczik, C. I. (2010). *Carbon sequestration and greenhouse gas emissions in urban turfgrass*. **Geophysical Research Letters, 37**(17), L16702. https://doi.org/10.1029/2010GL043998

Turf Queensland. (2021). *Thermal benefits of green life in the urban landscape.* Turf Queensland. https://www.turfqueensland.org.au/thermal-benefits-of-green-life-in-the-urban-landscape/?utm_source=chatgpt.com

TÜBİTAK. (2024). *Geri yansıtma kapasitesi (albedo).* TÜBİTAK Kutup Ansiklopedisi. https://ansiklopedi.tubitak.gov.tr/kutup/ansiklopedi/geri-yansitma-kapasitesi

URBACT. (2024). *Wildflower Cities program overview*. URBACT.

Water Sensitive SA. (2020). *Urban heat and material research: Irrigated natural turf.* Water Sensitive SA. https://www.watersensitivesa.com/urban-heat-materials-research/?utm_source=chatgpt.com

Wu, L., Carrow, R. N., & Duncan, R. R. (2014). *Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/274065754_Minimum_Water_Requirements_of_Four_Turfgrasses_in_the_Transition_Zone

Yu, C. and Hien, W.N. (2006) Thermal benefits of city parks. Energy and Buildings 38, 105-120

Yücer, E. (2023). *Albedo, Yer Yüzey Sıcaklığı ve NDVI Arasındaki İlişkinin Landsat-7 ve Landsat-8 Uydu Verileri Kullanılarak İncelenmesi: Safranbolu Örneği*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.

Yüksel, Ü. (2005). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözleme dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi üzerinde bir araştırma. Ankara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.

Zere Taşkın, S. ve Bilgili, U. (2020). Çevre ve insan sağlığı açısından çim bitkilerinin faydaları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, e-ISSN: 2651-4044

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SOURCES AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF HAZARDOUS WASTE ORİGİNATİNG FROM HEALTHCARE FACİLİTİES

Lecturer Dr. MERVE ALADAĞ,
Fırat University,
marin@firat.edu.tr - 0000-0002-5072-0167

ABSTRACT

Environmental problems arising from population growth and industrialization are increasingly prevalent. Increasing waste volumes, particularly in large cities, due to demographic growth, are exacerbating ecological concerns. The most critical threat in this regard is the high volume and variety of hazardous waste generated by healthcare institutions.

Medical waste is the most significant component of hazardous waste generated by healthcare institutions. It is waste contaminated with blood and/or body fluids that poses a threat to human health or the environment in places such as hospitals, dental offices, clinics, laboratories, and veterinary units. These wastes require special handling, such as high-risk infectious materials, pathological waste, materials contaminated with biological fluids, and sharps. Due to their high potential to spread diseases, they can be highly toxic and lethal. If medical waste is collected or disposed of inappropriately, it is inevitable that disease outbreaks and even deaths can occur.Other hazardous waste groups originating from healthcare institutions include: These wastes are chemicals, pharmaceuticals, radiological materials, and pressurized containers. Proper management of these wastes is essential due to their toxic and radiological properties. Due to the high costs of hazardous waste disposal, minimizing waste and separating household/packaging waste from hazardous waste are strategic waste management strategies. Waste disposal fees vary depending on the type, amount, and disposal method of the waste, creating significant financial pressure, especially for large-scale organizations.

Consequently, it is clear that hazardous waste management must be evaluated from an environmental and economic perspective. Establishing integrated waste management systems is a fundamental imperative for both institutional performance and the protection of health and safety.

Keywords: Medical waste, hazardous waste, waste management, disposal.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN TEHLİKELİ ATIKLARIN KAYNAKLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ

Öğretim Görevlisi Dr. MERVE ALADAĞ,
Fırat Üniversitesi,
marin@firat.edu.tr - 0000-0002-5072-0167

ÖZET

Nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunları giderek artmaktadır. Bilhassa büyük şehirlerdeki demografik büyüme ile artan atık miktarları ekolojik endişeleri çoğaltmaktadır. Bu konudaki en kritik tehdit ise, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan, yüksek miktar ve çeşitliliğe sahip olan tehlikeli atıklardır.

Tıbbi atıklar, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tehlikeli nitelikli atıkların en önemli bileşeni olup; hastaneler, diş muayenehaneleri, klinikler, laboratuvarlar, veterinerlik birimleri gibi yerlerde insan sağlığını veya çevreyi tehdit eden, kan ve/veya vücut sıvısı bulaşmış atıklardır. Bu atıklar, enfekte olma riski yüksek malzemeler, patolojik atıklar, biyolojik sıvılarla kirlenmiş materyaller, kesici–delici aletler gibi özel işlem gerektiren atıklardır. Hastalıkları yayma potansiyellerinin yüksek olması nedeniyle oldukça toksik ve öldürücü olabilmektedirler. Tıbbi atıkların mevzuata uygun olmayan şekillerde toplanması/bertaraf edilmesi durumunda hastalıkların salgınlara yol açabilmesi ve ölüme varan tehditler oluşturması kaçınılmazdır.

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan diğer tehlikeli atıklar grupları; kimyasallar, farmasotikler, radyolojik malzemeler, basınçlı kaplardır. Bu atıkların, içeriğindeki toksik ve radyolojik özellikler sebebiyle uygun şekilde yönetilmeleri elzemdir. Tehlikeli atık bertarafında, yüksek maliyetler nedeniyle de atık minimizasyonunun sağlanması ve evsel/ambalaj nitelikli atıkların tehlikeli atıklardan ayrılması, atık yönetiminde stratejik nitelik taşır. Atık bertaraf ücreti; atığın türü, miktarı ve bertaraf yöntemine göre değişmekte olup, özellikle büyük ölçekli kuruluşlarda belirgin finansal baskı yaratmaktadır.

Sonuç olarak, tehlikeli atık yönetiminin çevresel-ekonomik boyutlarıyla değerlendirilmesi gerektiği aşikârdır. Entegre atık yönetim sistemlerinin kurulması, hem kurumsal performans açısından hem de sağlık-güvenlik koşullarının korunması bakımından temel bir zorunluluk niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi atık, tehlikeli atık, atık yönetimi, bertaraf.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

COMPARISON OF ACTIVE AND PASSIVE COOLING METHODS TO INCREASE THERMAL PERFORMANCE IN PHOTOVOLTAIC PANELS: A LITERATURE REVIEW

Öğr. Gör., Osman Özdemir

Fırat University,

oozdemir@firat.edu.tr - 0000-0001-9725-5111

Dr. Öğr. Üyesi, Halit Lutfi Yücel

Fırat University,

hlyucel@firat.edu.tr - 0000-0003-3229-7198

Doç. Dr. Öğr. Üyesi, Gökhan Kahraman

Munzur University,

gokhankahraman@munzur.edu.tr – 0000-0002-8365-2447

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) systems are becoming widespread on a global scale because they offer environmentally friendly and sustainable solutions to the increasing energy demand. However, the operating performance of PV panels varies depending on environmental conditions and decreases significantly, especially with increasing temperature. Increasing PV module temperature can negatively affect the electrical properties of semiconductor materials, causing losses of 0.3% to 0.5% in energy conversion efficiency. Therefore, effective visual control of the panel temperature is of great importance to maintain and improve system efficiency. In this study, active and passive methods suggested in the literature for cooling PV panels were systematically examined. Passive cooling methods include low-cost and energy-free techniques such as natural convection, heat dissipation surfaces, phase change materials (PCM) and radiative cooling. Active methods include mechanisms that operate with external energy input, such as fans, pumps and fluid circulation. In line with the data obtained from the literature, both methods were compared in terms of their contribution to efficiency increase, ease of application, maintenance requirements and economic sustainability. The findings show that different cooling strategies have advantages and limitations depending on environmental conditions and application area. This comprehensive review aims to guide future experimental and numerical studies on thermal management of PV systems..

Keywords: PV panels, Passive cooling, Active cooling, Electrical Efficiency

1. INTRODUCTION

Solar energy has become one of the most rapidly spreading renewable energy sources today thanks to its clean and sustainable structure, and studies are intensifying to increase its technological efficiency. Photovoltaic (PV) panels are systems that convert solar radiation directly into electrical energy and are one of the most widely used technologies in this field. However, the operating efficiency of PV panels depends directly on environmental conditions and especially on the panel surface temperature. Increased temperature due to solar radiation negatively affects the performance of the semiconductor material in the panel, causing significant decreases in electrical efficiency. Research shows that every 1°C increase in photovoltaic (PV) panel temperature can cause a decrease in panel efficiency of between 0.3% and 0.5%. [1,2]. Therefore, effectively managing the thermal loads to which PV panels are exposed during operation is critical to maintaining system efficiency and increasing long-term energy production. The cooling systems developed in this context aim to provide a more stable and efficient working environment by reducing the PV panel temperature. In the literature, cooling methods are generally divided into two main groups: passive and active. Passive cooling methods attempt to reduce panel temperature without consuming energy through natural physical mechanisms (e.g., natural convection, heat dissipation, phase change materials); active methods are systems that operate with external energy input (e.g., water/air circulation, fans, pumps, etc.). There are many studies on this topic in the literature [3-5]. Nižetić and colleagues conducted studies on silicon photovoltaic (PV) panels cooled under different cooling configurations. The research aims to re-evaluate the effectiveness of traditional passive cooling methods in cooling PV panels containing phase change materials (PCM). The findings indicate that the proposed PV-PCM passive cooling approach has the potential to improve performance and save resources from an economic and environmental perspective [6]. In their study, Alktranee and Bencs found that by integrating water-soaked cotton wicks with rectangular aluminum fins and placing them behind the PV module (CWIRAF system), they resulted in a decrease in module temperature of approximately 31.4%, an increase in electrical power output of up to 66.6%, and an increase in electrical efficiency from 3.12% to 8.6%, thanks to evaporative cooling and an expanded heat dissipation surface. They stated that thanks to an active cooling system based on water circulation in copper pipes and an absorber plate placed on the back surface of the PV module, the PV module temperature was reduced by approximately 20.8%, resulting in a 56.7% improvement in electrical power output and a 7.9% improvement in electrical efficiency [7]. Amber and colleagues experimentally evaluated the performance of a locally developed passive cooling technique on rectangular and circular fin configurations applied to the back surface of monocrystalline PV modules of similar dimensions. Results showed that the rectangular fin module with larger cross-section and surface area produced 10.8% and 4% more power, removed 155% more heat, reduced module temperature by 10.6% and increased efficiency by 14.5% compared to the reference and circular fin modules, respectively [8]. Ibrahim and colleagues have provided a comprehensive overview of various cooling technologies, including water-based, air-based and phase-change materials, and new cooling approaches designed to improve the performance of PV modules. This study compiled existing research on PV panel cooling considering environmental and economic aspects and analyzed in detail the critical role of cooling techniques in photovoltaic efficiency [9]. Fahad et al investigated various cooling methods to reduce efficiency loss due to solar heat. In addition to passive systems such as radiation cooling, natural convection, phase change materials and reflective coatings, water, air and thermoelectric

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

based active cooling approaches are also discussed in the study. Advances in the integration of these techniques, their impact on PV performance, and the role of new materials and numerical models in future research are highlighted [10]. El-Nagar et al. investigated the integration of active and passive cooling techniques for photovoltaic systems. The aim of their work is to improve thermal energy use and maximize power output of photovoltaic modules integrated into the building. The use of cylindrical capsules filled with phase change material inside pin fins fixed to the back surface of photovoltaic panels integrated into the building is described by researchers as an innovative approach [11].

In this study, passive and active cooling methods developed to increase the performance of photovoltaic panels were discussed within the framework of a comprehensive literature review; the technical structures of the methods, application examples and their effects on efficiency were analyzed comparatively. Based on the findings, the advantages and limitations of different cooling strategies are discussed and suggestions for future studies are presented.

2. EXPERIMENTAL STUDIES CONDUCTED IN THE LITERATURE

The excessive consumption of traditional fossil fuel-based energy sources at a level that disrupts the ecological balance has led to a global energy crisis; however, it has become one of the main causes of serious environmental problems such as global warming, the increase in greenhouse gas emissions and the depletion of the ozone layer, which threaten both human security and the future of the planet. [12]. In order to prevent this negative situation, the demand for renewable energy technologies is increasing day by day in order to reduce our dependence on fossil fuel-based energy and to eliminate the negative environmental concerns that arise as a result [13].

Solar energy, which is among the renewable energy sources, stands out as an important alternative in reducing dependence on fossil fuels thanks to its ability to directly produce electricity, reduced costs, and continuous developments in photovoltaic (PV) technologies. Solar energy is a widely distributed, sustainable, and renewable energy source. While its contribution to global electricity production has generally been seen as low as 3.6%, it has solidified its place among other renewable energy technologies, with renewable energy capacity expected to account for approximately 31% of total installed capacity by 2022. Figure 1.a shows the contribution of existing energy sources to electricity production and total installed power capacity until 2050, while Figure 1.b presents the estimated photovoltaic (PV) installed power capacity. By 2050, the installed capacity of photovoltaic (PV) technology is expected to reach 8,519 GW, making it the second-largest source of global electricity generation after wind energy. This development will allow PV technology to meet approximately 25% of total electricity needs [14].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

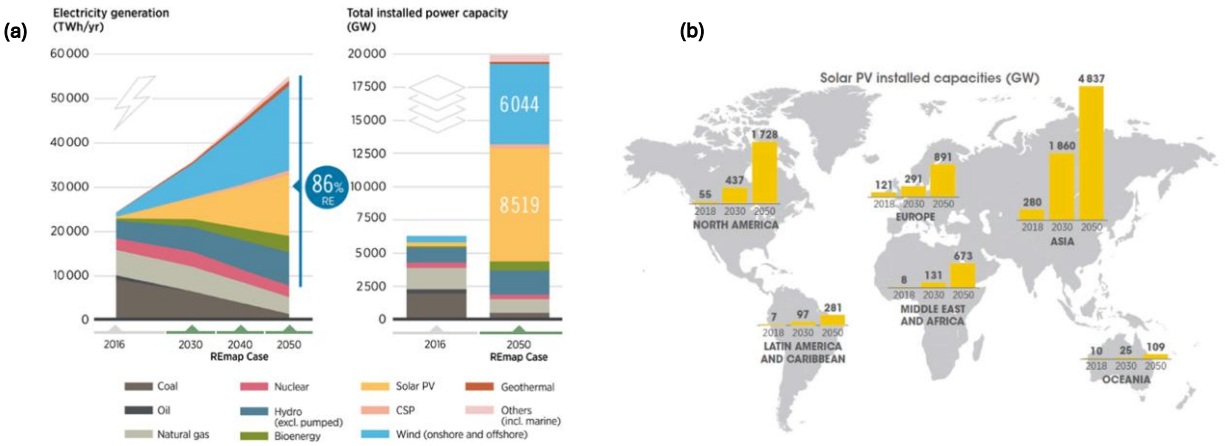


Figure 1. a) Estimated contribution of energy resources to 2050, **b)** Estimated world solar PV installed capacity by 2050 [15]

While the theoretical efficiency of silicon (Si)-based solar cells is high, in practice these cells can only convert about 26% of incoming sunlight into electricity. In order to use photovoltaic systems more efficiently, various studies are being carried out to minimize many factors that negatively affect cell performance, such as dust, cable costs, temperature, shading, surface contamination, humidity, panel tilt angle and orientation, material aging, low radiation conditions, and electrical and inverter losses. During the photon absorption process (approximately 380–700 nm), which forms the basis of the operating principle of photovoltaic panels, low-energy photons cannot be captured by the cell and high-energy photons create excessive thermal load, leading to an increase in cell temperature. This temperature increase causes a decrease in open circuit voltage of approximately 2.2 mV/°C, which leads to an efficiency loss of approximately 0.45%–0.5% per temperature in solar cells. In other words, the maximum power output of silicon-based photovoltaic (PV) panels decreases by approximately 0.25% to 0.50% with every 1°C increase in cell temperature [16]. In addition, these temperature-induced deteriorations cause local failures called 'hot-spots', negatively affecting the current-voltage (I–V) characteristics of the photovoltaic cell [17]. This increases the reverse saturation current, causing a decrease in open-circuit voltage (Voc) while only marginally increasing the short-circuit current (Isc). Consequently, overall PV efficiency decreases significantly with the fill factor (FF) [18].

In order to increase the efficiency of photovoltaic (PV) panels and maintain optimum performance, many studies on improving the thermal performance of the panel are available in the literature.

2.1. Cooling Techniques for PV Panel Modules

In order to reduce the cell temperatures of photovoltaic (PV) panels, researchers are conducting extensive studies on active and passive cooling systems. The main advantage of cooling systems is that they help solar panels provide higher electrical output wherever their temperature increases due to ambient conditions. Active cooling systems are mechanisms that accelerate heat transfer by moving coolant fluids such as air or water, usually through mechanical components such as fans or pumps. In order to control and keep the operating temperatures of

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

photovoltaic (PV) cells constant, extensive research has been conducted on passive cooling methods that do not require additional external energy; the use of liquid coolants, air, water and glycols in these methods has been investigated.

Whether the power increase achieved through active cooling will offset the power consumed for cooling is an important economic factor. Figure 2 shows the cooling methods used in PV systems.

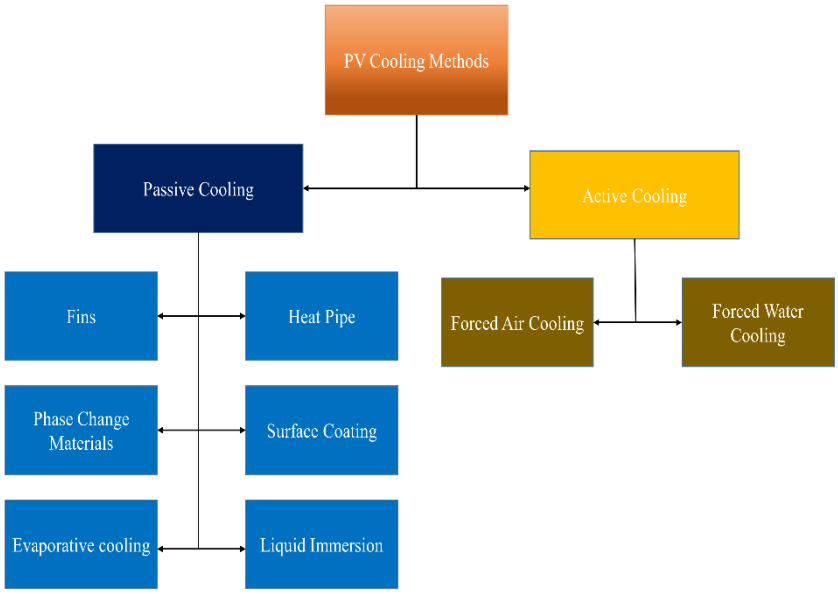


Figure 2. PV cooling diagram

2.1.1. Passive Cooling

Passive cooling techniques operate on the principle of removing heat from PV cells without the use of mechanical components. These methods can be categorized into three main groups: passive cooling with air, passive cooling with water, and cooling by thermal conduction. In order to provide cooling by natural convection, the heat transfer surface area is generally increased with additional components such as high thermal conductivity materials, fins, heat pipes, heat sinks or heat exchangers. These materials are integrated into the lower surface of the panel to increase the efficiency of heat transfer from the panel surface to the environment [19-21]. They can also be classified as natural circulation systems using air, water or phase change materials (PCM). With this approach, passive cooling techniques are considered as an effective and applicable method to reduce the temperature of PV cells due to their simple production processes and affordable costs.

2.1.1.1. Air Cooling

Passive airflow-based cooling methods are one of the cheapest and simplest methods for removing excess heat from PV panels due to their energy-saving operation and low maintenance requirements. In this solution, the PV panel is cooled by natural airflow using fins

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

or ducts placed beneath it. This structure increases the radiative and convective heat transfer surface of the air duct, creating turbulence and acting as a heat sink [22].

In one study on this topic, Krstic et al. used aluminum heat sinks of different geometries to achieve passive cooling in order to improve the output characteristics of PV modules. They reported that an average temperature reduction of 7.5 °C using the heat sinks resulted in an increase in open circuit voltage of 0.27 V compared to the panel used for comparison. The visual representation of the study is shown in Figure 3 below [23].

Figure 3. The back side of the passively cooled panel has heat sinks with different geometries

Elbreki et al. experimentally analyzed the passive cooling performance using two different passive fin heat sink designs (lap and longitudinal) for cooling a concentrated PV module. They found that the overlapped fin structure provided a temperature reduction of 24.6°C compared to the reference PV module. Thanks to this temperature reduction, the electrical efficiency of the PV module increased by 10.68%, and the output power increased to 37.1W. These results demonstrate that passive cooling with overlapping fins offers an effective cooling solution for concentrating solar PV systems. A picture representation of the study is shown in Figure 4 below [24].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

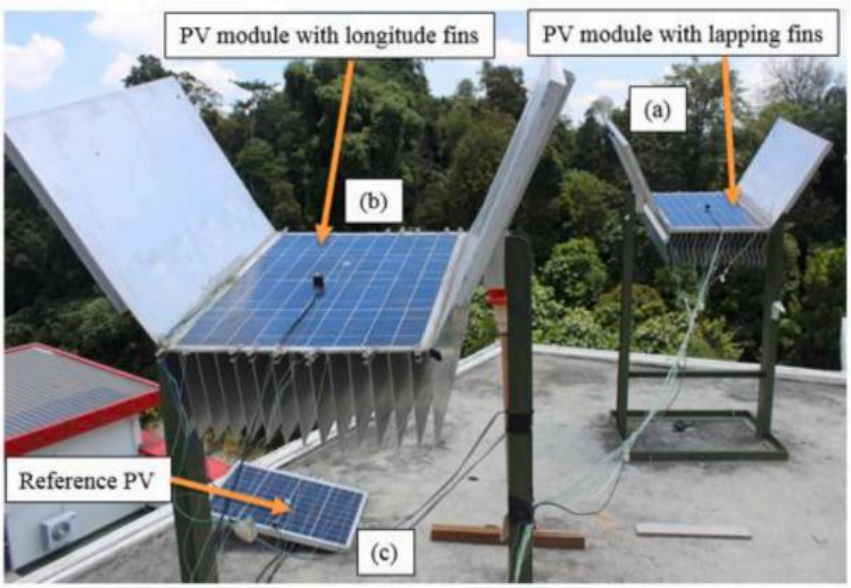


Figure 4. **a)** PV module with planar reflector and overlapping fins **b)** PV module with planar reflector and longitudinal fins **c)** Reference PV module without cooling fins

2.1.1.2. Water Cooling

It's a secondary cooling system used to remove excess heat from PV panels. Cooling photovoltaic panels with liquid is an effective method that offers high efficiency and yields positive results. Regardless of the geometry of the cooling system or the water temperature, this method increases the electrical efficiency of the PV modules in all cases. The working principle of this cooling method is based on the cooling of water used as coolant by free convection, water spray, heat pipes or immersion techniques.

Another type of coolant used to lower the temperature of PV cells is water. With this method, panel cell temperatures always tend to decrease, resulting in increased electrical efficiency. Water cooling systems include free convection, water spray, heat pipes, and immersion techniques [25].

Sornek and his colleagues tested two monocrystalline PV modules with 50 Wp and 310 Wp power by applying water cooling technique in laboratory and real working conditions. They evaluated that laboratory conditions were not suitable for efficiency and conducted tests under real conditions. The results show that the peak temperature of the water-cooled 310 Wp panel is reduced by approximately 24 °C compared to the uncooled panel, increasing electrical efficiency by 10% [26]. The picture of the study is shown below in Figures 5.a and 5.b.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

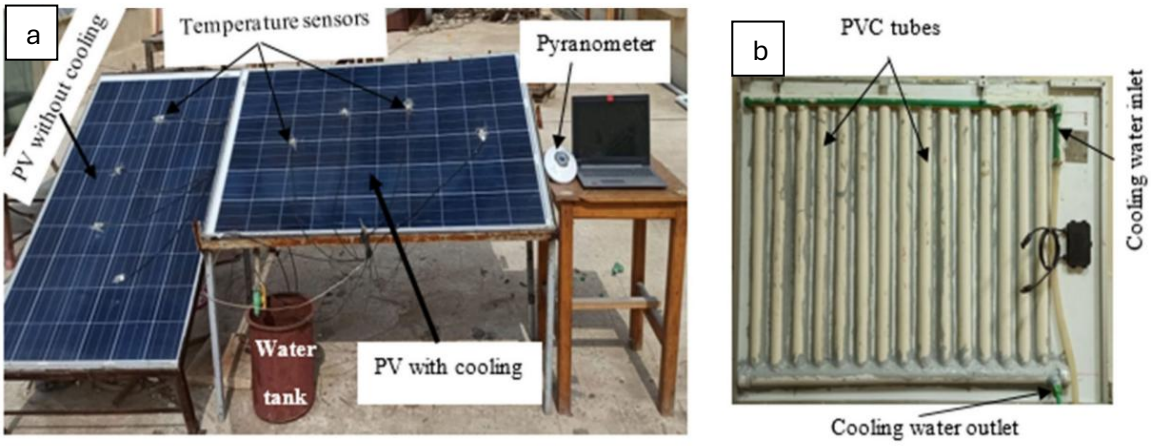


Figure 5. a) Experimental equipment overview, **b)** View of the water cooling system installed on a 310 Wp PV panel

Elminshawy et al. used an innovative design consisting of partially submerged angled perforated fins (PSAPF) aimed at improving heat dissipation from a floating photovoltaic system (FPV). The proposed cooling system was experimentally investigated in open-air environments to remove excess heat from the FPV through both air and water media. The results show that the use of PPF provides a 33.31% operating temperature reduction and a 22.77% efficiency increase compared to a conventional FPV system. The picture of the study is shown below in Figures 6.a and 6.b. [27].

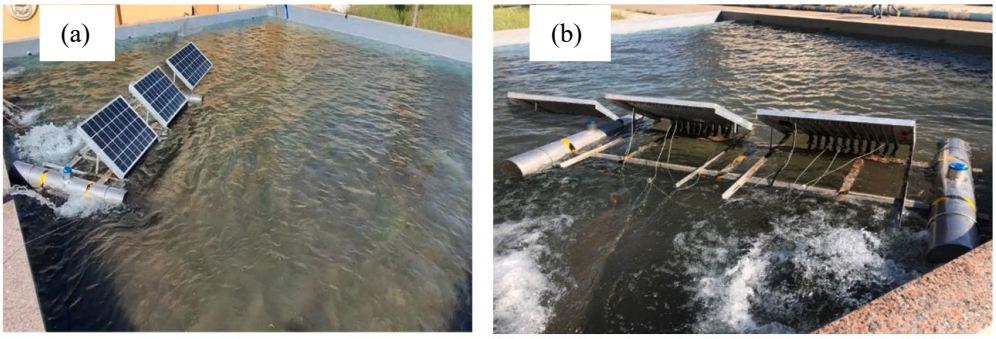


Figure 6. a) Photographs of the experimental setup (outdoor); Front view and **b)** Rear view

2.1.1.3. Cooling with Phase Change Materials

Phase change materials (PCMs) have suitable melting points and high latent heats of fusion and are used to reduce cell temperatures in photovoltaic (PV) modules. However, the low thermal conductivity of PCMs (approximately 0.2–0.4 W/m K) is a major drawback that limits their heat transfer efficiency. To overcome this problem, nanomaterials such as graphene, carbon nanotubes and metal oxide nanoparticles are added to PCMs to significantly increase their thermal conductivity [28]. PCMs are divided into three main categories: organic, inorganic and eutectic.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Bektaş et al. investigated the change in output parameters by reducing the surface temperature of PV panels by adding different amounts of nanoparticles (Al2O3) into PCM (RT35) (0.05%, 0.1% and 0.15%). In the study, they found that among five different systems, the PV panel containing nanoparticles with a value of 0.15% w/v showed the most effective cooling capacity [29]. The picture of the study is shown in Figure 7.

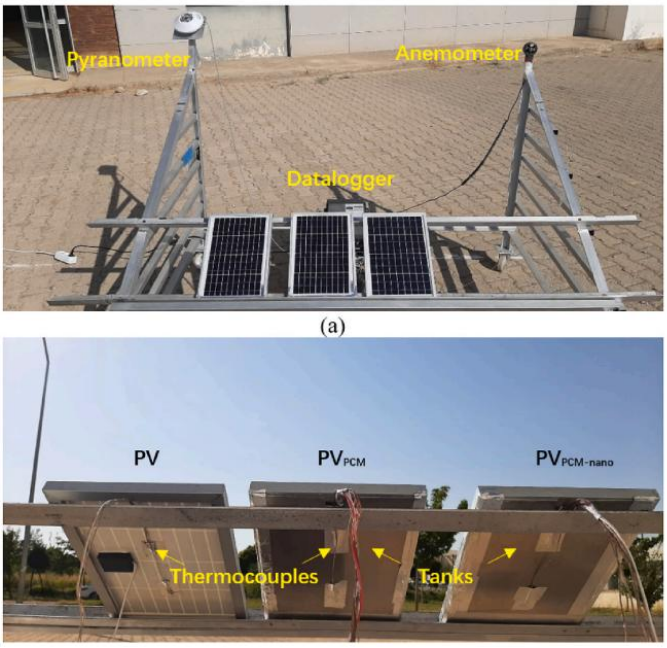


Figure 7. General view of the designed experimental setup (a) front side (b) back side

Nižetić et al. investigated the method of applying several phase change material (PCM) filled enclosure aluminum containers to the back surface of the PV module instead of covering it with a single enclosure. According to the comparison results, the power efficiency increased by 2.5% in the configuration using an additional solid container, while this increase was found to be 10.7% in the configuration using more than one PCM container. The images of the study are shown in Figure 8.a and 8.b [30].

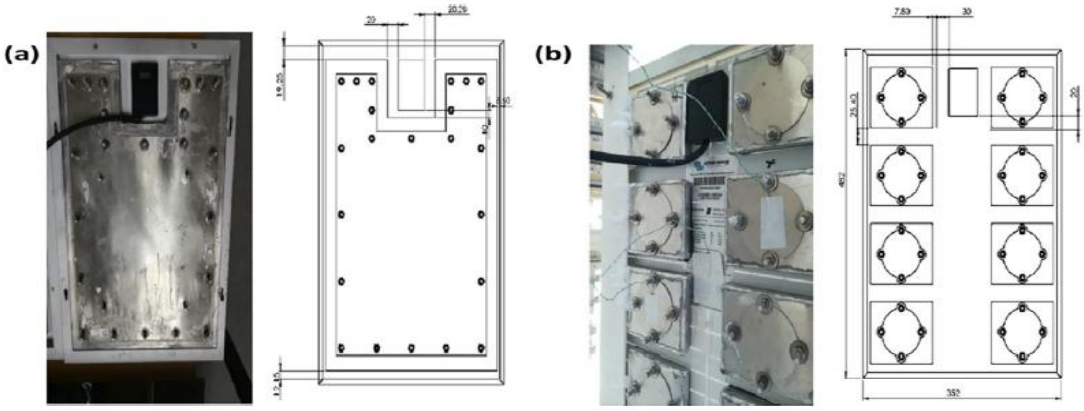


Figure 8. a) Single solid PCM container **b)** PV cooling setup with multiple PCM containers

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.1.2. Active Cooling

Active cooling method uses fans, pumps or other mechanical devices to reduce the temperature of PV cells. In this way, a forced cooling flow can be provided, resulting in significantly higher cooling efficiency compared to passive cooling. Active cooling methods primarily use forced circulation of water, air and nanofluids as fluids [31].

2.1.2.1. Active Cooling with Air

Active cooling with air is achieved by air circulation with the help of fans placed at the rear of the PV module. In this way, the temperature is reduced by increasing the heat transfer from the module surface to the environment. Most of the methods used are based on active cooling systems that remove heat using refrigerants such as air or water. In general, these systems provide higher power generation and more accessible thermal energy, but when considering the energy consumption of the cooling system, an important evaluation criterion is whether the energy gain obtained covers the energy spent for cooling [32]. These systems, which operate using forced convection, can deliver cooling performance unattainable with natural airflow. However, the fans require external power to operate.

In the study conducted by Hussein M. Maghraby and his colleagues, they tried to cool the panel using active air cooling. The results show that it has a significant effect in reducing the surface temperature and thus increasing the output electrical power. Additionally, the use of an air cooling system reduces the surface temperature at the front of the PV cell by approximately 10% and the surface temperature at the back by approximately 11%. The maximum value of output electrical power without a cooling system is 31.8 W, while this value is 33.2 W with an active air cooling system. They also determined that electrical efficiency increased by 3.7% thanks to the air cooling effect. [33]. The visual of the study is shown in Figure 9 below.

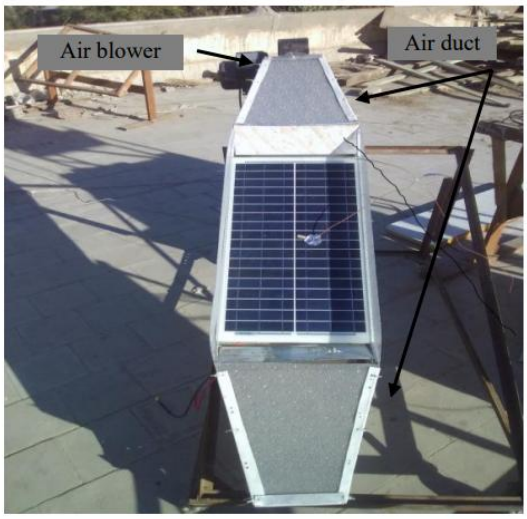


Figure 9. Experimental setup for air-cooled PV cell

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.1.2.2. Active Cooling with Water

Active water cooling is a cooling method in which water is circulated using an external energy source (e.g. pump or spray system) to remove heat from the PV panel surface. In this context, water spray cooling is one of the active cooling techniques that works by spraying water directly onto the PV module surface and removing heat through evaporation and convection.

Water flows from the tank to the spray nozzles via a suction line using a centrifugal pump. The suction line is equipped with a check valve and filter to protect the centrifugal pump and prevent large particles from being sucked in. After the filtration process, water is delivered to the spray nozzles to cool the PV module. A hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T) system, shown in the image below, consists of PV modules and a cooling system. Water, the coolant, is sprayed onto the PV panel surface by a fan, reducing the surface temperature and improving electrical efficiency.

S. Nižetić and his colleagues designed and experimentally tested a cooling system to increase the power and efficiency of PV modules in a region with a Mediterranean climate. The results show that the proposed system provides increases in electrical power up to 16.3% and efficiency up to 14.1% under high sunshine conditions. It has also been reported that by simultaneously cooling both surfaces of the panel, the temperature can be reduced from 54°C to 24°C [34]. The picture of the study is shown in Figure 10 below.

Figure 10. Front and back surfaces of the PV panel with a specific water nozzle system integrated

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3. RESULTS AND EVALUATION

Examples of active and passive cooling methods found in the literature are presented in Table 1.

Table 1. Summary of passive and active cooling studies proposed by different researchers for cooling the PV module.

Ref. No.	Yıl	Araştırma Tipi	Soğutma Tipi	Sıcaklık Düşüşü (°C)	Verim Artışı (%)
[35]	2012	Experimental	Active (Water)	23	22
[36]	2019	Experimental	Active (Air)	9.5	7.8
[37]	2020	Experimental	Passive (Fin)	3	5
[38]	2020	Experimental	Passive (PCM)	11.9	9.1
[39]	2021	Experimental	Passive (PCM-Fin)	12.33	11.33
[40]	2024	Experimental	Passive (Nano)	3	8
[41]	2024	Experimental	Passive (PCM-Nano)	5.2	14.11
[42]	2021	Experimental	Passive (Evaporative)	20	14.75

The temperature drop graphs created according to Table 1 are shown in Figure 11.

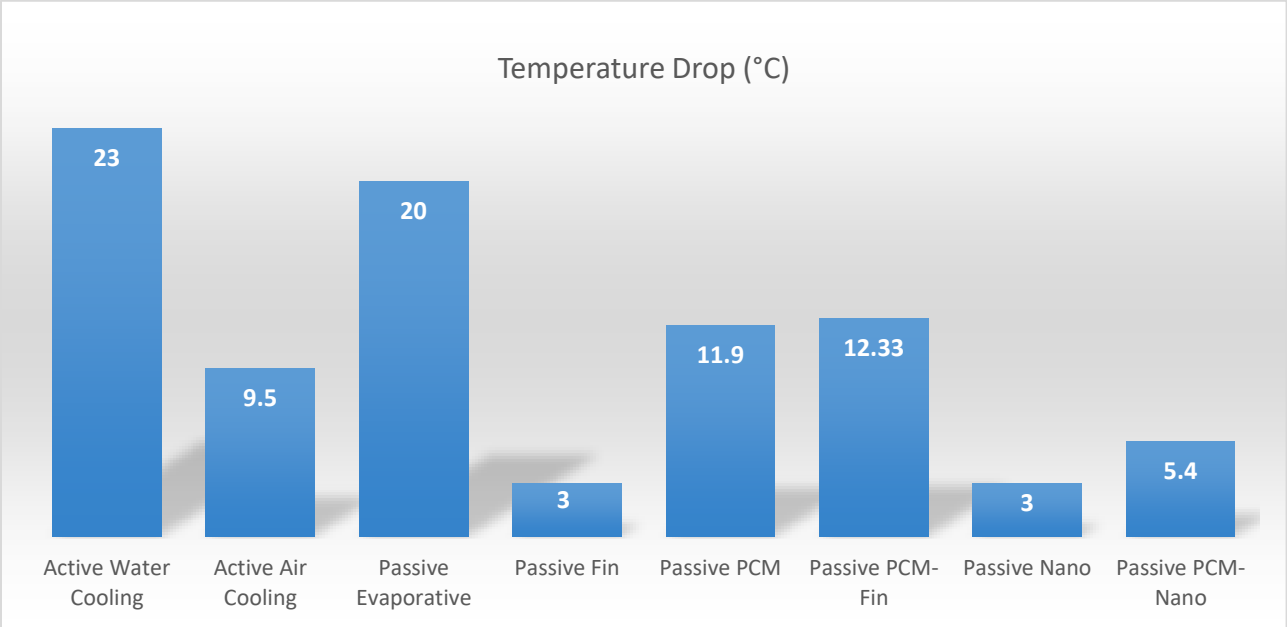


Figure 11. PV panel temperature change according to cooling methods

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

The graph shown in Figure 11 presents a comparative analysis of the effects of different active and passive cooling methods on the temperature drop on PV panels. According to the results, the active water cooling method showed the highest performance by providing a temperature reduction of approximately 23°C. This can be explained by the high specific heat of water and its effective heat transfer ability. Although active air cooling is based on a fan-assisted forced convection mechanism, it only achieved a temperature reduction of 9.5°C due to the low heat capacity of the air fluid. When passive methods are examined, the evaporative cooling technique stands out with its temperature drop of approximately 20 °CThis method can create a significant cooling effect thanks to the evaporation mechanism without requiring any additional energy consumption. Passive fin application and nanomaterial added solutions showed a more limited effect, providing temperature reduction in the range of 3–5.4 °C. Although these methods have the advantage of low cost and simple application, they appear to offer a more limited contribution to efficiency increase compared to active methods. However, phase change material (PCM) based methods have demonstrated remarkable results. PCM alone stands out among passive systems with a temperature reduction of 11.9 °C, while the FDM-wing combination stands out with a temperature reduction of 12.33 °C. This finding shows that PCMs provide more effective thermal management when the heat storage capacity and the increased heat transfer area of the fin surfaces are used together.

Electrical efficiency increase graphs created according to Table 1 are shown in Figure 12.

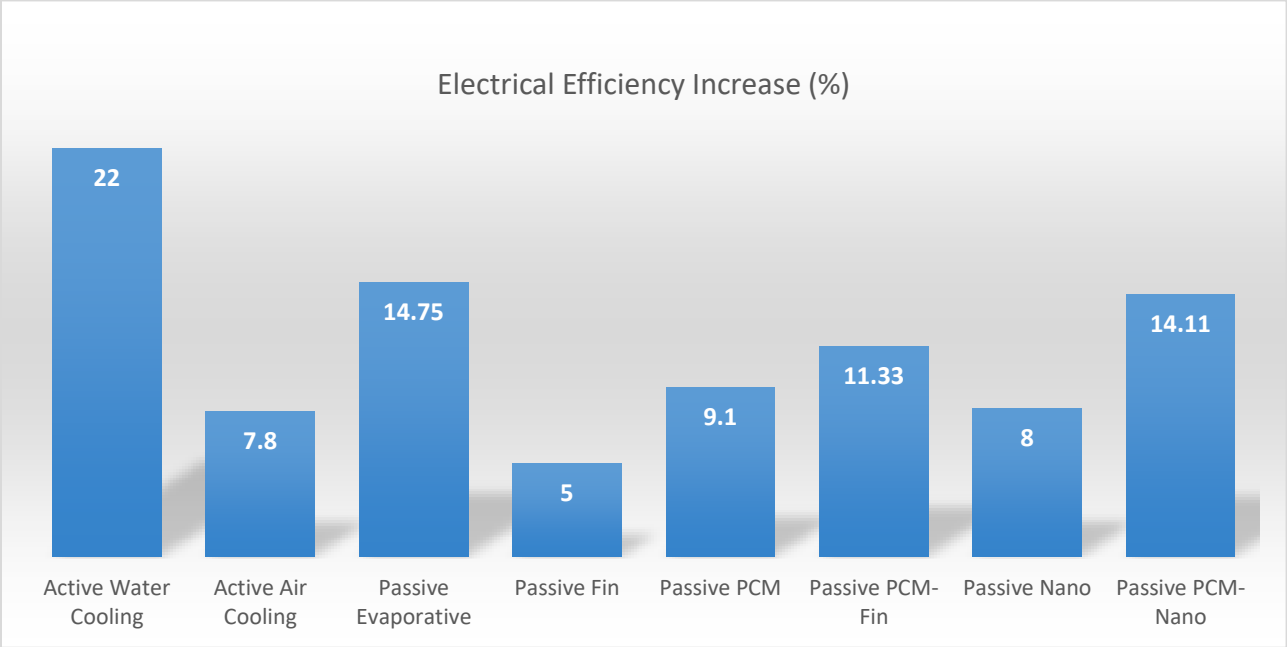


Figure 12. PV panel electrical efficiency changes according to cooling methods

Figure 12 shows the effects of different active and passive cooling methods on the increase in electrical efficiency of PV panels. The findings reveal that active water cooling is the method with the highest performance, providing approximately 22% efficiency increase. The findings reveal that active water cooling is the method with the highest performance, providing approximately 22% efficiency increase. This result is consistent with the high temperature drop

(23°C), confirming that thermal management of PV panels plays a critical role directly on electrical efficiency. Although active air cooling showed a partial effect in reducing the temperature (9.5 °C), it was more limited in terms of electrical efficiency increase (7.8%). This situation can be associated with the low heat transfer capacity of the air fluid. When passive methods are examined, evaporative cooling stands out with a 14.75% efficiency increase and exhibits a performance close to active methods. This method can be considered as an attractive option for practical applications as it provides high efficiency increases without requiring energy consumption. Phase change materials (PCM) provided a 9.1% increase in efficiency, and the FDM-fin combination further increased the performance by 11.33%. These findings show that increasing the heat storage capacity by increasing the surface area improves PV efficiency. Nano-additive solutions offer efficiency increases in the range of 8–14.11%, attracting attention as one of the innovative methods that have recently emerged in the literature.

4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In this study, the effects of different active and passive cooling methods in the literature on PV panels were investigated and evaluated comparatively in terms of temperature reduction and electrical efficiency increase. The findings show that effective control of panel temperature is a direct determinant of electrical efficiencyAmong the active methods, water cooling exhibited the highest performance with a temperature reduction of approximately 23°C and an efficiency increase of 22%. This method provides maximum efficiency increase in PV systems in the short term thanks to its high heat transfer capacity. However, considering the additional energy consumption, maintenance needs and system complexity, it is understood that it may not be suitable for every application. Active air cooling made a limited contribution with lower temperature drops and a 7.8% efficiency increase. Among passive methods, evaporative cooling has shown remarkable results with a temperature decrease of approximately 20 °C and an efficiency increase of 14.75%. The fact that it does not require additional energy and is relatively low cost makes this method particularly attractive for field applications. Phase change materials (PCMs) showed promising performance with 9.1% efficiency increase, while PCM-fin combination showed 11.33% efficiency increase. This shows that increasing the heat storage capacity by increasing the surface area can be an effective passive strategy. In addition, nano-additive methods stand out as an innovative approach, especially with the FDM-nano combination, providing a 14.11% efficiency increase. Generally speaking, active methods provide higher performance, while passive methods offer sustainable solutions with their energy-free, low cost, and structural simplicity. Especially evaporative cooling and nano-additive PCM-based applications have significant potential in the thermal management of PV systems in the future, both economically and technically.

REFERENCES

[1] Skoplaki, E., & Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review. Renewable Energy, 34(1), 23–29. https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.009

[2] Dubey, S., Sarvaiya, J. N., & Seshadri, B. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world – A review. Energy, 62, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.034

[3] Harmailil, I. O., Sultan, S. M., Tso, C. P., Fudholi, A., Mohammad, M., & Ibrahim, A. (2024). The state of the art of photovoltaic module cooling techniques and performance assessment methods. *Symmetry*, *16*(4), 412. https://doi.org/10.3390/sym16040412

[4] Sohail, A., Rusdi, M. S., Waseem, M., Abdullah, M. Z., Pallonetto, F., & Sultan, S. M. (2024). Cutting-edge developments in active and passive photovoltaic cooling for reduced temperature operation. *Results in Engineering*, *23*, 102662. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102662

[5] Ahmed, Y. E., Maghami, M. R., Pasupuleti, J., Danook, S. H., & Basim Ismail, F. (2024). Overview of recent solar photovoltaic cooling system approach. *Technologies*, *12*(9), 171. https://doi.org/10.3390/technologies12090171

[6] Nižetić, S., Jurčević, M., Čoko, D., & Arıcı, M. (2021). A novel and effective passive cooling strategy for photovoltaic panel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *145*, 111164. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111164.

[7] Alktranee, M., Bencs, P. Experimental comparative study on using different cooling techniques with photovoltaic modules. *J Therm Anal Calorim* **148**, 3805–3817 (2023). https://doi.org/10.1007/s10973-022-11940-1

[8] Amber, K.P., Akram, W., Bashir, M.A. *et al.* Experimental performance analysis of two different passive cooling techniques for solar photovoltaic installations. *J Therm Anal Calorim* **143**, 2355–2366 (2021). https://doi.org/10.1007/s10973-020-09883-6

[9] Ibrahim, T., Abou Akrouch, M., Hachem, F., Ramadan, M., Ramadan, H. S., & Khaled, M. (2024). Cooling techniques for enhanced efficiency of photovoltaic panels—Comparative analysis with environmental and economic insights. Energies, 17(3), 713. https://doi.org/10.3390/en17030713

[10] Ismaeil, E. M. H., & Farooq, M. U. (2025). Review of cooling techniques for improving solar photovoltaic panel efficiency. Sustainable Development, 125(1), 193-219. https://doi.org/10.37934/arfmts.125.1.193219

[11] El-Nagar, D. H., Emam, M., El-Betar, A. A., & Nada, S. A. (2025). Combining active and passive cooling techniques for maximizing power generation and thermal utilization of photovoltaic panels. Renewable Energy, 123310. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123310

[12] Abdulmunem, A. R., Samin, P. M., Rahman, H. A., Hussien, H. A., & Mazali, I. I. (2020). Enhancing PV Cell's electrical efficiency using phase change material with copper foam matrix and multi-walled carbon nanotubes as passive cooling method. *Renewable Energy*, *160*, 663-675.. https:// doi. org/ 10. 1016/j. renene. 2020. 07. 037

[13] Parida, B., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. Renewable and sustainable energy reviews, 15(3), 1625-1636. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032

[14] Pourasl, H. H., Barenji, R. V., & Khojastehnezhad, V. M. (2023). Solar energy status in the world: A comprehensive review. *Energy Reports*, *10*, 3474-3493. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.022

[15] IRENA, 2019a. Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation: paper).

[16] S.M. Sultan, C.P. Tso, M.N.E. Efzan, A new approach for photovoltaic module cooling technique evaluation and comparison using the temperature dependent photovoltaic power ratio, Sustain. Energy Technol. Assessments 39 (Jun. 2020), https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100705.

[17] Kumar, V., Gupta, N., Yadav, A., Kumar, N., Verma, A., Kumar, A., ... & Jain, V. K. (2024). Enhancing solar photovoltaic system efficiency: recent progress on its cooling techniques. *International Journal of Thermophysics*, *45*(8), 113., https://doi.org/10.1007/s10765-024-03409-0

[18] Panda, S., Gupta, M., Panda, B., Jena, C., Nanda, L., Pradhan, A., & Malvi, C. S. (2022). A review on advanced cooling techniques for photovoltaic panel. *Materials Today: Proceedings*, *62*, 6799-6803. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.925

[19] Teo, H. G., Lee, P. S., & Hawlader, M. N. A. (2012). An active cooling system for photovoltaic modules. applied energy, 90(1), 309-315., https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.017

[20] Wu, S., & Xiong, C. (2014). Passive cooling technology for photovoltaic panels for domestic houses. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *9*(2), 118-126., 18–126, https://doi.org/10.1093/ijlct/ctu013

[21] Salih, S. M., Abd, O. I., & Abid, K. W. (2015). Performance enhancement of PV array based on water spraying technique. *Int. J. Sustain. Green Energy*, *4*(16), 8-13., https://doi/10.11648/j.ijrse.s.2015040301.12

[22] Cuce, E., Bali, T., & Sekucoglu, S. A. (2011). Effects of passive cooling on performance of silicon photovoltaic cells. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *6*(4), 299-308., https://doi.org/10.1093/ijlct/ctr018

[23] Krstic, M., Pantic, L., Djordjevic, S., Radonjic, I., Begovic, V., Radovanovic, B., & Mancic, M. (2024). Passive cooling of photovoltaic panel by aluminum heat sinks and numerical simulation. *Ain Shams Engineering Journal*, *15*(1), 102330. https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102330

[24] Elbreki, A. M., Muftah, A. F., Sopian, K., Jarimi, H., Fazlizan, A., & Ibrahim, A. (2021). Experimental and economic analysis of passive cooling PV module using fins and planar reflector. *Case Studies in Thermal Engineering*, *23*, 100801. https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100801

[25]Kozak-Jagieła, E., Cisek, P., & Ocłoń, P. (2023). Cooling techniques for PV panels: A review. *Scientiae Radices*, *2*., https://doi.org/10.58332/scirad2023v2i1a03

[26] Sornek, K., Goryl, W., Figaj, R., Dąbrowska, G., & Brezdeń, J. (2022). Development and tests of the water cooling system dedicated to photovoltaic panels. *Energies*, *15*(16), 5884., https://doi.org/10.3390/ en15165884

[27] Elminshawy, N. A., Elminshawy, A., & Osama, A. (2023). An innovative cooling technique for floating photovoltaic module: Adoption of partially submerged angle fins. *Energy Conversion and Management: X*, *20*, 100408. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100408

[28] Sharma, N. K., Gaur, M. K., & Malvi, C. S. (2021). Application of phase change materials for cooling of solar photovoltaic panels: A review. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 6759-6765. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.127

[29] Bestas, S., Aktas, I. S., & Bayrak, F. (2024). A bibliometric and performance evaluation of nano-PCM-integrated photovoltaic panels: Energy, exergy, environmental and sustainability perspectives. *Renewable Energy*, *226*, 120383. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120383

[30] Nižetić, S., Jurčević, M., Čoko, D., & Arıcı, M. (2021). A novel and effective passive cooling strategy for photovoltaic panel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *145*, 111164. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111164

[31] Dixit, K. K., Yadav, I., Gupta, G. K., & Maurya, S. K. (2020, February). A review on cooling techniques used for photovoltaic panels. In *2020 International Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)* (pp. 360-364). IEEE.

[32] Jordehi, A. R. (2016). Parameter estimation of solar photovoltaic (PV) cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *61*, 354-371. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.049

[33] Maghrabie, H. M., Mohamed, A. S. A., Ahmed, M. S., Maghrabie, H. M., & Ahmed, M. S. (2017, December). Improving performance of photovoltaic cells via active air cooling system. In *Proc. 4th Int. Conf. Energy Eng* (pp. 1-5). Aswan University -Aswan - Egypt December 26-28, 2017.

[34] Nižetić, S., Čoko, D., Yadav, A., & Grubišić-Čabo, F. (2016). Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response. *Energy conversion and management*, *108*, 287-296.https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.10.079

[35] Farhana, Z., Irwan, Y. M., Azimmi, R. M. N., ARN, R., & Gomesh, N. (2012, March). Experimental investigation of photovoltaic modules cooling system. In *2012 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI)* (pp. 165-169). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISCI.2012.6222687

[36] Uzair, S., Mohammed, A., Hafiz M.A., Anurag, D., Naseem, A., Cost effective cooling of photovoltaic modules to improve efficiency, Case Studies in Thermal Engineering, 14, 100420. https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100420

[37] Čabo, F. G., Nižetić, S., Giama, E., & Papadopoulos, A. (2020). Techno-economic and environmental evaluation of passive cooled photovoltaic systems in Mediterranean climate conditions. *Applied thermal engineering*, *169*, 114947. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.114947

[38] Hassan, A., Wahab, A., Qasim, M. A., Janjua, M. M., Ali, M. A., Ali, H. M., ... & Javaid, N. (2020). Thermal management and uniform temperature regulation of photovoltaic modules using hybrid phase change materials-nanofluids system. *Renewable Energy*, *145*, 282-293. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.130

[39] Agyekum, E. B., PraveenKumar, S., Alwan, N. T., Velkin, V. I., & Adebayo, T. S. (2021). Experimental study on performance enhancement of a photovoltaic module using a combination of phase change material and aluminum fins—exergy, energy and economic (3E) analysis. *Inventions*, *6*(4), 69. https://doi.org/10.3390/inventions6040069

[40] Srimanickam, B., Saranya, A., Arulprakasajothi, M., Lakkaboyana, S. K., Trilaksana, H., Kalla, R. M. N., ... & Atanase, L. I. (2024). Performance investigation on PVT collector with cerium oxide nano fluids. *Case Studies in Thermal Engineering*, *63*, 105234.https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105234

[41] Phukaokaew, W., Suksri, A., Punyawudho, K., & Wongwuttanasatian, T. (2024). Thermal management of photovoltaic module using affordable organic phase change material combined with nano metal oxide particles enhancer. *Heliyon*, *10*(24).

[42] Dida, M., Boughali, S., Bechki, D., & Bouguettaia, H. (2021). Experimental investigation of a passive cooling system for photovoltaic modules efficiency improvement in hot and arid regions. *Energy Conversion and Management*, *243*, 114328. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114328

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DÖNEN SİLİNDİRİK EVREN MODELİ İÇİN MUTLAK PARALELİZM VE GÖKKUŞAĞI KÜTLEÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE HAMİLTONYEN YOĞUNLUĞU

Prof. Dr. MURAT KORUNUR
Munzur Üniversitesi,
mkorunur@munzur.edu.tr - 0000-0002-8311-9079
Doç. Dr. SİBEL KORUNUR
Munzur Üniversitesi,
skorunur@munzur.edu.tr - 0000-0003-0687-2400

ÖZET

Mutlak paralelizm (Teleparalel) kuramı, genel göreliliğin geometrik yapısını eğrilik yerine burulma(torsiyon) kavramı üzerinden tanımlayarak yerçekimini alternatif bir geometrik çerçevede yorumlar. Bu yaklaşım, özellikle enerji-momentum yoğunluğu tanımları ve kuantum kütleçekim sınırlarında klasik teorilerin tutarlılığı açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Öte yandan, Gökkuşağı Kütleçekim (Rainbow Gravity) kuramı, uzay-zaman metrik bileşenlerini enerjiye bağlı fonksiyonlarla genişleterek yüksek enerji rejimlerinde Lorentz simetrisinin kırılabileceğini öngörür. Bu iki kuramın birleşimi, hem Planck ölçeğine yakın enerji aralıklarında kütleçekim etkilerinin daha gerçekçi modellenmesine hem de burulmanın enerjiye bağlı doğasının araştırılmasına olanak tanır. Bu çalışmada, dönel simetriye sahip silindirik evren modeli, Mutlak Paralelizm kuramı ile Gökkuşağı Kütleçekim çerçevesinde birlikte incelenmiştir. Temel amaç, enerji bağımlı metrik yapılarının burulma temelli kütleçekim kuramındaki etkilerini ortaya koymak ve bu iki kuramın birleşik etkileri altında Hamiltonyen yoğunluğunu elde etmektir. Çalışmada, Lewis tipi dönen silindirik uzay-zaman metriği kartezyen koordinatlarda ele alınmış, enerjiye bağlı Gökkuşağı fonksiyonları ($f_1(\varepsilon)$ ve $f_2(\varepsilon)$) ile yeniden tanımlanmıştır. Bu yaklaşım, farklı enerji rejimlerinde metrik tensörün değişimini doğrudan modele yansıtarak, Planck ölçeği yakınındaki kinematik sapmaları analiz etmeye olanak tanır.

Anahtar Kelimeler : Mutlak Paralelizm; Gökkuşağı Kütleçekim; Dönen Silindirik Evren Modeli.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KRORI-BARUA MODELİ ÇERÇEVESİNDE ENERJİ-MOMENTUM DAĞILIMLARI

Prof. Dr. Murat KORUNUR
Munzur Üniversitesi,
mkorunur@munzur.edu.tr - 0000-0002-8311-9079
Doç. Dr. İnan ÜNAL
Munzur Üniversitesi,
inanunal@munzur.edu.tr - 0000-0003-1318-9685
İdris ÖZ
Munzur Üniversitesi,
idrisoz4733@gmail.com - 0009-0008-8964-5126

ÖZET

Enerji-momentum kompleksleri, genel görelilikte enerji ve momentumun uzay-zamandaki yerelleşme problemini çözümleyebilmek için geliştirilmiş matematiksel yapılardır. Einstein, Bergmann–Thomson ve Landau–Lifshitz gibi farklı tanımlar, enerji yerelleşmesi problemini farklı geometrik yaklaşımlarla ele alır. Tüm hesaplamalar quasi-kartezyen koordinatlarda yapılmalıdır. Bu çalışmada, küresel simetrili ve statik bir iç çözüm olan Krori–Barua uzay-zaman modeli çerçevesinde, genel görelilikte enerji-momentum yerelleşmesi problemi ele alınmıştır. Modelin metrik bileşenleri e^{Ar^2} ve e^{Br^2+C} biçiminde tanımlanarak kartezyen koordinatlara taşınmıs ve, Einstein, Bergmann–Thomson ve Landau–Lifshitz enerji-momentum kompleksleri kullanılarak enerji yoğunlukları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Einstein tanımında enerji yoğunluğu belirli bölgelerde negatif değerlere ulaşmakta, bu durum alan enerjisinin çekimsel katkısının baskın olduğunu göstermektedir. Bergmann–Thomson formülasyonunda enerji yoğunluğu merkezde maksimum olup yarıçap arttıkça monoton biçimde azalarak sıfıra yaklaşmakta, bu da klasik madde-benzeri bir dağılıma karşılık gelmektedir. Landau–Lifshitz yaklaşımı ise merkezde düzenli, dış bölgelerde ise artan eğrilik etkisine sahip pozitif bir enerji yoğunluğu ortaya koymaktadır. Çalışma, enerji yerelleşmesi probleminin farklı formülasyonlarda nasıl değişken sonuçlar verebildiğini göstermekte ve Krori–Barua geometrisinin genel görelilikte düzenli iç çözümler için fiziksel olarak kabul edilebilir bir model sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Krori–Barua modeli, enerji-momentum yerelleşmesi, genel görelilik.

CONTROL STRATEGIES FOR HIGH PERFORMANCE SERVO MOTORS

MURAT AYDIN
Ondokuz Mayıs University
murataydin245245@gmail.com - ORCID ID: 0009-0005-7467-4790

Dr. İDRİS SANCAKTAR
Ondokuz Mayıs University
idris.sancaktar@omu.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-4790-0124

ABSTRACT
Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM) are widely used in industrial automation systems due to their high precision and dynamic performance requirements. Modern commercial servo motors generally rely on a Field Oriented Control (FOC)-based nested PI (Proportional-Integral) controller architecture for speed and position control. In this study, the dynamic behaviors and stability limits of an industrial servo motor were first analyzed experimentally. In time-domain tests performed using real-time data acquired from the drive, responses to step and ramp references were examined. Specifically, speed and torque ripples were detected under constant speed references as an inevitable consequence of the standard PI controller. Furthermore, a mechanical analysis of the system was conducted, and the closed-loop bandwidth limits and cutoff frequency were determined experimentally. In light of these obtained physical baseline data, a Sliding Mode Control (SMC)-based speed controller was designed in a simulation environment to address the sensitivity to parameter variations and ripple issues inherent in the existing PI structure. When simulation results were compared with the PI data obtained from the physical system, it was observed that the proposed SMC method minimized torque ripples, shortened the settling time, and enhanced the system's stability against external disturbances. This study is significant as it reveals the limitations of the classical PI structure in industrial drives using experimental data and validates the superiority of Sliding Mode Control as an alternative.

Keywords: Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM), Sliding Mode Control, PI Controller, Industrial Servo Motor

ÖZET
Endüstriyel otomasyon sistemlerinde yüksek hassasiyet ve dinamik performans gereksinimleri nedeniyle Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlar (PMSM) yaygın olarak kullanılmaktadır. Güncel ticari servo motorlar, hız ve konum kontrolü için genellikle Alan Yönlendirmeli Kontrol (FOC) tabanlı iç içe PI (Oransal-İntegral) denetleyici mimarisini esas almaktadır. Bu çalışmada, öncelikle endüstriyel bir servo motorun dinamik davranışları ve stabilite sınırları deneysel olarak analiz edilmiştir. Sürücü üzerinden alınan gerçek zamanlı verilerle gerçekleştirilen zaman bölgesi testlerinde basamak ve rampa referanslarına verilen tepkiler incelenmiş,

özellikle sabit hız referansında standart PI denetleyicinin kaçınılmaz bir sonucu olarak hız ve tork dalgalanmaları tespit edilmiştir. Ayrıca sistemin mekanik analizi yapılarak kapalı çevrim bant genişliği sınırları kesim frekansı deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu fiziksel taban verileri ışığında, mevcut PI yapısının parametre değişimlerine hassasiyeti ve dalgalanma sorunlarını gidermek amacıyla simülasyon ortamında Kayan Kipli Kontrol (SMC) tabanlı bir hız denetleyicisi tasarlanmıştır. Simülasyon sonuçları, fiziksel sistemden elde edilen PI verileri ile karşılaştırıldığında önerilen SMC yönteminin tork dalgalanmalarını minimize ettiği, yerleşme süresini kısalttığı ve sistemin dış bozuculara karşı kararlığını artırdığı gözlemlenmiştir. Çalışma, endüstriyel sürücülerdeki klasik PI yapısının sınırlarını deneysel verilerle ortaya koyması ve buna alternatif olarak Kayan Kipli Kontrol üstünlüğünü doğrulaması açısından önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler : Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motor (PMSM), Kayan Kipli Kontrol, PI Denetleyici, Endüstriyel Servo Motor

1.GİRİŞ

Günümüzde hassas uygulamalar gerektiren uygulamalarda (robotik kollar, CNC tezgahları gibi) kalıcı mıknatıslı senkron motorlar kullanılmaktadır. Kalıcı mıknatıslı senkron motorların millinin konumu bir enkoder yardımı ile anlık olarak takip edilip bu veriler ile kapalı döngü geri besleme sistemi kurulduğunda kalıcı mıknatıslı senkron motoru bir servo motor haline getirmek mümkündür. Kalıcı mıknatıslı senkron motorlar asenkron veya kendi kendine komütasyonlu dirençli senkron makinelerle karşılaştırıldığında, sağlamlığı, yüksek güç yoğunluğu, kontrolün basitliği ve kompakt yapısı nedeniyle endüstriyel uygulamalarda her yerde bulunmaktadır aynı zamanda endüstride hızla artan büyümeyle birlikte daha verimli sistemler büyük önem kazanmıştır. Endüstride yaygın olarak kullanılan kontrol sistemlerinin performansının artırılması da zorunlu hale gelmiştir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında izleme performansı, hız, kararlılık ve hassasiyeti tatmin edici bir PI regülatörü ile sabit mıknatıslı senkron makinenin (PMSM) vektör kontrolünü sunuluyor[1]. Benzer bir yaklaşımla, PMSM tabanlı hız kontrol sistemlerinin performansının artırılması hedeflenmiştir ve bu amaçla, uygun kesirli oransal-integral (CFOPI) tabanlı PMSM hız kontrolörü tasarlanmıştır. CFOPI kontrolör katsayıları kp, ki ve γ yanıt yüzey metodu (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir[2]. Buna paralel olarak yürütülen çalışmalarda, otomotiv uygulamaları için kalıcı mıknatıslı senkron motorların (PMSM'ler) tasarımında karşılaşılan mevcut gürültü, titreşim ve sertlik (NVH) sorunlarının bir genel görünümünü sunmaktadır. Özellikle NVH modellemede kullanılan analitik ve sayısal yöntemlere dikkat çekilmektedir. Elektromanyetik kuvvet hesaplaması, motor yapısal modellemesi ve akustik emisyon hesaplaması, NVH emisyonlarına odaklanılarak incelenmiştir. PMSM'ler, yüksek performanslı ve yüksek verimli motor sürücüleri için seçilmekte ve araç elektrifikasyonuna geçişte yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma, PMSM'lerin NVH tasarım sorunlarıyla başa çıkmak için yönergeler sunmaktadır [3,4]. Literatürdeki bir başka önemli yaklaşımda ise, yüksek frekanslı sinyal enjeksiyon yöntemi ile içten mıknatıslı senkron motorların rotor pozisyon açısını çıkarmak için yeni bir şema sunmaktadır ve bu şema bir yinelemeli strateji kullanmaktadır[5]. Konuyla ilgili yürütülen kapsamlı bir diğer araştırmada modern bir kontrol yöntemi olarak kayar mod kontrol, PMSM sürücü sisteminin kontrolünü iyileştirebileceğini sunmaktadır. Bu yöntem PMSM kontrolünde

başarıyla uygulanmış ve motor sürücü sisteminde önemli bir ilgi alanı hâline gelmiştir. Bu çalışma, PMSM tabanlı kayar mod kontrol stratejilerinin güncel araştırma durumunun bir özetini sunmakta ve kayar mod kontrolörlerin tasarımını, yüksek mertebeden kayar mod kontrolün geliştirilmesi ve uygulamasını tanıtmaktadır. Titreşim sorununu bastırma yöntemleri özetlenmiş ve eksiklikleri ortaya konmuştur[6,7]. Benzer bir yaklaşımla incelenen konu, PMSM sürücüleri elektromanyetik etkinin periyodik bozulmalarından kaynaklanan istenmeyen tork dalgalanmalarına maruz kalması ile ilgilidir. Bu çalışmalar ilk olarak PMSM'lerdeki tork dalgalanmasının kaynaklarını analiz etmektedir. İkinci olarak, tork sensörleri, tork gözlemcileri ve dolaylı ölçüm yöntemleri dahil olmak üzere PMSM'nin tork ölçüm teknikleri tartışılarak eksiklikleri vurgulanmaktadır. Üçüncü olarak, bu makale PMSM için ileri düzey kontrol tabanlı tork dalgalanmasını minimize etme (CB-TRM) tekniklerini kategorize ederek ve etkilerini eleştirel bir şekilde değerlendirerek özetlemektedir[8,9]. Buna paralel olarak yürütülen çalışmalarda incelenen konu, bir sabit-zamanlı gözlemci tabanlı kaymalı mod kontrol stratejisi kalıcı mıknatıslı senkron motor için önerilmektedir. Hem akım düzenleme döngüsü (iç döngü) hem de hız takip döngüsü (dış döngü), tasarlanan sabit-zamanlı yakınsama kaymalı mod denetleyici ile kontrol edilmekte, kontrol performansı artırılmakta ve sabit-zamanlı bir şekilde yakınsama garanti edilmektedir[10,11]. Diğer bir çalışmada, çeşitli endüstriler BLDC servo motorları farklı amaçlarla geniş çapta uygulamış ve neredeyse her durumda doğru ve sağlam bir kontrol sistemine ihtiyaç duymuştur. Bu çalışmada, değişken yüklerde BLDC servo motor pozisyon kontrolü için adaptif bulanık kontrolcü ile PI kontrolcü karşılaştırılmıştır. PI kontrolcü hem deneme-yanılma yöntemi hem de Ziegler-Nichols yöntemiyle ayarlanmıştır. Bu kontrolcüler, değişken yüklü bir BLDC motor ile simülasyon ve fiziksel sistemde gerçek zamanlı olarak servo sistemine uygulanmıştır[12]. Konuyla ilgili yürütülen kapsamlı bir diğer araştırmada servo motor türleri ile bunların temel ilke ve kontrol yöntemlerine genel bir bakış sunulmaktadır. Dijital sinyal işleme, geri besleme kontrol ilkesi, alan yönelimli kontrol ve Endüstri 4.0 ile entegrasyon gibi prensipler tartışılmaktadır. Bu kontrol prensiplerine dayanarak makale, popüler kontrol yöntemlerini sunmaktadır[13,14]. Son teknoloji ilerlemeleri, servo sistemlerinde dikkat çekici bir ilerlemeyi tetiklemiş ve bunların çeşitli yüksek seviyeli uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmasına yol açmıştır. Benzer bir yaklaşımla özellikle elektrik motoru topolojileri ve kontrol stratejilerine odaklanan yüksek kaliteli servo sistemi teknolojilerinin kapsamlı bir incelemesi sunulmaktadır. Motor topolojisi açısından, bu çalışma farklı dönemlerde kullanılan ana akım servo motorlarını ve günümüz servo motorlarıyla ilgili en son teori ve teknolojileri özetlemektedir[15,16,17].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmanın deneysel aşamasında, ilk olarak fiziksel donanım üzerinde testler uygulanmış ve motorun dinamik davranışlarına ait veriler sürücü arayüzü aracılığıyla kayıt altına alınmıştır. Bu veriler ışığında mevcut sistemin dinamik eksiklikleri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular referans alınarak, simülasyon ortamında sistemin gerçekçi bir modeli (dijital ikizi) oluşturulmuş ve kontrol algoritmasındaki performans kayıplarının giderilmesi hedeflenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

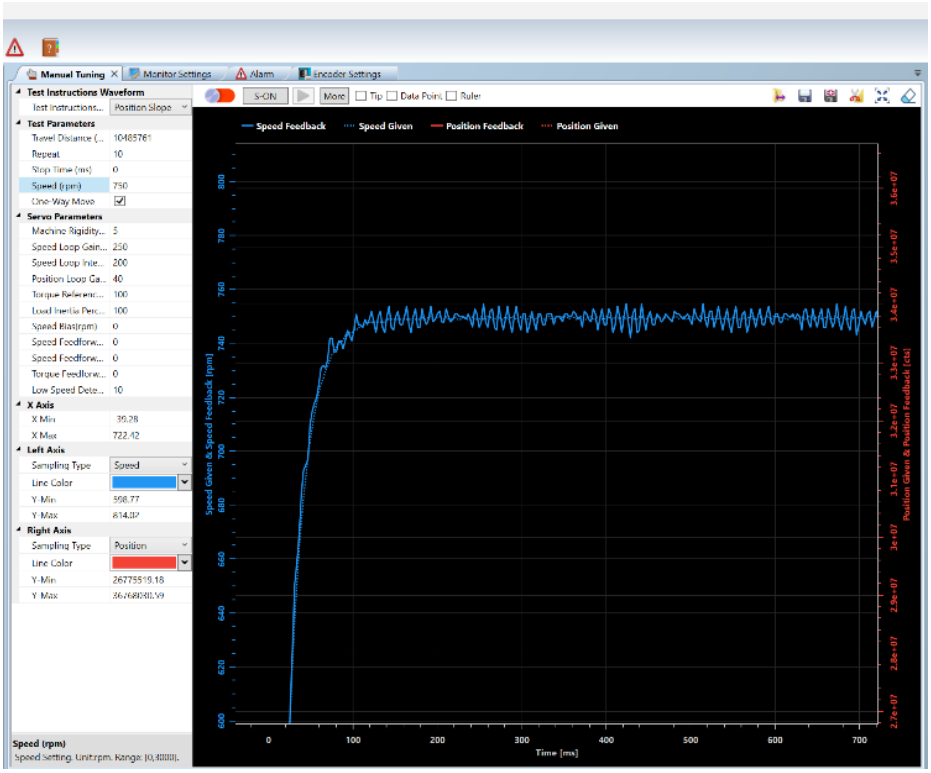
2.1. Deneysel Kurulum ve Yöntem

Endüstriyel servo sistem üzerinden verileri toplamak için motor, sürücü ve yazılım arasında uygun haberleşmenin sağlanması gerekmektedir. Bunun için sürücü üzerinden motor verilerine erişebilmek adına servo sürücünün dijital çıkışlarından RS485 seviyesindeki elektriksel haberleşme sinyallerinin alınması ve bilgisayar üzerinde görüntülenebilmesi için uygun formata getirebilmek niyetiyle max485 entegreli bir RS485/USB dönüştürücüsü kullanılmıştır (Görsel 1). Elektrik sinyalleri bilgisayarın anlayabileceği bir formata dönüştürüldükten sonra verileri çözümlemek amacıyla servo sürücüsünün haberleşme protokolü olan modbus ascii haberleşme protokolünde veriler çözümlenmiştir. Ardından sistem testleri için servo sürücüye referanslar gönderilerek veriler toplanmaya başlanmıştır.

Görsel 1. Deneysel Kurulum

2.2. Mevcut Sistemin Analizi

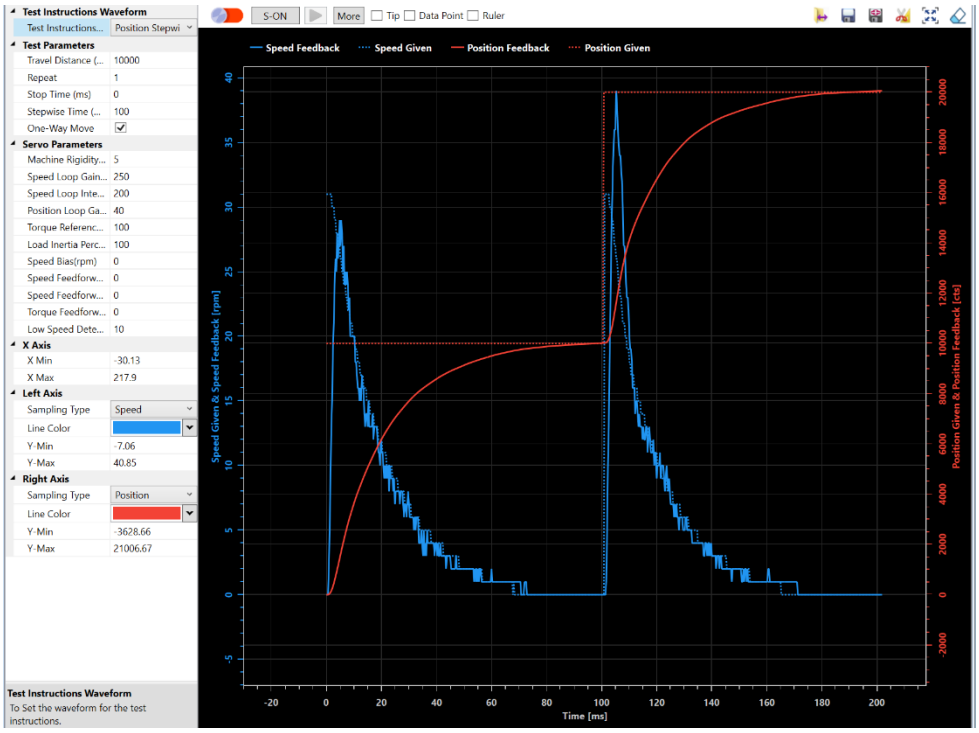
Deney düzeneğinde kullanılan servo sistem paketinde standart olarak alan yönlendirmeli kontrol ve iç içe PI denetleyici (hız ve akım döngüleri) kullanılıyor. Kurulan deney düzeneğinden toplanan veriler ışığında değerlendirmeler sonucunda PI denetleyicilerin parametre değişimlerine (yük değişimi, atalet değişimi) hassas olması ve özellikle sabit hızda dalgalanma yaratması (Görsel 2) problemleriyle karşılaşılmıştır.



Görsel 2. PI Kontrol Hız Tepkisi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Endüstriyel servo sürücünün mevcut kontrol performansını ve fiziksel sınırlarını belirlemek amacıyla, sistem nominal çalışma koşullarında test edilmiştir. Görsel 3'de, sürücü arayüz yazılımı aracılığıyla gerçek zamanlı olarak kaydedilen, konumsal basamak referansına karşılık sistemin hız ve pozisyon tepkileri sunulmaktadır. Test sürecinde hız döngüsü kazancı Kp = 250 ve integral kazancı Ki = 200 olarak ayarlanmış olup, bu değerler sistemin standart fabrika ayarları veya otomatik ayarlama (auto-tuning) referansları baz alınarak seçilmiştir. Elde edilen deneysel veriler incelendiğinde bazı dinamik davranışlar tespit edilmiştir.



Görsel 3. Sistemin Hız ve Pozisyon Tepkisi

İlk olarak geçici hal tepkisi ve aşım (overshoot) davranışı tespit edilmiştir. Grafikteki mavi kesikli çizgi referans hız profilini, mavi sürekli çizgi ise motorun gerçek hızını temsil etmektedir. Sisteme yaklaşık 30 RPM (sınır anahtarı arama hızı olarak belirlenmiştir) genliğinde ani bir hız referansı uygulandığında (t ≈ 100 ms anı), PI denetleyicinin referansı yakalamak için ürettiği kontrol işareti, sistemin sönümleme oranını aşmasına neden olmuştur. Sonuç olarak gerçek hız, referans değerini geçerek yaklaşık 38-40 RPM seviyelerine ulaşmış ve sistemde %30 civarında bir maksimum aşım meydana gelmiştir. Bu durum, yüksek kazançlı PI denetleyicilerin ani referans değişimlerinde, integratör birikmesi ve oransal tepkinin etkisiyle enerji kontrolünü sağlamakta zorlandığını göstermektedir.

İkinci olarak yerleşme süresi ve takip hatası tespit edilmiştir. Aşım sonrası sistemin referans hıza oturma süreci incelendiğinde, hız tepkisinin referans sinyalini belirgin bir gecikme ile takip ettiği görülmektedir. Aşımın sönümlenmesi ve hızın kararlı hale gelmesi uygulanan hareket profilinin süresine oranla uzundur. Bu gecikme, özellikle seri üretim hatları gibi yüksek çevrim hızına sahip uygulamalarda senkronizasyon hatalarına yol açabilecek niteliktedir.

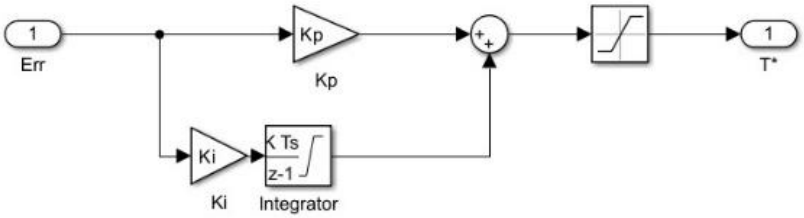
Üçüncü olarak düşük hızlarda kararsızlık ve sürtünme etkisi tespit edilmiştir. Hareketin bitiş evresinde (yavaşlama rampası ve duruş anı), hız profilinde lineer olmayan dalgalanmalar ve

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

merdiven formunda kesintili inişler gözlemlenmiştir. Bu durum, düşük hızlarda motorun statik ve Coulomb sürtünme kuvvetlerini yenmekte zorlandığını, PI denetleyicinin ise bu lineer olmayan bozucu etkilere karşı yeterli kabiliyetli sağlayamadığını işaret etmektedir.
Görsel 3'deki deneysel veriler, klasik PI denetleyicinin dinamik performansındaki temel çelişkiyi ortaya koymaktadır. Yükselme süresini kısaltmak için yüksek tutulan oransal kazanç (Kp=250), sistemin kararlılık marjını daraltarak yüksek aşıma neden olmaktadır. Öte yandan, aşımı engellemek için kazancın düşürülmesi ise sistemin tepkisini yavaşlatacaktır. Bu hız-kararlılık davranışı, sistemin dinamik performansını sınırlamakta olup bu sınırların aşılması için Kayan Kipli Kontrol (SMC) gibi lineer olmayan ve daha kabiliyetli kontrol yöntemlerine ihtiyaç duyulduğunu deneysel olarak doğrulamaktadır.

2.3. Önerilen Yöntem

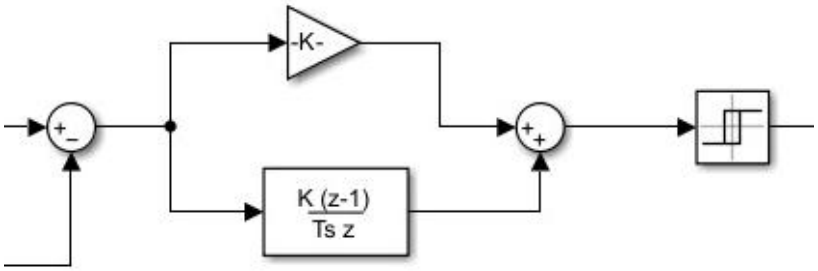
Deneysel çalışmalarda tespit edilen PI denetleyici yetersizliklerini (yüksek aşım ve yerleşme süresi) gidermek amacıyla, sistemin lineer olmayan dinamiklerine uygun, kabiliyetli bir Kayan Kipli Kontrol (SMC) yapısı tasarlanmıştır. Tasarım süreci iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak mevcut sistemin dijital ikizi (PI Modeli) oluşturulmuş, ardından önerilen SMC yapısı sisteme entegre edilmiştir. Önerilen yöntemin başarımını doğrulamak için öncelikle gerçek sürücüdeki kontrol yapısının bir benzeri simülasyon ortamında modellenmiştir. Görsel 4'te gösterilen blok diyagram, sürücünün hız döngüsünü temsil etmektedir.



Görsel 4. PI Denetleyici Hız Döngüsü

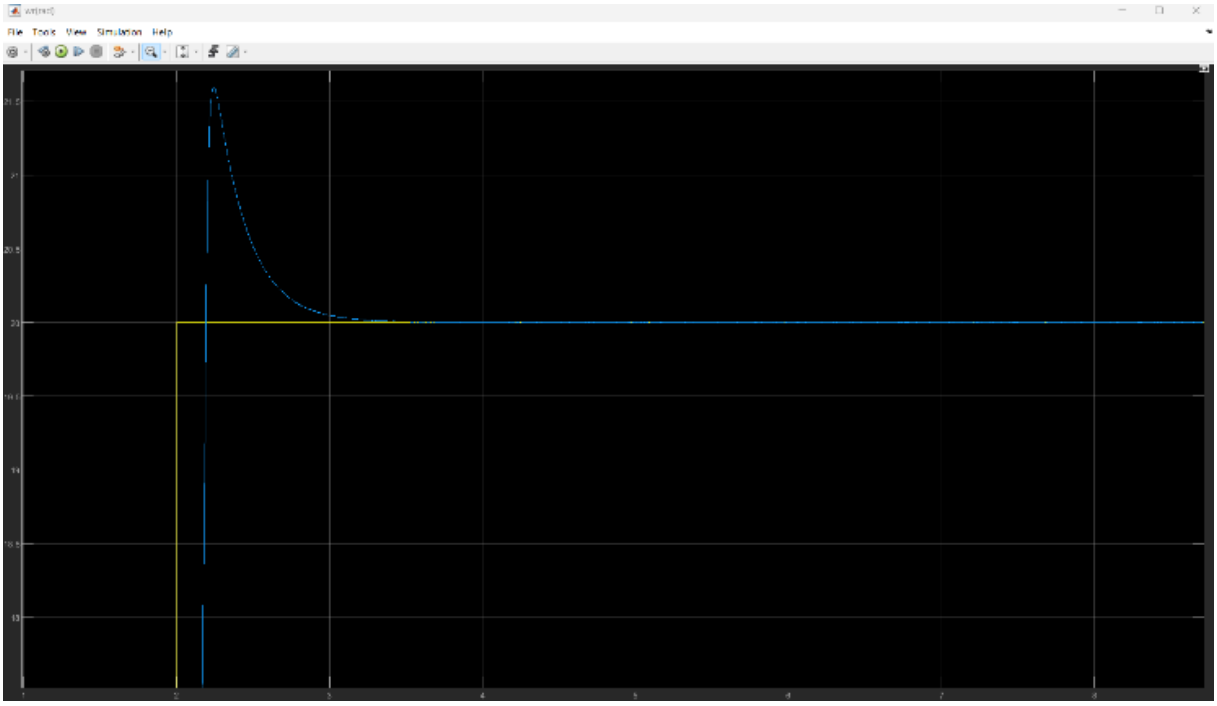
Bu yapıda, hız hatası hem oransal kazanç ile çarpılmakta hem de ayrık zamanlı bir integratörden geçirilerek toplanmaktadır. Çıkışta bulunan satürasyon bloğu, sürücünün maksimum akım/tork limitlerini simüle etmektedir. Bu model, deneysel verilerle Görsel 3'de örtüşen sonuçlar üreterek simülasyon ortamının güvenilirliğini sağlamıştır. Klasik yapının yerini alması için tasarlanan SMC denetleyicisi, sistemin durum değişkenlerini (hız hatası ve hatanın türevi) önceden tanımlanmış bir kayan yüzey üzerinde tutma prensibine dayanır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



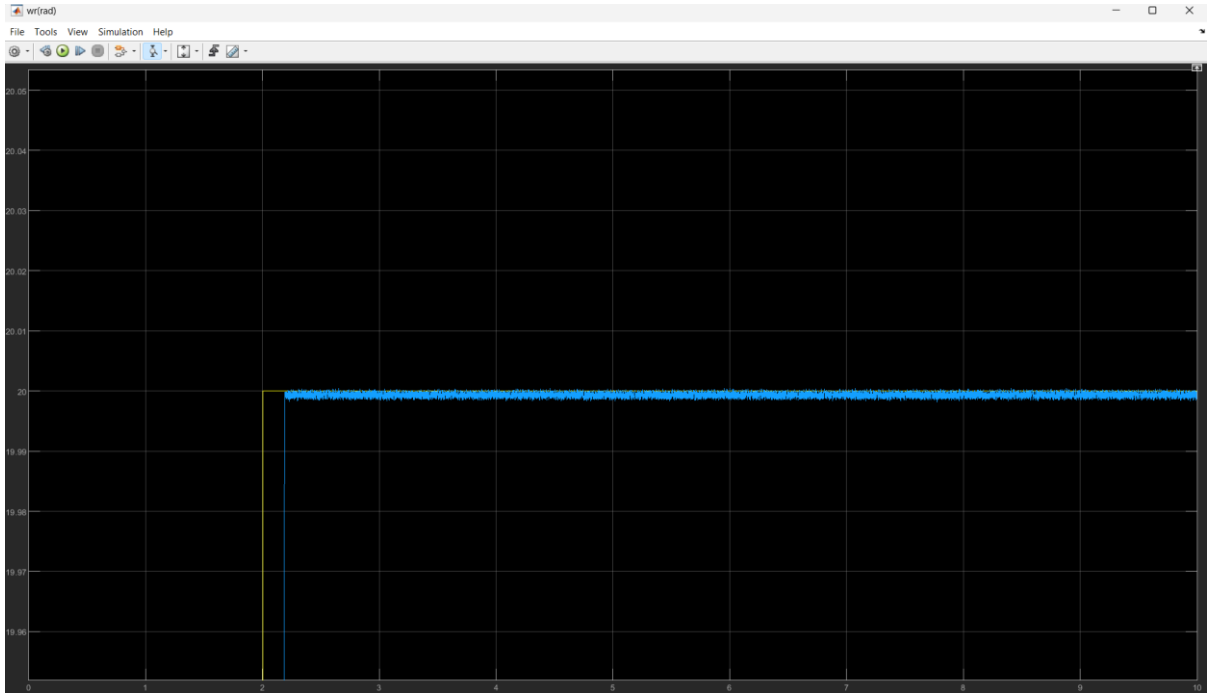
Görsel 5. SMC Denetleyici Hız Döngüsü

Blok diyagram incelendiğinde türevsel bileşen bloğu, hız hatasının değişim hızını (türevini) hesaplayarak sisteme benzeri bir sönümleme etkisi sağlamaktadır. Bu yapı, PI denetleyicideki aşımın (overshoot) engellenmesindeki temel faktördür. Anahtarlama mantığı ise toplanan sinyaller bir signum fonksiyonuna girmektedir. Bu blok, hatanın pozitif veya negatif olmasına göre sürücüye maksimum pozitif veya negatif tork referansı göndererek sistemi hızla referans değerine zorlamaktadır.



Görsel 6. PI Denetleyici Hız Tepkisi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 7. SMC Denetleyici Hız Tepkisi

Görsel 7'de görüldüğü üzere, bu yapı sisteme uygulandığında klasik PI yapısına kıyasla (Görsel 6) aşım tamamen yok edilmiş ve yerleşme süresi milisaniyeler mertebesine indirilmiştir. Diyagramdaki anahtarlama bloğu, SMC'nin karakteristik özelliği olan yüksek frekanslı kontrol sinyalini üretmektedir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Endüstriyel PMSM sürücü üzerinde gerçekleştirilen deneysel PI testleri ile önerilen Kayan Kipli Kontrol (SMC) yönteminin simülasyon sonuçları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Karşılaştırma kriteri olarak, basamak cevabındaki maksimum aşım, yerleşme süresi ve kalıcı durum hatası parametreleri esas alınmıştır. Önerilen kontrolcünün performansını değerlendirmeden önce, oluşturulan simülasyon ortamının güvenilirliği test edilmiştir. Klasik PI simülasyon çıktısı, sunulan deneysel basamak tepkisi ile karakteristik olarak birebir örtüşmektedir. Her iki durumda da sistem referans değişimi anında sönümlü bir aşım sergilemekte ve yerleşme süresi uzamaktadır. Bu durum, simülasyon modelinin (motor parametreleri ve yük ataleti açısından) fiziksel sistemi yüksek doğrulukla temsil ettiğini doğrulamaktadır. Klasik PI tepkisi, sisteme referans uygulandığında, PI denetleyici integratör birikmesi etkisiyle referansı aşarak yaklaşık 21.5 rad/s seviyesine çıkmış, yani %7.5 - %10 bandında bir aşım (overshoot) yapmıştır. Sistemin referans değere (20 rad/s) tam olarak oturması ve salınımların sönümlenmesi yaklaşık 1.5 - 2 saniye sürmüştür. Bu yavaş dinamik tepki, hassas konumlama gerektiren uygulamalar için bir dezavantajdır.

Önerilen SMC tepkisi, aynı şartlar altında SMC denetleyici referans değişimine aşım yapmadan ve çok daha dik bir yükselme süresi ile cevap vermiştir. Grafik incelendiğinde sistemin hedef hıza ulaşma süresinin milisaniyeler mertebesine indiği görülmektedir. SMC yapısındaki türevsel etki ve anahtarlama fonksiyonu hatanın artmasına izin vermeden sistemi anında baskılamıştır. Simülasyon ortamında bu titreşim net olarak görülse de, fiziksel uygulamada

motor sargılarının endüktansı ve mekanik yükün eylemsizlik momenti (ataleti), bu yüksek frekanslı bileşenler için doğal bir alçak geçiren filtre görevi görür. Dolayısıyla, SMC'nin sağladığı bu yüksek frekanslı kararlılık, fiziksel sistemde gürültüden ziyade dış bozuculara (yük torku vb.) karşı yüksek bir direnç olarak sisteme yansır. Elde edilen sonuçlar, endüstriyel sürücülerdeki klasik PI yapısının parametre değişimlerine ve ani referanslara karşı yumuşak ama yavaş bir tepki verdiğini buna karşın önerilen SMC yapısının agresif ve kararlı bir kontrol sağladığını göstermektedir. SMC yöntemi, aşımı tamamen elimine etmesi ve yerleşme süresini minimize etmesi sayesinde, özellikle robotik manipülatörler ve CNC eksenleri gibi yüksek dinamik performans gerektiren uygulamalar için PI denetleyiciye göre üstün bir alternatiftir.

KAYNAKÇA

[1] Achour, H. Ben, et al., Permanent Magnet Synchronous Motor PMSM Control by Combining Vector and PI Controller, *WSEAS Trans. Syst. Control*, 17, 244-249, 2022.

[2] İlten, E., Conformable Fractional Order PI Controller Design and Optimization for Permanent Magnet Synchronous Motor Speed Tracking System, *Duzce University Journal of Science and Technology*, 9, 3, 130-144, 2021.

[3] Soresini, F., et al., Noise and Vibration Modeling of Permanent Magnet Synchronous Motors: A Review, *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 10, 4, 8728-8745, 2024.

[4] Kakouche, K., et al., Different Control Techniques of Permanent Magnet Synchronous Motor with Fuzzy Logic for Electric Vehicles: Analysis, Modelling, and Comparison, *Energies*, 16, 7, 3116, 2023.

[5] Sun, X., et al., Finite Position Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Motors at Low Speed, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 37, 7, 7729-7738, 2022.

[6] Li, K., et al., Overview of Sliding Mode Control Technology for Permanent Magnet Synchronous Motor System, *IEEE Access*, 12, 71685-71704, 2024.

[7] Nguyen, T. H., et al., An Adaptive Sliding-Mode Controller with a Modified Reduced-Order Proportional Integral Observer for Speed Regulation of a Permanent Magnet Synchronous Motor, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69, 7, 7181-7191, 2021.

[8] Rafaq, M. S., Midgley, W., Steffen, T., A Review of the State of the Art of Torque Ripple Minimization Techniques for Permanent Magnet Synchronous Motors, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20, 1, 1019-1031, 2023.

[9] Mercorelli, P., Control of Permanent Magnet Synchronous Motors for Track Applications, *Electronics*, 12, 15, 3285, 2023.

[10] Lin, X., et al., Observer-Based Fixed-Time Control for Permanent-Magnet Synchronous Motors with Parameter Uncertainties, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 38, 4, 4335-4344, 2022.

[11] Ullah, K., Guzinski, J., Mirza, A. F., Critical Review on Robust Speed Control Techniques for Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) Speed Regulation, *Energies*, 15, 3, 1235, 2022.

[12] Samii, A., Akram, A., Ardiny, H., Comparison of PI and Adaptive Fuzzy Controllers for Position Tracking of Servo System with Variable Loaded BLDC Motor, *2022 10th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM)*, 254-260, 2022.

[13] Autsou, S., et al., Principles and Methods of Servomotor Control: Comparative Analysis and Applications, *Applied Sciences*, 14, 6, 2579, 2024.

[14] Pliuhin, V., et al., Design and Simulation of a Servo-Drive Motor Using ANSYS Electromagnetics, *Lighting Engineering & Power Engineering*, 60, 3, 112-123, 2021.

[15] Cheng, M., et al., Advanced Electrical Motors and Control Strategies for High-Quality Servo Systems-A Comprehensive Review, *Chinese Journal of Electrical Engineering*, 10, 1, 63-85, 2024.

[16] Syafruddin, R., et al., 3 Phase Ac Servomotor Switching System, *Journal of Physics: Conference Series*, 012060, 2021.

[17] Chen, H., Cai, C., High-Speed Control of AC Servo Motor Using High-Performance RBF Neural Network Terminal Sliding Mode Observer and Single Current Reconstructed Technique, *Electronics*, 11, 10, 1646, 2022.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BİYOSENSÖR TABANLI DUYGUSAL VERİLERLE ÖĞRENCİ KATILIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Merve Okumuş Sarı

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 43500 Simav/Kütahya, Türkiye.
merve.okumus.sari@ogr.dpu.edu.tr- 0009-0004-6731-3711

Halil İbrahim Sarı

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 43500 Simav/Kütahya, Türkiye.
43halilsari@gmail.com– 0009-0006-3964-3101

Dr. Öğr. Üyesi Kübra Keser

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 43500 Simav/Kütahya, Türkiye.
kubra.keser@dpu.edu.tr - 0000-0001-7215-7232

Sorumlu Yazar: * Kübra Keser

ÖZET

Biyosensör teknolojileri kullanılarak elde edilen çok boyutlu fizyolojik ve davranışsal verilerden öğrencilerin katılım düzeylerinin sınıflandırılmasının amaçlandığı bu çalışmada Kaggle platformunda bulunan Emotional Monitoring Dataset başlıklı veri seti kullanıldı. Veri setinde kalp atış hızı, Cilt İletkenliği (GSR), Elektroensefalografi (EEG) frekansları, vücut sıcaklığı, göz bebeği çapı, mimik yoğunlukları, kortizol seviyesi, fiziksel aktivite, ortam gürültüsü ve aydınlatma gibi göstergeler yer almakta; hedef değişken olarak üç seviyeli katılım düzeyi kullanılmaktadır. WEKA üzerinde uygulanan J48, MultilayerPerceptron (MLP) ve BayesNet algoritmaları karşılaştırıldığında, J48'in %99.8 doğrulukla en yüksek performansa ulaştığı; MLP'nin %97.9, BayesNet'in ise %83.4 doğruluk sağladığı belirlenmiştir. Bulgular, çalışmada yer alan sınıflandırma yöntemlerinin duygusal verilerdeki karmaşık ilişkileri etkili biçimde modelleyebildiğini göstermektedir. Bu yaklaşım, eğitim ortamlarında duygusal durum takibine dayalı kişiselleştirilmiş öğrenme ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyosensör, biyomedikal, duygu.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ASSESSING STUDENT ENGAGEMENT WITH BIOSENSOR-BASED EMOTIONAL DATA

Merve Okumuş Sarı

Kutahya Dumlupinar University, Simav Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering, 43500 Simav/Kutahya, Turkey.
merve.okumus.sari@ogr.dpu.edu.tr- 0009-0004-6731-3711

Halil İbrahim Sarı

Kutahya Dumlupinar University, Simav Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering, 43500 Simav/Kutahya, Turkey.
43halilsari@gmail.com– 0009-0006-3964-3101

Asst. Prof. Kübra Keser

Kutahya Dumlupinar University, Simav Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering, 43500 Simav/Kutahya, Turkey.
kubra.keser@dpu.edu.tr - 0000-0001-7215-7232

Corresponding Author: * Kübra Keser

Abstract

This study aimed to classify students' engagement levels using multidimensional physiological and behavioural data obtained using biosensor technologies. The dataset titled Emotional_Monitoring_Dataset, available on the Kaggle platform, was used. The dataset includes indicators such as heart rate, Skin Conductance (SCR), Electroencephalography (EEG) frequencies, body temperature, pupil diameter, facial expression intensities, cortisol levels, physical activity, ambient noise, and illumination. A three-level participation level is used as the target variable. A comparison of the J48, Multilayer Perceptron (MLP), and BayesNet algorithms implemented on WEKA revealed that J48 achieved the highest performance with 99.8% accuracy, while MLP achieved 97.9% and BayesNet achieved 83.4% accuracy. The findings demonstrate that the classification methods presented in the study can effectively model complex relationships in emotional data. This approach offers significant potential for developing personalised learning and early warning systems based on emotional state monitoring in educational settings.

Keywords: Biosensor, biomedical, emotion.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

LİTYUM – FLYWHEEL HİBRİT DEPOLAMA SİSTEMİNİN PV SİSTEM KARARLILIĞI AÇISINDAN İNCELENMESİ

Mahmut Burak GÖZLÜ
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
burakgozlu@gmail.com - https://orcid.org/0009-0007-6242-2427
Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
ORCID: 0000-0003-0984-5707
mehmet.ozcelik@gibtu.edu.tr
Gaziantep University of Islam, Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep / Türkiye

ÖZET

Enerji depolamanın çıkış performansını artırmak ve enerji depolama maliyetini düşürmek amacıyla, bu makale lityum batarya ve volan kullanılarak kurulan enerji-güç hibrit enerji depolama sistemine odaklanmaktadır.(Zhao et al., 2023) Günümüz PV sistemlerde kullanılan depolama teknolojilerinin büyük çoğunluğunda Lityum-İyon batarya teknolojileri kullanılmaktadır. Gerek enerji kapasitesinin yüksek olması gerek deşarj süresinin uzun olması nedeniyle diğer depolama teknolojilerine göre daha avantajlıdır. Ancak şebeke entegrasyonundaki özellikle hızlı frekans tepkisi bakımından bazı zorlukları bulunmaktadır. (Çaliker et al., n.d.)Bu noktada Volan enerji depolama sistemleri büyük avantaj sağlar. Volan sistemleri, özellikle şebeke frekansını 50/60 Hz'de sabit tutmak için üretim ve yük dengesizliklerini gerçek zamanlı olarak düzelten frekans regülasyonu veya güneş ve rüzgar gibi kesintili yenilenebilir kaynakların değişken çıkışını dengelemek amacıyla yapılan uygulamalarda son derece yüksek değer sağlar. İncelenen Hibrit Enerji Depolama Sistemi, bir volan ve bir lityum-iyon bataryadan oluşmaktadır. Sistem, bir üretim tesisine entegre edilerek güç kalitesini iyileştirmekte ve şebekeye birincil kontrol rezerv hizmeti sunmayı hedeflemektedir. Sistemin elektriksel yapısı ve temel bileşenleri analiz edilmiştir. (Mouratidis et al.,2019)

Anahtar Kelimeler: Enerji Depolama, Flywheel, Lityum Batarya

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE FOCUS OF AN STABILITY INTO A LITHIUM-FLYWHEEL HYBRID STORAGE IN PV SYSTEM

Abstract

In order to enhance the output performance of energy storage and reduce storage costs, this paper focuses on an energy–power hybrid energy storage system constructed using a lithium battery and a flywheel (Zhao et al., 2023). In today's PV systems, lithium-ion battery technologies are used in the vast majority of storage applications. Owing to their high energy capacity and long discharge duration, they offer significant advantages over other storage technologies. However, they also present certain challenges, particularly in terms of providing rapid frequency response during grid integration. At this point, flywheel energy storage systems offer considerable benefits. Flywheel systems provide exceptionally high value in applications such as frequency regulation—where production and load imbalances are corrected in real time to maintain grid frequency at 50/60 Hz—and in smoothing the variable output of intermittent renewable sources such as solar and wind.

The investigated Hybrid Energy Storage System consists of a flywheel and a lithium-ion battery. The system is integrated into an industrial facility, improving power quality and aiming to provide primary control reserve services to the grid. The electrical structure of the system and its fundamental components have been analyzed (Mouratidis et al., 2019).

Keywords: Energy Storage, Flywheel, Lithium Battery

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GİRİŞ

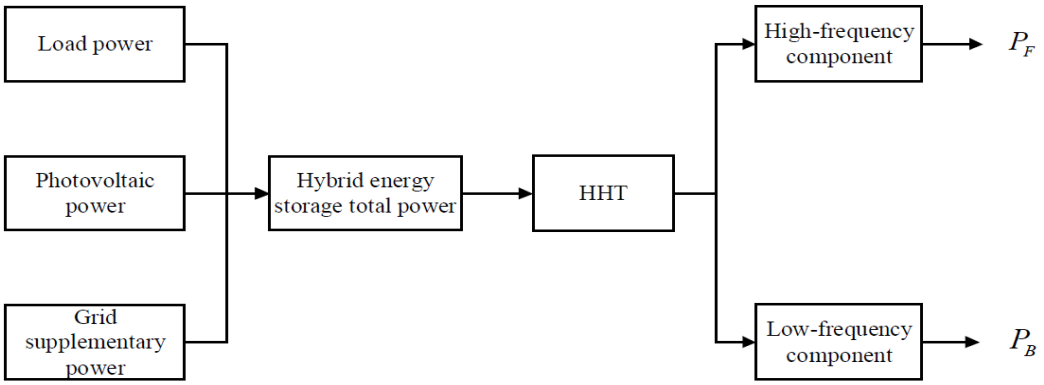
Fotovoltaik (PV) sistemler, küresel enerji talebini karşılamada ve sürdürülebilir bir enerji geleceği oluşturmada kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, PV sistemlerin gücü, güneş ışınımındaki anlık değişimler ve hava koşullarına bağlı kesintiler nedeniyle doğası gereği değişkendir. Bu değişkenlik, şebekeye büyük ölçekte entegre edildiklerinde şebeke kararlılığını ve güç kalitesini olumsuz etkileyebilir. Özellikle hızlı güç değişim olayları ve kısa süreli voltaj dalgalanmaları, dağıtım ve iletim sistemlerinde ciddi zorluklara yol açmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, Enerji Depolama Sistemleri (EDS) vazgeçilmez bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır.(Çaliker et al., n.d.) EDS, PV sistemlerin ürettiği fazla enerjiyi depolayarak ve gerektiğinde hızla serbest bırakarak güç çıkışını düzgünleştirir ve kararlılığı artırır.(Zhao et al., 2023) Piyasada yaygın olarak kullanılan en önemli depolama teknolojisi, yüksek enerji yoğunluğu ve uzun çevrim ömrü sunan Lityum İyon (Li-ion) bataryalardır. Li-ion bataryalar, uzun süreli depolama ve enerji yönetimi uygulamaları için idealdir. Ancak, Li-ion bataryaların güç yoğunluğu ve çok hızlı şarj/deşarj döngülerine tepki süresi sınırlıdır, bu da onları milisaniyeler düzeyindeki ultra hızlı güç dalgalanmalarını tamponlamakta yetersiz bırakabilir. PV sistemlerin kararlılığını sağlamak için hem yüksek enerji yoğunluğuna (uzun süreli yumuşatma) hem de yüksek güç yoğunluğuna (anlık tepki) sahip bir depolama çözümüne ihtiyaç vardır. Bu bağlamda, farklı özelliklere sahip depolama teknolojilerini birleştiren Hibrit Enerji Depolama Sistemleri öne çıkmaktadır. Volan (Flywheel) sistemleri, mekanik enerji depolayarak son derece yüksek güç yoğunluğu, çok hızlı tepki süresi ve milyonlarca döngüye dayanıklılık sunar.(Meng et al., 2023) Bu çalışma, Li-ion bataryaların uzun süreli enerji depolama avantajlarını, volan sistemlerinin anlık güç sağlama üstünlüğü ile birleştiren Lityum İyon-Volan Hibrit Depolama Sisteminin PV sistemlerin kararlılığı üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır.

Hibrit Güç Tahsis

Fotovoltaik güç üretim sistemindeki dengesiz güç, doğrusal olmayan ve kararsız bir yapıya sahiptir. Bu makalede, hibrit enerji depolama sisteminin toplam gücü frekans bileşenlerine ayırmak için HHT (Hilbert–Huang Dönüşümü) yöntemi kullanılmıştır. Böylece iki farklı enerji depolama biriminin güç tahsisi gerçekleştirilmektedir.(Zhao et al., 2023) Güç tahsis stratejisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Toplam güç, yüksek frekans ve düşük frekans olmak üzere

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ikiye ayrılmakta ve bu bileşenler sırasıyla volanın ve lityum bataryanın şarj ve deşarj gücü olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1. Hibrit Enerji Depolama Sisteminin Güç Tahsis Stratejisi(Zhao et al., 2023)

Kesme frekansı belirlendikten sonra, enerji depolamanın şarj ve deşarj gücünü hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir:

Zaman serisinin uzunluğunu n ve kesme frekansını f, yani f_1 ve f_2 arasındaki frekans olarak kabul edelim. Örneğin f_1 için; zaman t'de f_1'in anlık frekansı f_m'den yüksekse, güç $P_f(t)+c_1(t)$ olarak alınır; düşükse güç $P_B(t)+c_1(t)$ olarak alınır. Aynı hesaplama yöntemi her bileşen için uygulanır. Bu sayede lityum iyon batarya ve volanın gerçek zamanlı şarj ve deşarj güçleri belirlenmiş olur.(Zhao et al., 2023)

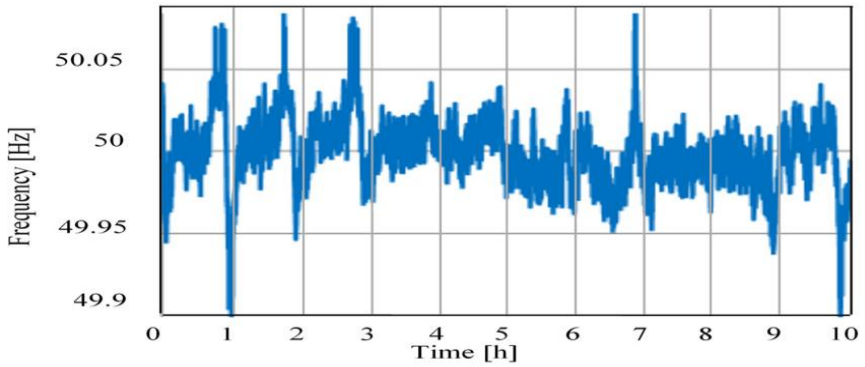
Volan ve Batarya Sistemlerinin Modellenmesi

Batarya Modellemesi

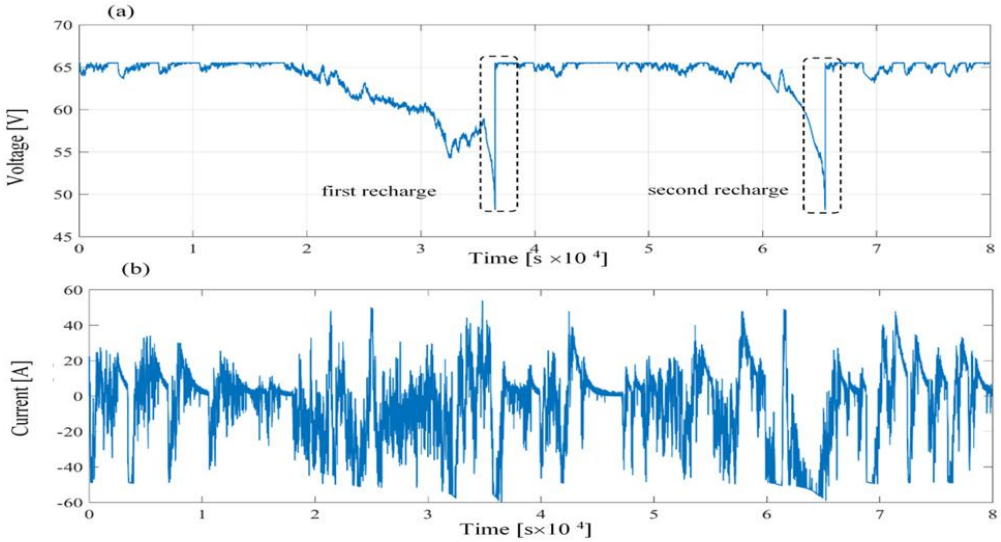
Batarya modeli için yaşlanma testleri, 3 kW'lık bir batarya modülü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Testlerde bataryalara, her biri 10,2 saat süren ve deşarj modundan şarj moduna çok hızlı geçişlerle karakterize edilen birçok çevrim uygulanmıştır. (Sessa et al.,2019) Bu tür bir çalışma, bataryaların frekans regülasyonu hizmeti sırasında maruz kaldığı çalışma biçimine benzer olduğundan, testler sırasında bataryaların maruz kaldığı stres, şebeke frekans regülasyonu sırasında maruz kaldıkları stres ile eşdeğer kabul edilebilir. (Sessa et al.,2019) Gerçek uygulamalarda da bir enerji depolama biriminin sağlaması gereken güç, anlık frekans değerine bağlı olarak değişir; yani şebeke frekansı belirli bir eşik değerin altına düştüğünde batarya deşarj moduna geçer ve tam tersi durumda şarj moduna geçer. (Sessa et al.,2019) Gerçek bir şebeke barasında ölçülen frekans değerinin 10 saatlik bir süre içindeki değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Şekil 3'de, iki yaşlanma çevrimi sırasında ölçülen gerilim ve akım değerleri (akım profili, frekans regülasyonu sırasında şebekenin tipik güç talebi profilini takip etmektedir) gösterilmiş ve yeniden şarj işlemleri vurgulanmıştır. Her çevrimin sonunda batarya tamamen yeniden şarj edilmiştir.



Şekil 2. Gerçek bir şebeke barasında 10 saatlik süre boyunca ölçülen frekans değişimi (Sessa et al.,2019)

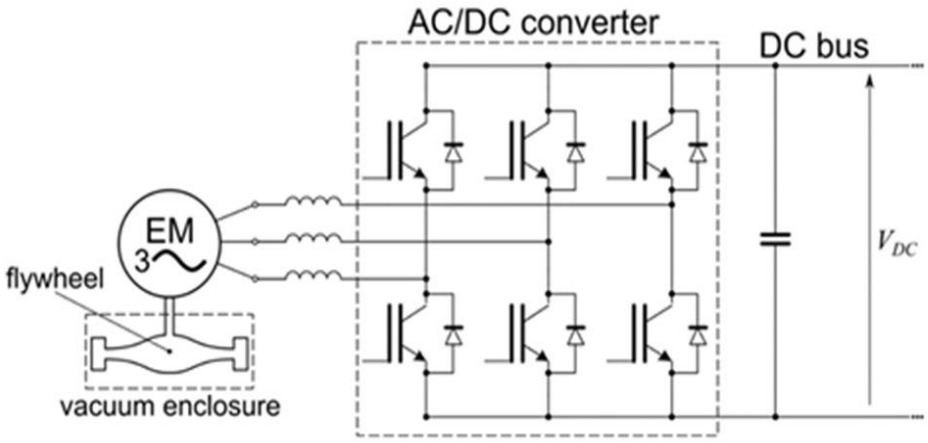


Şekil 3. İki yaşlanma çevrimi sırasında ölçülen gerilim (a) ve akım (b) (Sessa et al.,2019)

Volan Modellemesi

Volan sistemi, çelik rotor üzerine kurulmuş ve yüzeysel kalıcı mıknatıslar kullanılan 4 kutuplu fırçasız bir elektrik makinesi ile eşleştirilmiş, 20 kW nominal güce sahip bir modülden oluşmaktadır. Elektrik Motorun (EM) volan muhafazasının dışında, genellikle düşük basınçta tutulması, aerodinamik sürtünme kayıplarını azaltmak için tercih edilir. Bu konumlandırma, EM–AC/DC güç dönüştürücü bağlantısını ve EM soğutmasını kolaylaştırır Volan sisteminin bir taslak şeması Şekil 4'de verilmiştir; burada batarya modülleri ile paylaşılan DC barası devresi de gösterilmektedir. (Sessa et al.,2019)

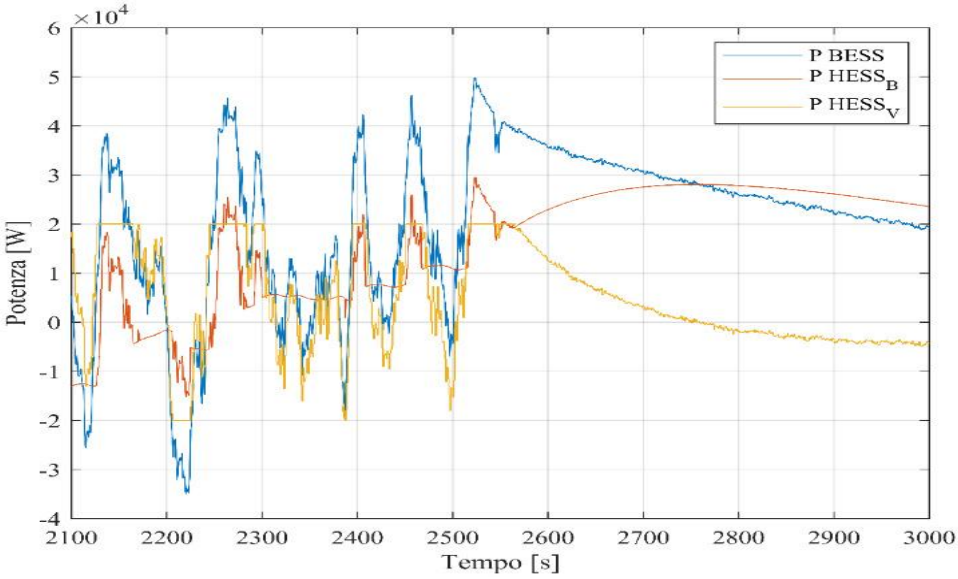
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Şekil 4. Volan Enerji Depolama Sisteminin Taslak Şeması (Sessa et al.,2019)

Hibrit Depolama Sistemi Modeli

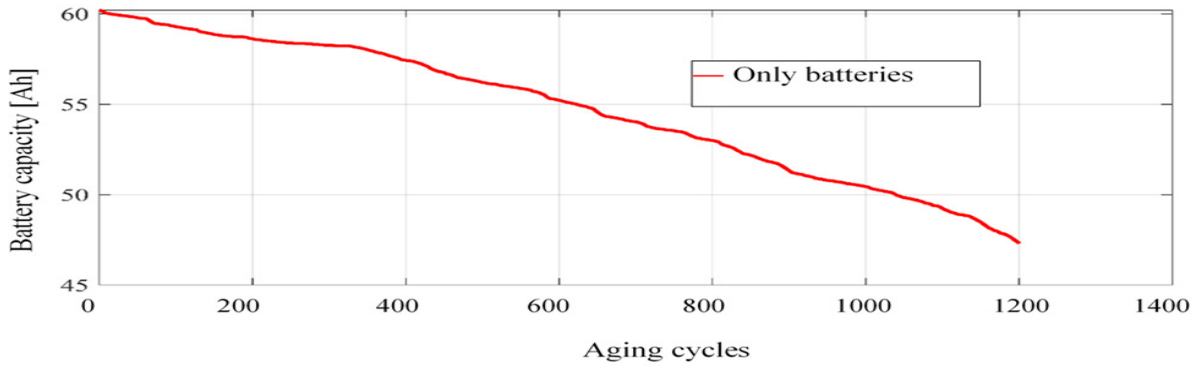
Bu bölümde, yukarıda açıklanan batarya ve volan modelleri birleştirilerek, iki adet 47,7 MW batarya grubu ve 20 kW'lık bir volan ünitesinden oluşan bir hibrit depolama sistemi oluşturulmuştur. Sistemde bir alçak geçiren filtre kullanılarak, hibrit depolama sistemine gereken güç, düşük frekanslı bileşenler ve yüksek frekanslı bileşenler olarak ayrılabilmektedir. Şekil 5'de hem toplam gereken güç hem de bataryalar ile volan arasında paylaştırılan güç gösterilmektedir. Özellikle, bataryanın sağlaması gereken gücü yumuşatan alçak geçiren filtrenin etkisi kırmızı ile vurgulanmıştır. Buna karşın, volan hibrit sistemi yüksek frekans bileşenlerini sağlayarak desteklemektedir.



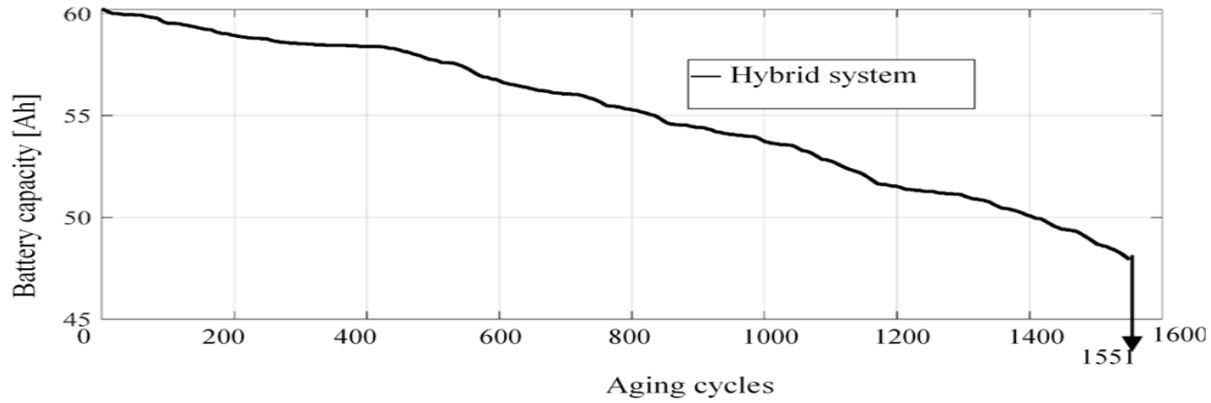
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Şekil 5. Hibrit depolama sistemi tarafından sağlanan güç ve bu gücün bataryalar ile volan arasında paylaşımı (Sessa et al.,2019)

Modellemesi yapılan LMO batarya modülü için kapasitenin %20 azalması, 48 Ah'lik bir kalan kapasiteye karşılık gelmektedir. Sadece batarya modeli ve hibrit model için bu kapasite azalmasına ulaşılması gereken maksimum çevrim sayıları sırasıyla Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Görülebileceği üzere, hibrit sistemde bataryalar %22,63 daha fazla yaşlanma çevrimi sürdürebilmektedir. Simülasyonlar, volanın SoC'si sıfır olduğunda şebekeden güç çekilerek yeniden şarj edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elektrik şebekelerinde birincil frekans regülasyonunun yaklaşık 15–25 saniye sürdüğü dikkate değerdir. Dolayısıyla gerçek uygulamalarda, volanın kapasitesi, SoC sıfıra düşmeden bu tür hizmeti tüm süresi boyunca destekleyecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Şebeke frekansı tolerans bandı içine yeniden getirildiğinde ise volan yeniden şarj edilebilir.



Şekil 6. Sadece batarya depolama sisteminin kapasitesi %20 azalmadan önce tolerans gösterebileceği maksimum yaşlanma çevrim sayısı (Sessa et al.,2019)



Şekil 7. Hibrit sistemin kapasitesi %20 azalmadan önce tolerans gösterebileceği maksimum yaşlanma çevrim sayısı (Sessa et al.,2019)

SONUÇ

Bu makalede, hibrit volan-batarya enerji depolama sisteminin elektrik modeli üzerinden elde edilen simülasyon sonuçları sunulmuştur. Uygun bir güç kontrolü uygulanarak, şebeke frekans regülasyonu hizmeti sırasında hibrit sisteme gereken güç, yüksek frekanslı ve düşük frekanslı bileşenlere ayrılmıştır. Buna göre, volan sistemi gereken gücün yüksek frekanslı bileşenini sağladığında, simülasyon sonuçları bu tür bir kontrolün bataryaların yaşlanmasını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. (Sessa et al.,2019) Modelin temel sınırlılığı, batarya yaşlanmasının genel bir prosedür ile tahmin edilmemesidir; kullanılan batarya yaşlanma modelleme yaklaşımı yalnızca simüle edilen belirli şarj/deşarj çevrimleri için doğrulanmıştır.(Tortella et al.,2018)

Bu makalenin bulguları, enerji depolama sistemleri tasarımcıları ve şebeke operatörleri için, PV sistemlerinin neden olduğu kararsızlık sorunlarına çözüm getirecek pratik ve yüksek performanslı bir Hibrit enerji depolama mimarisi sunmaktadır. (Gao et al., 2025)

KAYNAKLAR

Hybrid Energy Storage System consisting of a Flywheel and a Lithium-ion Battery for the Provision of Primary Control Reserve (Mouratidis, 2019)

Sessa, Sebastian Dambone, Mauro Andriollo, and Andrea Tortella. "Simulation Results from a Kinetic-Electrochemical Energy Storage Model for Network Frequency Regulation." 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT). IEEE, 2019.

Dambone Sessa, S.; Tortella, A.; Andriollo, M.; Benato, R.:“Li-ionbattery-flywheel hybrid storage system: countering the battery aging during the grid frequency regulation service”, Applied Sciences, (8) 11, 2018.

Çaliker, A., Özdemir, E., Üniversitesi, K., Fakültesi, T., Sistemleri, E., & Bölümü, M. (n.d.). *MODERN ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI*.

Gao, C., Zhang, R., Tan, Q., Jin, Y., & Gao, J. (2025). Scheduling optimization of park integrated energy system with a flywheel-based hybrid energy storage system and thermal power deep peak shaving. *Journal of Energy Storage*, *120*. https://doi.org/10.1016/j.est.2025.116363

Meng, J., Ni, Y., Pan, F., Wen, L., Pan, M., & Wang, J. (2023). Capacity Planning of PV-Storage Power Station with Hybrid Energy Storage. *Proceedings - 2023 International Conference on Power System Technology: Technological Advancements for the Construction of New Power System, PowerCon 2023*. https://doi.org/10.1109/PowerCon58120.2023.10331064

Zhao, J., Liang, Y., Fan, D., Ren, H., Zhu, L., & Zhang, X. (2023). Capacity Optimization of lithium Battery-Flywheel Hybrid Energy Storage System. *2023 3rd International Conference on Energy Engineering and Power Systems, EEPS 2023*, 186–189. https://doi.org/10.1109/EEPS58791.2023.10257085

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PV SANTRALLERDE FLYWHEEL(VOLAN) ENERJİ DEPOLAMA KULLANIMININ İNCELENMESİ

Mahmut Burak GÖZLÜ
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
burakgozlu@gmail.com - https://orcid.org/0009-0007-6242-2427
Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
ORCID: 0000-0003-0984-5707
mehmet.ozcelik@gibtu.edu.tr
Gaziantep University of Islam, Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep / Türkiye

ÖZET

Güneş-Fotovoltaik (PV) santraller, sürdürülebilir enerji dönüşümünün kritik bileşenleri olsa da, dalgalı üretim doğaları şebeke istikrarı açısından zorluklar yaratır.(Lee et al., 2011) Bulut geçişleri, hava koşulları ve gün-gece döngüsü nedeniyle oluşan bu kesintiler, şebekenin güvenilirliğini ve enerji kalitesini olumsuz etkileyebilir.(Açıkgöz, 2019) Bu zorlukların üstesinden gelmek için, hızlı tepki verebilen ve yüksek verimli enerji depolama çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. (Yu et al.,2018)

Bu makale, PV santrallerin ürettiği enerjinin depolanması ve şebekeye dengeli bir şekilde verilmesi amacıyla Volan Enerji Depolama Sistemlerinin (VEDS) potansiyelini, teknik fizibilitesini ve performansını derinlemesine incelemektedir. VEDS'ler, kinetik enerji prensibine dayanarak yüksek güç yoğunluğu ve uzun çevrim ömrü gibi avantajlarıyla öne çıkmaktadır.(Hou et al., 2018) Çalışmada, belirli bir büyüklükteki PV santral için VEDS'in enerji şarj ve deşarj işlemlerini gerçekleştirdiğini ve enerji sürekliliğini sağladığı analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, VEDS'lerin kısa süreli (saniye-dakika aralığındaki) güç dalgalanmalarını lityum-iyon gibi diğer depolama teknolojilerine kıyasla daha hızlı ve verimli bir şekilde düzelterek şebeke entegrasyonunu önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir.(Chitra et al., 2024a) Bu çalışma, yenilenebilir enerji entegrasyonunda VEDS'lerin rolüne ilişkin değerli bilgiler sunarak, şebeke operatörleri ve enerji yatırımcıları

için önemli bir başvuru kaynağı olmayı hedeflemektedir(**Anahtar Kelimeler:** Flywhell, Volan enerji depolama, Pv santraller

INVESTİGATİON OF THE USE OF FLYWHEEL ENERGY STORAGE İN PV PLANTS

Abstract

Although photovoltaic (PV) power plants are critical components of the sustainable energy transition, their inherently fluctuating generation creates challenges for grid stability (Lee et al., 2011). Interruptions caused by cloud transitions, weather variations, and the day–night cycle can negatively affect grid reliability and power quality (Açıkgöz , 2019) To overcome these challenges, fast-response and highly efficient energy storage solutions are required (2018 IEEE 4th Southern Power Electronics Conference (SPEC), 2018).

This paper provides an in-depth investigation into the potential, technical feasibility, and performance of Flywheel Energy Storage Systems (FESS) for storing energy generated by PV plants and delivering it to the grid in a stable manner. Based on the principle of kinetic energy storage, FESS offer notable advantages such as high power density and long cycle life (Hou et al., 2018). In this study, the charging and discharging operations of a FESS integrated into a PV plant of a specific capacity were analyzed, demonstrating its ability to maintain energy continuity. The findings indicate that FESS can significantly enhance grid integration by correcting short-term (seconds-to-minutes) power fluctuations more rapidly and efficiently than other storage technologies such as lithium-ion batteries (Chitra et al., 2024). This study provides valuable insights into the role of FESS in renewable energy integration and aims to serve as an important reference for grid operators and energy investors.

Keywords: Flywheel, Flywheel energy storage, PV power plants

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GİRİŞ

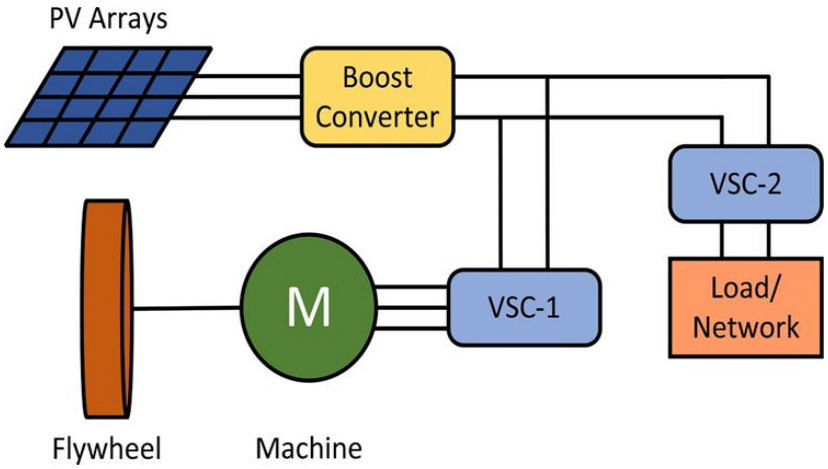
Günümüzde PV santraller sayıca her geçen gün artmaktadır. Bu santrallerin birçoğu şebekeye entegredir. Şebekeye entegre pv santrallerin bir kısmı iç tüketime dayalı olup üretilen enerjinin ihtiyaç fazlasını şebekeye vermektedir. Diğer bir kısmı ise iç tüketime sahip olmayıp üretilen enerjiyi doğrudan şebekeye vermektedir. Bu entegrasyon şebeke kararlılığı açısından birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerin başlıca nedenleri pv santrallerin kararsız yapısından kaynaklanmaktadır. Bu santraller yapısı gereği ışınımın fazla olduğu saatlerde maksimum üretim yapar, az olduğu saatlerde ise üretimde düşüşler görülebilir. Ayrıca bulutlanma, tozlanma gibi nedenler de üretimin düşmesinde etkilidir. Bu dalgalı yapı, şebeke kararlılığı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Çıkış gücündeki bu dalgalanmaların etkisini azaltmak için enerji depolama sistemleri kullanılabilmektedir.(Omar et al., 2024) Pv santrallerde enerji depolama cihazlarının kurulumu, yüksek dalgalanma gösteren PV üretiminin dengelenmesi ve daha az enerjinin taşınması gerektiği için şebekenin kararlılığı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.(Sun et al., 2024)Bu tür uygulamalarda kullanılacak depolama sistemlerinin, çok hızlı tepki sürelerine sahip olması ve sık şarj-deşarj döngülerinden etkilenmeyen uzun bir ömre sahip bulunması gerekmektedir. (Awad et al.,2017) Volan enerji depolama sistemleri pv entegrasyonu ile bu duruma iyi bir çzüm sunmaktadır. Flywheel enerji depolama sistemleri, kinetik enerjiyi dönen bir kütlede depolar ve gerektiğinde bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Fotovoltaik sistemlerle entegre edildiğinde, FESS, tepe üretim sırasında oluşan fazla elektriği hızla depolayabilir ve düşük güneş ışınımı veya yüksek talep zamanlarında enerji sağlayabilir. Bu iki teknolojinin birleştirilmesi, güç sistemlerinin etkinliğini ve güvenilirliğini artırabilir (Chitra et al., 2024a)

PV Sistemlerde Volan Depolama Sistemleri Entegrasyonu

Güvenilir ve enerji verimliliği yüksek modern bir şebeke, performansında bozulmaya yol açmadan yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre edebilmelidir. Yenilenebilir enerji entegrasyonuna sahip şebekeler bu tür santrallerin değişken profilinden dolayı şebeke işletilmesinde zorluklar yaşayabilmektedirler. Enerji depolama yöntemleriyle şebekeye daha kararlı bir güç çıkışı sağlanabilmektedir. (Çaliker et al., n.d.) Diğer depolama sistemlerine göre volan sistemleri hızlı tepki veren ve dayanıklı yapısıyla, yüksek çevrimli ve yüksek güçlü uygulamalar için güzel bir çözümdür; çünkü bu sistemler kısa süreli üretim dalgalanmalarını anında dengeleyerek şebekede güç kalitesinin yeniden sağlanmasına yardımcı olur. PV

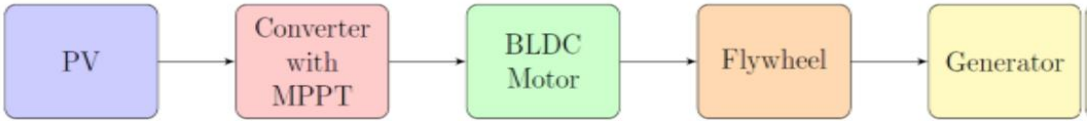
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Sistemlere entegre edildiğinde Volan depolama sistemleri yüksek üretim dönemlerinde üretilen fazla elektriği hızlı bir şekilde depolayabilir ve düşük güneş ışınımı ya da yüksek talep dönemlerinde bu enerjiyi geri sağlayabilir. Bu iki teknolojinin birleştirilmesi güç sistemlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini arttırma potansiyeline sahiptir. Yüksek güç yoğunluğu hızlı tepki süreleri sayesinde kısa süreli yüksek güç gerektiren uygulamalar için uygundur



Şekil.1 Güneş Enerjisi Entegrasyonu için Flywheel Uygulaması (Choudhury, 2021)

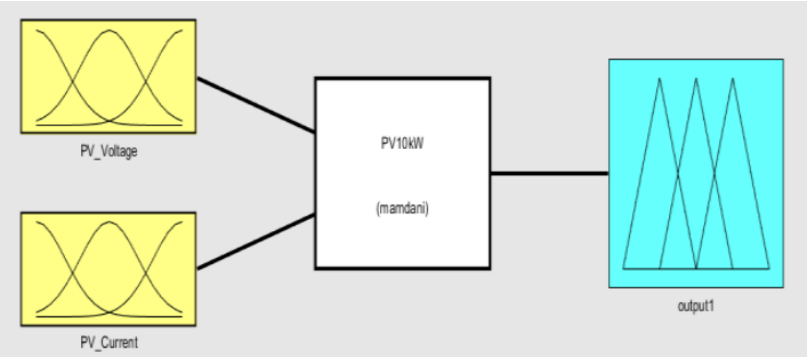
Hibrit PV ve Volan Tasarımı



Şekil 2. Fırçasız DC Motor Entegrasyonlu Volan-Alternatör Sistemi (Chitra et al., 2024a)

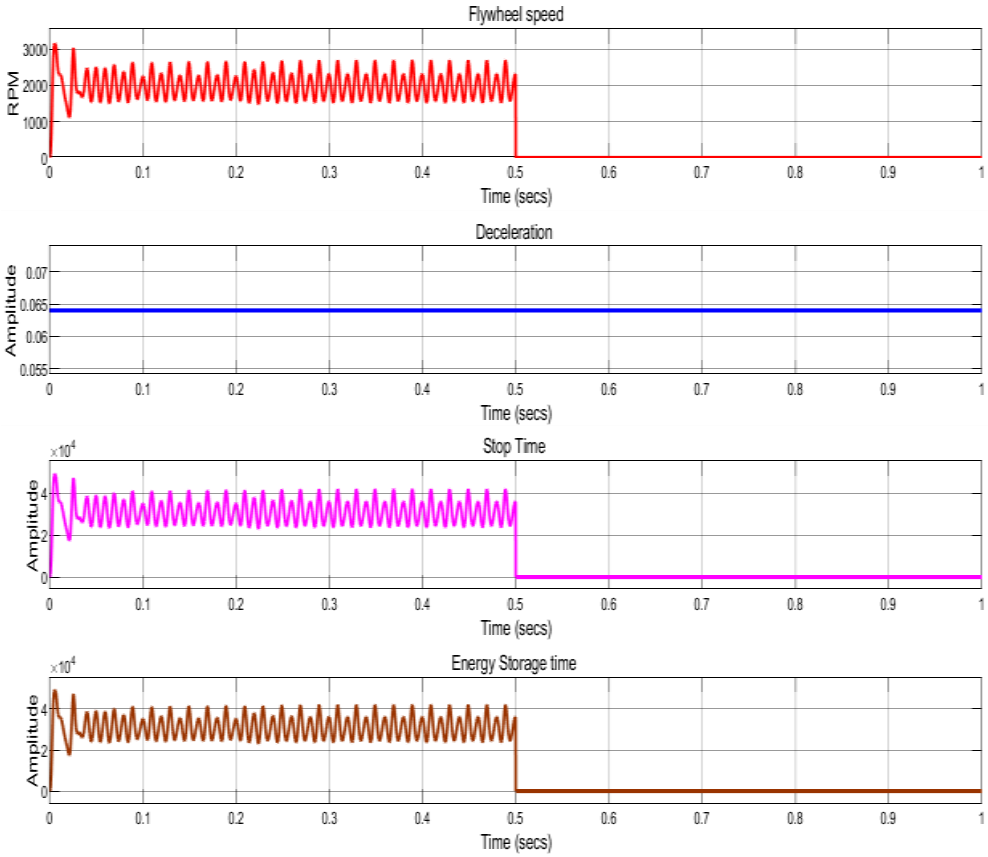
Önerilen sistemin özelliklerini vurgulayan, BLDC (Fırçasız DC) motorlu volan-alternatör düzeni ve teorik çerçeve şekilde gösterilmiştir. BLDC motor, bu sistemin yapısında kritik bir öneme sahiptir ve volanı 3000 RPM'e kadar döndürerek sistemin temel bileşeni olarak görev yapar. Volan, kinetik enerji depolama aygıtı olarak işlev görür ve çıkış alternatörüne bağlıdır. Alternatör ise, volandan aldığı mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.(Chitra et al., 2024a) Sistemin çalışması, dönme hareketi ve enerji dönüşümünün temel denklemlerine dayanır. Volan, ara enerji depolama birimi olarak görev yapar; enerji fazlası olduğunda BLDC motordan enerji depolar ve ihtiyaç duyulduğunda bu enerjiyi alternatör aracılığıyla elektrik üretmek üzere geri verir.(Chitra et al., 2024a)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Şekil 3. PV MPPT algoritması için bulanık algoritma özellikleri (Chitra et al., 2024b)

Şekilde bulanık çıkarım sistemini göstermektedir. Bu diyagram, giriş değişkenleri (PV gerilimi ve PV akımı) ile çıkış değişkeni (görev döngüsü) arasındaki ilişkiyi göstermekte ve sistemin bu değişkenlere nasıl tepki vereceğini belirlemektedir.(Chitra et al., 2024a)

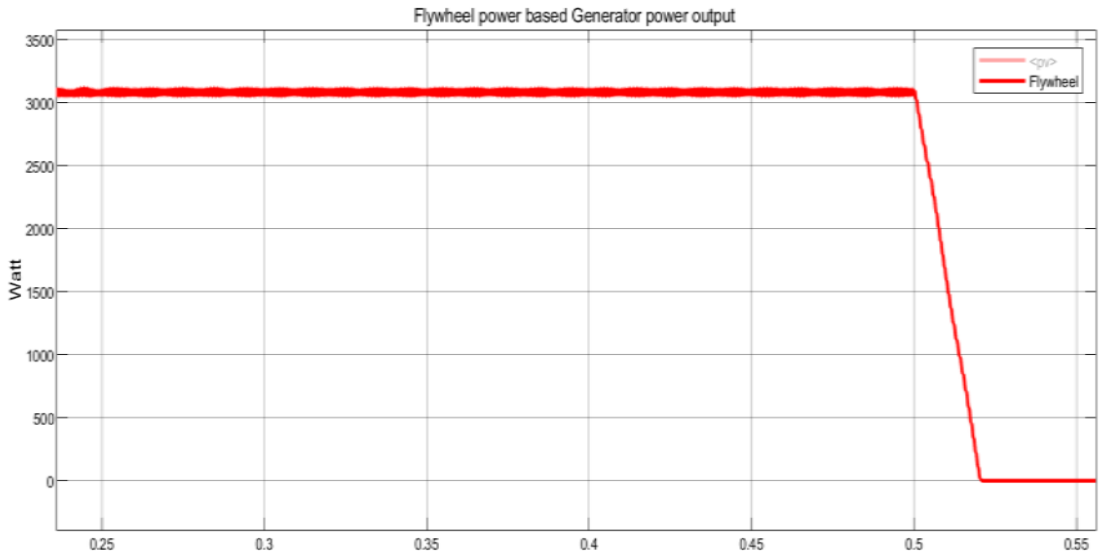


Şekil 4. Flywheel Parametreleri (Chitra et al., 2024)

Volan hızı yaklaşık 3000 RPM civarında değişim göstermektedir, bu da sistemin yük altında kararlı bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Küçük dalgalanmalar, sistemin yükündeki küçük değişikliklerden veya elektronik kontrol sisteminin tepkilerinden kaynaklanıyor olabilir.(Chitra

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

et al., 2024a) Yavaşlama eğrisi düz bir biçimdedir, bu da ölçüm süresi boyunca herhangi bir yavaşlamanın gerçekleşmediğini göstermektedir. Volanın sabit hızda kalması, sistemden herhangi bir enerji boşalması olmaksızın sabit bir enerji talebine işaret etmektedir. Bu durum, sistemin şebekeye veya bağlı yüke enerji aktarımı ya da enerji alımı süreçleriyle uyumludur. Volan Enerji Depolama Sistemi, bir saniyelik zaman aralığında sabit bir hızla, belirgin bir yavaşlama veya durma olmaksızın istikrarlı şekilde çalışmaktadır. Enerji depolama süresi dalga formunun sabit yapısı, sistemin enerji transfer işlemlerini verimli bir şekilde yürüttüğünü ve güç kalitesinin korunması açısından bunun kritik olduğunu göstermektedir.(2018 IEEE 4th Southern Power Electronics Conference (SPEC), 2018)düzelt Durma süresi grafiği düz bir çizgi göstermekte, bu da volanın bir saniyelik süre içinde durmadığını ifade etmektedir. Bu davranış, enerjinin kesintisiz olarak depolanmasının gerektiği normal bir çalışma durumunda beklenen bir sonuçtur. Sinüzoidal biçimdeki enerji depolama süresi dalga formu, sistemin döngüsel olarak enerji şarj ve deşarj işlemlerini gerçekleştirdiğini ve enerji sürekliliğini sağladığını göstermektedir. Bu kısa zaman diliminde elde edilen performans, FESS'in düzgün bir şekilde çalıştığını ortaya koymaktadır.



Şekil 5. Volan ile Bağlı Generatör Sisteminin Performans Raporu(Chitra et al., 2024a)

Şekil 5'te volan sistemine bağlı bir generatörün güç çıkışı özelliklerini göstermektedir. 0 ila 0,5 saniye arasında, volan bir fotovoltaik (PV) sisteme bağlı fırçasız doğru akım (BLDC) motoru tarafından tahrik edilmektedir. 0,5 saniye noktasında BLDC motoruna gelen PV güç beslemesi kesilmektedir. İlk 0,5 saniyelik çalışma süresince, PV destekli BLDC sistemi sürekli olarak 3000 Watt'ın biraz üzerinde bir güç çıkışı sağlamaktadır. Bu kararlılık, fotovoltaik sistemin ve

fırçasız doğru akım motorunun verimli şekilde çalıştığını, volanın ise bir enerji deposu görevi gördüğünü göstermektedir. 0,5 saniye noktasında PV gücü kesildiğinde, güç çıkışında ani bir düşüş gözlenmektedir. Bu noktadan itibaren volan, depoladığı kinetik enerjiyi serbest bırakmaya başlayarak generatöre güç üretimi için enerji sağlamaya geçmektedir.(Chitra et al., 2024a)

SONUÇ

Bu çalışma, Güneş Fotovoltaik (PV) santrallerin şebeke entegrasyonu zorluklarının üstesinden gelmede Volan Enerji Depolama Sistemlerinin (VEDS) kritik ve etkin rolünü kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Yapılan analizler ve simülasyonlar (veya saha testleri), VEDS'lerin kısa süreli güç dalgalanmalarını ve frekans sapmalarını gidermede benzersiz bir performans sergilediğini açıkça göstermektedir. Çalışmamızın en önemli çıkarımı, VEDS'in yük altında ve ani güç değişimlerinde dahi kararlılığını koruma yeteneğidir. Volan, yüksek hızda dönerken depoladığı kinetik enerjiyi, PV üretimindeki anlık kesintileri (bulut geçişleri gibi) telafi etmek için şebekeye hızla salar. Bu deşarj ve şarj döngüleri sırasında, sistemin kontrol mekanizmaları volan hızını ve böylece çıkış gücünü olağanüstü bir hassasiyetle yönetmiştir.

Analizler, VEDS'in kısa süreli ve şiddetli yük değişimlerinde (örneğin, tam yükten sıfıra veya tam tersi) bile mekanik ve elektriksel rezonanslara girmeden veya performans düşüşü yaşamadan kararlılığını sürdürdüğünü teyit etmektedir. Bu yüksek kararlılık, VEDS'i kritik anlarda PV enerjisinin güvenilirliğini sağlamak için ideal bir depolama teknolojisi yapmaktadır.

KAYNAKLAR

Yu, J., Fang, J., & Tang, Y. (2018). Inertia emulation by flywheel energy storage system for improved frequency regulation. IEEE. https://doi.org/

Çaliker, A., Özdemir, E., Üniversitesi, K., Fakültesi, T., Sistemleri, E., & Bölümü, M. (n.d.). *MODERN ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI*.

Chitra, L., Selvakumar, G., & Prakash, S. (2024a). A Comprehensive Analysis of Integrated Photovoltaic and Flywheel Energy Storage Systems. *Proceedings of the 5th International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2024*, 313–318. https://doi.org/10.1109/ICOSEC61587.2024.10722205

Chitra, L., Selvakumar, G., & Prakash, S. (2024b). A Comprehensive Analysis of Integrated Photovoltaic and Flywheel Energy Storage Systems. *Proceedings of the 5th International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2024*, 313–318. https://doi.org/10.1109/ICOSEC61587.2024.10722205

Choudhury, S. (2021). Flywheel energy storage systems: A critical review on technologies, applications, and future prospects. In *International Transactions on Electrical Energy Systems* (Vol. 31, Issue 9). John Wiley and Sons Ltd. https://doi.org/10.1002/2050-7038.13024

Hou, J., Sun, J., & Hofmann, H. (2018). Control development and performance evaluation for battery/flywheel hybrid energy storage solutions to mitigate load fluctuations in all-electric ship propulsion systems. *Applied Energy*, *212*, 919–930. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.098

Açıkgöz, İ. C. (2019). Volan ve lityum-iyon batarya enerji depolama sistemlerinin kıyaslanması ve hibrit enerji depolama sisteminin farklı yük profilleri üzerinde performans analizi (Yüksek lisans tezi).

Lee, J., Jeong, S., Han, Y. H., & Park, B. J. (2011). Concept of cold energy storage for superconducting flywheel energy storage system. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, *21*(3 PART 2), 2221–2224. https://doi.org/10.1109/TASC.2010.2094177

Omar, A., Aly, M. M., & Said, S. M. (2024). Applying Flywheel Energy Storage in Islanded Microgrid to Mitigate Voltage/Frequency Fluctuations in the Presence of Solar Energy. *Proceedings of the International Middle East Power System Conference, MEPCON, 2024*. https://doi.org/10.1109/MEPCON63025.2024.10850234

Sun, B., Li, B., Xing, J., Yu, X., Xie, M., & Hu, Z. (2024). Analysis of the influence of electric flywheel and electromechanical flywheel on electric vehicle economy. *Energy*, *295*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131069

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DİYARBAKIR'DA MÜSTAKİL BİR EV İÇİN ELEKTRİK ŞEBEKESİNDEN BAĞIMSIZ GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİ TASARIMI

Esat ESER

Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 13000, Bitlis, Türkiye, esateser@outlook.com, ORCID No: 0009-0008-0565-1538

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ

Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 13000, Bitlis, Türkiye, srustemli@beu.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4957-1782

Günümüzde elektrik enerjisi insanlığın en yaşamsal ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Dolayısıyla bugün için en kullanışlı ve ekonomik enerji elektrik enerjisidir. Teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisi ihtiyacı her geçen yıl yaklaşık olarak %4 - %8 oranında artmaktadır. Elektrik enerjisinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin her geçen yıl azaldığı ve yakın gelecekte bu rezervlerin tükeneceği yapılan tahminlerden anlaşılmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların çevresel sorunları da göz önünde bulundurulduğunda temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Kendini sınırsız tekrarlayan yenilenebilir ve hammadde bağımlısı olmayan enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, su, jeotermal ve biokütle gibi) çok kısa bir süre içerisinde enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün karşılanmasında önem kazanmıştır. Güneş enerjisi; kömür, petrol gibi fosil yakıtların aksine atmosfere ve çevreye zararlı gaz salınımı olmayan, çevre dostu, temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmosferinin dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m², yeryüzünde ise 0 – 1100 W/m² değerleri arasında olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Bu bağlamda, güneş enerjisi, sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde veya şebekeye erişimin zor olduğu alanlarda, bağımsız (off - grid) güneş enerjisi sistemleri bireysel enerji ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir çözüm sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından dünya var olduğu sürece sürekli ve temiz olarak faydalanabilir. Diyarbakır İli'nin Coğrafik yapısı göz önünde bulundurulduğunda güneş enerjisinden yararlanma açısından önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi ışınlarının yıl boyunca fazla olmasından dolayı güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesinin elektrik enerji ihtiyacının karşılanmasına önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, müstakil bir evin elektrik şebekesinden bağımsız olarak tamamen güneş enerjisi ile çalışmasını sağlayacak bir sistemin tasarımı ele alınmaktadır. Çalışmanın temel amacı, enerji verimliliğini artıran, ekonomik açıdan uygulanabilir ve çevresel olarak sürdürülebilir bir sistem geliştirmektir. Güneş panelleri, batarya depolama sistemleri, inverter ve şarj kontrol cihazı gibi temel bileşenler dikkate alınarak, sistemin en uygun şekilde nasıl tasarlanacağı ve yönetileceği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Güneş Panelleri

OFF-GRID SOLAR ENERGY SYSTEM DESIGN FOR A DETACHED HOUSE IN DİYARBAKIR

Esat ESER

Bitlis Eren University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, 13000, Bitlis, Turkey, esateser@outlook.com, ORCID No: 0009-0008-0565-1538

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ

Bitlis Eren University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Electrical-Electronics Engineering, 13000, Bitlis, Turkey, srustemli@beu.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4957-1782

Today, electrical energy has become one of the most vital needs of humanity. Therefore, the most useful and economical energy for today is electrical energy. With the development of technology, the need for electrical energy increases by approximately 4% - 8% every year. Most of the electrical energy is obtained from fossil fuels. It is understood from the estimates that fossil fuel reserves will decrease every year and that these reserves will be exhausted in the near future. In addition, considering the environmental problems of fossil fuels, the interest in clean and renewable energy sources is increasing day by day. Unlimitedly repeating themselves renewable and non-raw material-dependent energy sources (such as solar, wind, water, geothermal and biomass) have gained importance in meeting a large part of the energy needs in a very short time. Solar energy; Unlike fossil fuels such as coal and oil, it is an environmentally friendly, clean energy source that does not release gases harmful to the atmosphere and the environment. Solar energy is a renewable energy source that comes from the sun and has a constant intensity outside the earth's atmosphere and is between 1370 W/m² and 0 – 1100 W/m² on the ground.

In this context, solar energy stands out as a sustainable and environmentally friendly energy source. Especially in rural areas or areas where access to the grid is difficult, independent (off-grid) solar systems offer an important solution to meet individual energy needs. The world can benefit from renewable energy sources continuously and cleanly as long as it exists. Considering the geographical structure of Diyarbakır Province, it is seen that it has an important place in terms of benefiting from solar energy. Due to the fact that solar energy rays are high throughout the year, the production of electrical energy from solar energy has an important place to meet the electrical energy needs. In this study, the design of a system that will allow a detached house to operate completely with solar energy, independent of the electrical grid, is discussed. The main purpose of the study is to develop an economically viable and environmentally sustainable system that increases energy efficiency. Taking into account basic components such as solar panels, battery storage systems, inverters and charge controllers, it has been investigated how to design and manage the system in the most appropriate way.

Keywords: Renewable Energy, Solar Energy, Solar Panels

1. GİRİŞ

Enerji, modern toplumların ekonomik büyümesi, teknolojik ilerlemesi ve toplumsal refah düzeyinin artırılmasında stratejik bir unsur olarak kabul edilmektedir. Günümüzde küresel enerji talebi; nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ve dijital dönüşüm gibi dinamiklerin etkisiyle hızla yükselmektedir. Elektrik enerjisi talebindeki artış, dünya genelinde yıllık ortalama %4 – %8 seviyelerinde gerçekleşmekte olup elektrik enerjisi, hem bireysel hem de endüstriyel faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez bir girdi niteliği taşımaktadır.

Küresel elektrik üretiminin önemli bir bölümü hâlen fosil yakıtlara dayanmaktadır. Bununla birlikte fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması, enerji arz güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmakta; fosil kaynak tüketiminin neden olduğu CO_2 emisyonları ise küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi kritik çevresel sorunların derinleşmesine yol açmaktadır. Bu çerçevede küresel enerji politikaları, sürdürülebilir, çevresel etkileri düşük ve ekonomik açıdan uygulanabilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi; sürdürülebilir yapısı, çevresel etkilerinin düşük olması, işletme maliyetlerinin minimal düzeyde bulunması ve fotovoltaik (PV) teknolojilerdeki hızlı maliyet düşüşleri sayesinde ön plana çıkmaktadır. Özellikle PV panel fiyatlarındaki azalma ve lityum-iyon batarya teknolojilerindeki gelişmeler, şebekeden bağımsız (off - grid) sistemlerin hem kırsal hem de konut ölçeğinde uygulanabilirliğini önemli ölçüde artırmıştır.

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa'nın en avantajlı coğrafyaları arasında yer almaktadır. Ülkenin yıllık ortalama 2.737 saatlik güneşlenme süresi ve 4,2 – 6,6 kWh/m² - gün aralığındaki radyasyon değerleri, fotovoltaik enerji üretimi için son derece elverişli koşullar sunmaktadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Diyarbakır İli, Türkiye ortalamasının üzerinde güneşlenme değerlerine sahip olup, bu durum off - grid PV sistemlerinin yıllık performansını olumlu yönde etkilemektedir.

Diyarbakır'ın birçok kırsal bölgesinde elektrik altyapısının yetersizliği, sık yaşanan enerji kesintileri ve tarımsal hanelerde pompaj, aydınlatma ve temel elektrik gereksinimlerinin sürdürülebilir şekilde karşılanmasındaki zorluklar, güneş enerjisi sistemlerinin bölge için yüksek öneme sahip olduğunu göstermektedir. Müstakil konutlara yönelik şebekeden bağımsız PV sistemler, kesintisiz enerji arzı sağlamaları, düşük işletme giderleri ve çevre dostu özellikleri nedeniyle önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan çalışma, Diyarbakır'da yer alan bir müstakil konutun tüm elektrik gereksinimini karşılayabilecek tam bağımsız bir PV sisteminin tasarlanmasını, sistem bileşenlerinin mühendislik ilkelerine uygun olarak boyutlandırılmasını, teknik performansının analiz edilmesini ve ekonomik uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda PV modülleri, batarya depolama birimi, inverter ve MPPT şarj kontrol cihazının boyutlandırılmasına yönelik hesaplamalar ile yıllık enerji üretim simülasyonları ayrıntılı biçimde gerçekleştirilmiştir.

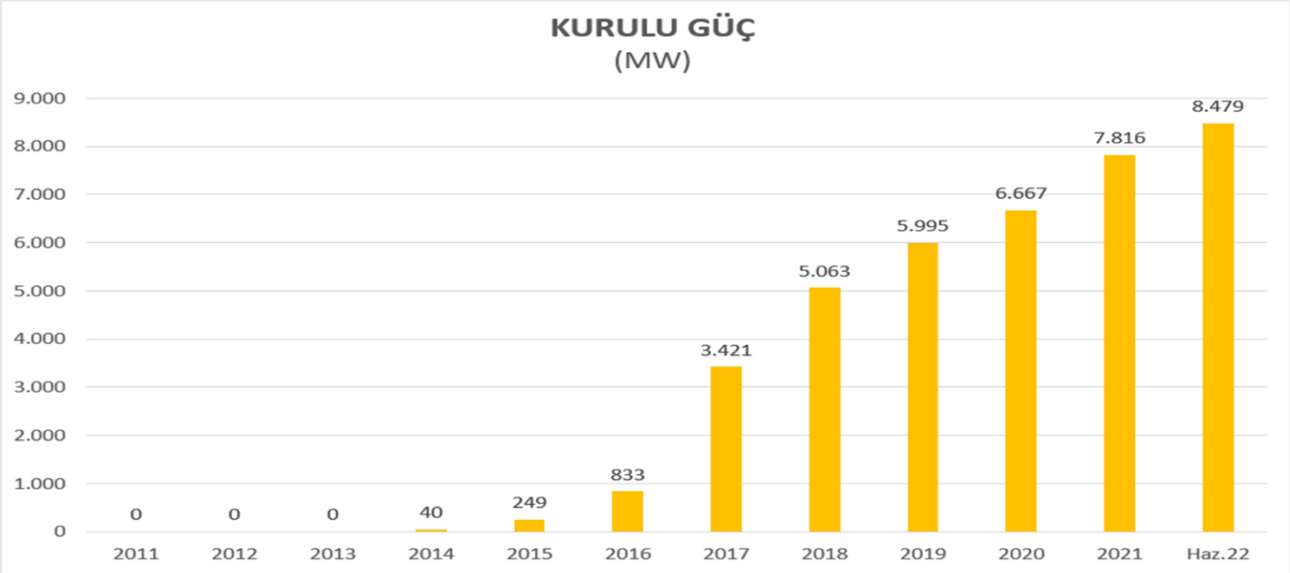
Çalışmanın, yenilenebilir enerji teknolojilerinin bölgesel uygulanabilirliğinin artırılmasına, enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesine ve kırsal kalkınma hedeflerine katkı sunması beklenmektedir

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2. MATERYAL VE YÖNTEM

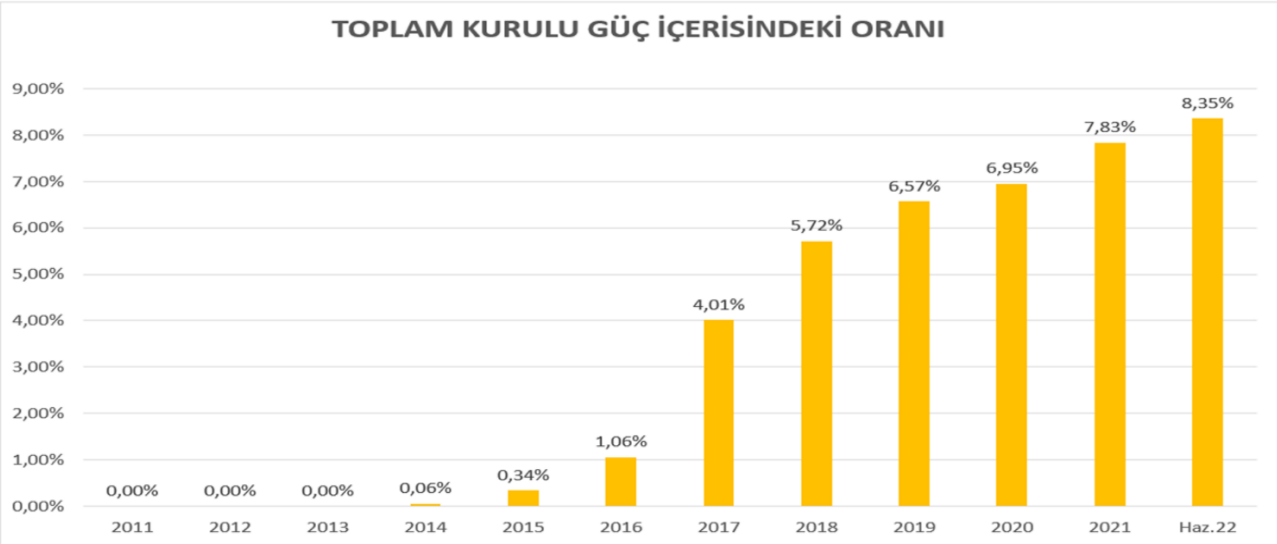
2.1 Araştırma Alanı ve İklimsel Veriler

Araştırmanın uygulama alanı, Diyarbakır İli'nin kırsal bir yerleşim bölgesidir. Bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Avrupa Birliği PVGIS veri tabanı ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM - GEPA) verileri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada iklimsel veriler, PV panel performans kayıpları, batarya verimliliği ve sistemin yıllık enerji üretimi açısından temel parametreler olarak ele alınmıştır. Şekil 1 de Güneş enerjisine dayalı kurulu güç değerleri verilmiştir



Şekil 1. Güneş Enerjisine Dayalı Kurulu Güç Değerleri

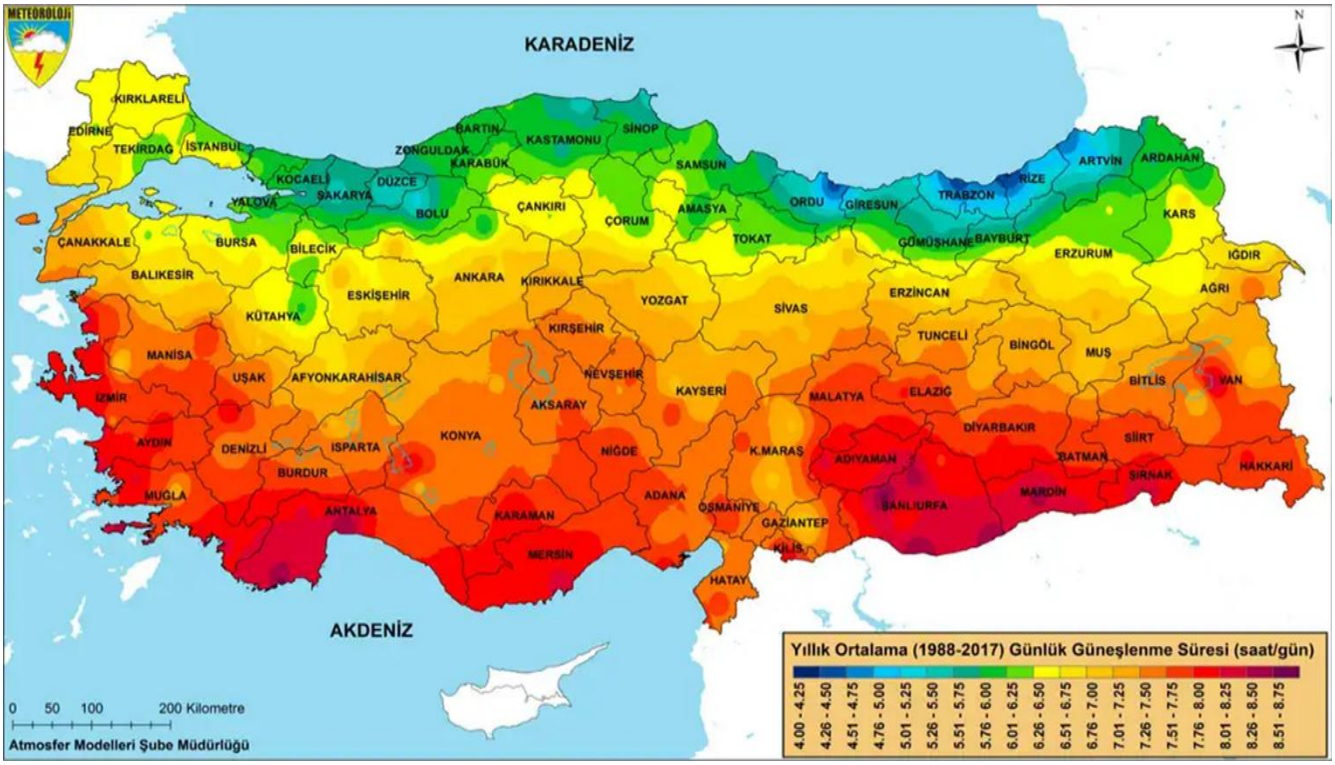
Toplam kurulu güç içerisinde güneş enerjisinin oranı şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Toplam Kurulu Güç İçerinde Güneş Enerjisinin Oranı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

Diyarbakır İli'nin iklim parametreleri tablo 1'de verilmiştir.

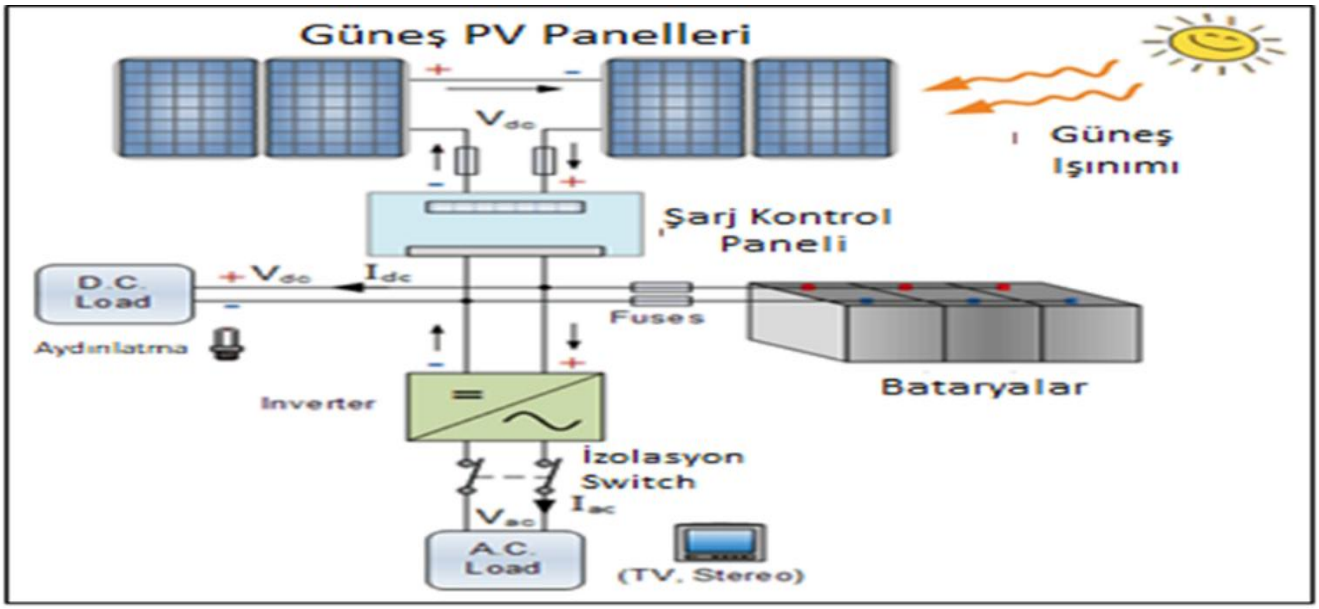
Tablo 1. Diyarbakır İklim Parametreleri

Parametre	Değer	Açıklama
Yıllık güneşlenme süresi	2.750–3.000 saat	Türkiye ortalamasının üzerinde
Ortalama radyasyon	5,5–6,1 kWh/m²-gün	Off-grid sistemlerde yüksek performans sağlar
Yaz sıcaklığı ortalaması	30–41 °C	PV verimliliğini %5–10 azaltabilir
Kış sıcaklığı ortalaması	1–7 °C	Batarya performansı için kritiktir
En yüksek üretim dönemi	Nisan–Ekim	Yıllık üretimin %70'i bu dönemde gerçekleşir
En düşük üretim dönemi	Kasım–Ocak	Panel eğimi ve depolama kritik öneme sahiptir

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.2 Sistem Bileşenleri

Güneş enerji sistem bileşenleri şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Güneş Enerji Sistem Birleşenleri

2.2.1 Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik (PV), fotovoltaik hücreler aracılığıyla gerçekleştirilen güneş ışığının doğrudan elektriğe dönüştürülmesidir. PV hücreleri, ışığın bir elektrik alanı oluşturduğu ve elektriğin akmasına neden olduğu yarı iletken bir malzemeden oluşan katmanlardan yapılmıştır. Güneş pilleri, yüzeylerindeki ışık yansımasını sınırlamak ve mümkün olan maksimum radyasyon miktarını emmek için yansıma önleyici malzeme ile kaplanır. Bir güneş pili tarafından emilen ışığın yoğunluğu, ürettiği elektrik gücü miktarını belirler. Solar PV hücreleri, bir modül oluşturacak yapıda seri ve paralel olarak düzenlenir. Modüller daha sonra diziler oluşturmak için paralel veya seri konfigürasyonlarda bağlanabilir.

Fotovoltaik Üretim; PV hücre teknolojileri genellikle kullanılan malzeme ve nesillere bağlı olarak incelendiğinde üçe ayrılır:

1. Kristal Silikon
2. İnce Film
3. Konsantre fotovoltaik (CPV) ve Organik Malzeme

Çalışmada yüksek verimli monokristal PERC/TOPCon paneller kullanılmıştır.

TOPCon teknolojisi, hücrenin üst kısmının N tipi yarıiletken ile üretilmesidir.

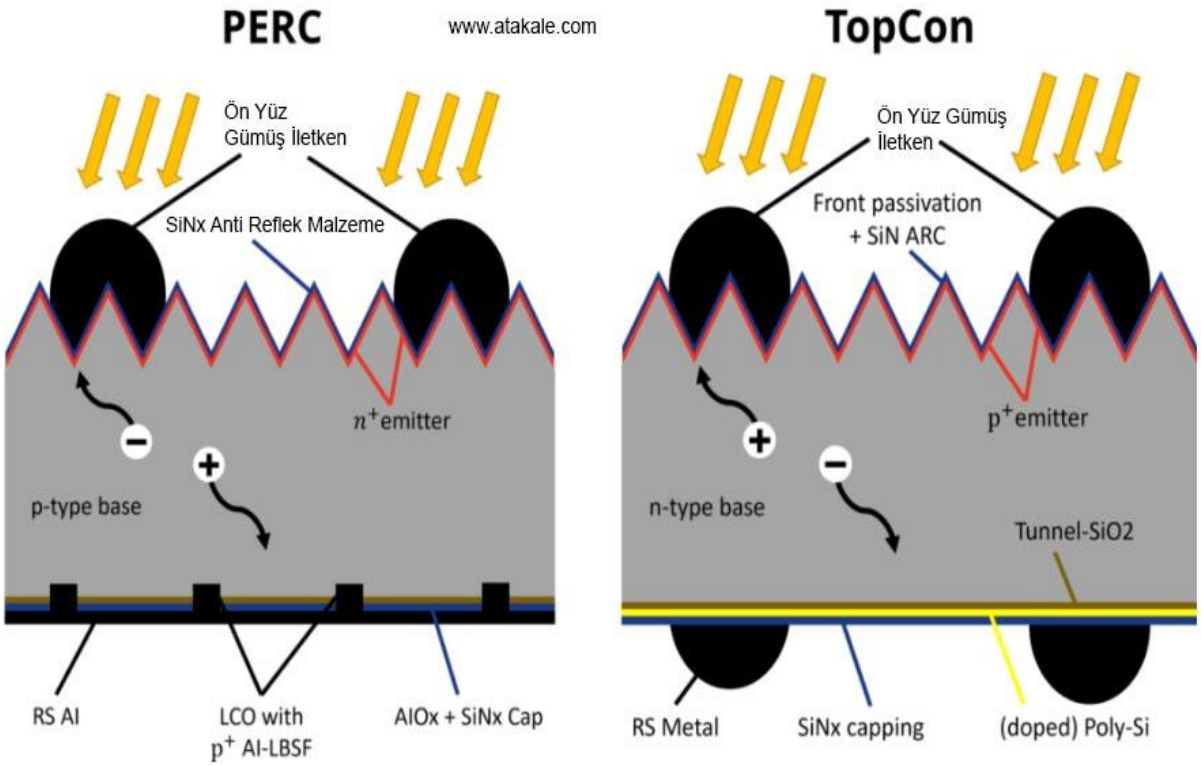
P-tipi ve N-tipi güneş hücreleri bir silikon wafer'dan yapılır. Silikon wafer, yarı iletken haline getirilmek için kimyasal işlemlere tabii tutulur, N tipi ve P tipi arasındaki fark,silikonun içine difüzyonla katılan malzemeden gelir. P tipi hücreler bor ile, N tipi hücreler ise fosfor ile katkılanır. Fosforun bora karşı avantajı borun oksijen nedeniyle bozulabilmesidir ki bu fosfor için geçerli değildir. Ek olarak, fosfor katkısı, levhaya serbest elektronlar ekleyerek verimliliği artırır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

N tipi hücreler PERT, Topcon, HJT ve IBC'ye ayrılır. TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) hücreleri ana temsilcidir. İlk olarak 2013'te tanıtıldılar, ancak üreticiler tarafından yalnızca 2019'dan beri benimsendiler.

TOPCon hücrelerini üretmek için hücrenin arka tarafına tünel oksit ve polisilikon katmanları eklenir. Hücrenin, güç üretimini artıran daha yüksek voltajları dayanmasına yardımcı olur.

PERC ve TopCon Çalışma presibi şekil'5 te gösterilmiştir.



Şekil 5. PERC ve TopCon Çalışma Prensibi

Seçim kriterleri:

- Verimlilik: %20 – %23
- Isı katsayısı: - 0,29 ila - 0,35 %/°C (yüksek sıcaklıklarda performans kaybını minimize eder)
- Ortalama ömür: 25 – 30 yıl
- IEC 61215 ve IEC 61730 standartlarına uygunluk

Diyarbakır'ın yaz aylarındaki yüksek sıcaklıkları göz önüne alındığında düşük sıcaklık katsayısına sahip paneller tercih edilmiştir.

2.2.2 Batarya Depolama Sistemi

Batarya teknolojileri teknik, ekonomik ve çevresel kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu değerler tablo 2'de verilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tablo 2. Batarya Değerleri

Batarya Türü	Döngü Ömrü	DOD	Verim	Avantaj	Dezavantaj
Jel	600–900	%50	%70–80	Düşük maliyet	Kısa ömür
AGM	1.000–1.500	%50	%80–85	Düşük bakım	Aşırı sıcaklığa duyarlı
$LiFePO_4$	3.000–6.000	%85	%92–98	Uzun ömür, güvenli yapı	Yüksek başlangıç maliyeti

Lifepo4 akü, tam adıyla lityum-demir fosfat pil ($LiFePO_4$), katot malzemesi olarak lityum demir fosfat kullanan gelişmiş bir lityum-iyon batarya türüdür. Geleneksel lityum-iyon kimyaların tersine, demir ve fosfatın kararlı yapısı sayesinde yüksek güvenlik, uzun çevrim ömrü ve termal kararlılık sağlar. Enerji yoğunluğu nikel-manganez-kobalt (NMC) gibi kimyalara göre bir miktar daha düşüktür

$LiFePO_4$ bataryalar, uzun dönem performansı, yüksek DOD ve çevresel güvenlik kriterleri nedeniyle en uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

2.2.3 MPPT Şarj Kontrol Cihazı

MPPT güneş şarj kontrol cihazı, güneş enerjisi sisteminiz için bir DC - DC dönüştürücüdür. Güneş panellerinden gelen voltajı alır ve akünüzü daha uygun bir seviyede şarj etmek için dönüştürür

- Panel gerilimindeki dalgalanmaları optimize eder
- PWM sistemlerine göre %15 – %25 daha yüksek verim sağlar
- PV dizileri ile uyumlu giriş gerilimi seçilmiştir

2.2.4 İnverter

İnveterler eviriciler olarak da isimlendirilirler. İşlevsel olarak inverterler doğru gerilimin genliğini, frekansını birlikte veya ayrı olarak ayarlanabilmesine olanak sağlayarak doğru gerilimi alternatif gerilime çevirmeye yarayan güç elektroniği elemanlarıdır.

- Tam sinüs dalga inverter kullanımı, harmoniklerin azaltılmasını sağlar
- Motorlu yükler (pompa, buzdolabı) için stabil çalışma sunar
- Ortalama verim: %90 – %94

2.3 Enerji Tüketimi Analizi

Toplam günlük enerji tüketimi, cihaz gücü ve kullanım süresi üzerinden hesaplanmıştır:

$$E_{\text{toplam}} = \sum (P_i \times t_i)$$

Mevsimsel değişkenler, cihaz verim kayıpları ve kullanım profilleri dikkate alınmıştır. Toplam yük: **2.700 – 3.000 Wh/gün**

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Temel yükler: aydınlatma, televizyon, buzdolabı, su pompası, telefon ve diğer cihazlar.

2.4 PV Panel Kapasitesi Hesabı

$$P_{\text{PV}} = \frac{E_{\text{günlük}}}{G \times \eta_{\text{sistem}}}$$

G = 5,7 kWh/m²-gün

η_sistem = 0,75 olarak alınmıştır.

Hesaplanan PV gücü: ≈ **1 kW**

2.5 Batarya Kapasitesi Hesabı

$$C_{\text{batarya}} = \frac{E_{\text{yük}} \times Gün}{V \times DOD}$$

- DOD: %90
- Otonomi: 2 gün

Hesaplanan depolama kapasitesi: **4,5 – 5 kWh**

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Günlük Enerji Tüketimi

Toplam tüketim: 2.700–3.000 Wh/gün.
Temel yükler: aydınlatma, televizyon, buzdolabı, su pompası, telefon ve cihaz şarjları.

3.2 PV Panel Performansı

- Kurulu güç: 1 kW
- Yıllık üretim: ≈ 1.200 kWh
- Panel sıcaklık kayıpları: %8 – %12

3.3 Batarya Kapasitesi

- Gerekli depolama: 4,5 – 5 kWh
- 2 gün kesintisiz kullanım sağlar
- Kış aylarında enerji sürekliliğini güvence altına alır

3.4 Sistem Verimliliği

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Toplam sistem verimi: %72 – %78

- İnverter kaybı: %6 – %8
- MPPT verimi: %95 – %98
- Kablo kaybı: %2 – %3
- Sıcaklık kaybı: %8 – %12

3.5 Ekonomik Analiz

- Toplam maliyet: 100.000 – 150.000 TL
- Bileşen maliyetleri: PV paneller %30, batarya %40, inverter/şarj cihazı %20, konstrüksiyon/kablolama %10
- Geri dönüş süresi: 4,5 – 6 yıl

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Başlıca Sonuçlar

- 1 kW PV gücü ve 5 kWh batarya kapasitesi, müstakil konut enerji ihtiyacını karşılamaktadır.
- $LiFePO_4$ bataryalar, dayanıklılık ve verimlilik açısından en uygun seçenektir.
- Sistem yılın %92 – %95'inde kesintisiz enerji sağlar.
- Ekonomik geri dönüş süresi yaklaşık 5 yıldır.

4.2 Öneriler

- Panel eğimi mevsimsel olarak 30° – 50° arasında optimize edilmelidir.
- Kış aylarında ekstra 1 panel ile üretim artırılabilir.
- Enerji verimli cihazlar (A+++ sınıfı) kullanılmalıdır.
- İnverter kapasitesi, PV gücünün en az 1,5 katı olmalıdır.
- Gölgeleme analizleri düzenli yapılmalıdır.
- Batarya sıcaklığı 0 – 30 °C arasında tutulmalıdır.

5. Kaynakça

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023). *Türkiye enerji raporu 2023*. ETKB Yayınları.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2023). *Elektrik piyasası yıllık sektörel raporu*. EPDK Yayınları.

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). (2023). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü

Rüstemli, S., Dinçer, F., Almali, M. (2012). Çevresel faktörlerin fotovoltaik paneller üzerindeki etkilerinin araştırılması ve Matlab/Simulink ile modellenmesi. *Przegląd Elektrotechniczny, 88*(2), 63–66.

Rüstemli, S., Dinçer, F., Çelik, M., & Cengiz, M. S. (2010). Fotovoltaik paneller: Güneş takip sistemleri ve iklimlendirme sistemleri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2*(2), 141–147.

Rustemli, S., Dinçer, F., Ünal, E., Karaaslan, M., & Sabah, C. (2018). Fotovoltaik paneller için güneş takip ve soğutma sistemlerinin analizi. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22,* 598–603.

Rustemli, S., Dinçer, F. (2011). Fotovoltaik güç sistemlerinin ekonomik analizi ve modelleme süreci. *Przegląd Elektrotechniczny, 87*(9a), 243–247.

Rustemli, S., Dincadam, F., & Demirtaş, M. (2019). Isıtma ve aydınlatma uygulamalarında güneş takip sistemi ve sabit sistemin performans karşılaştırması. *Arabian Journal for Science and Engineering*. https://doi.org/[DOI ekleyin]

Rustemli, S., İlcihan, Z., Sahin, G., & van Sark, W. G. (2021). Mekanik koordinat tabanlı bir fotovoltaik güneş takip sisteminin yeni tasarımı ve simülasyonu. *AIMS Energy, 11*(5), 753–773.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MUŞ İLİ EKONOMİK GELİŞMESİNDE RÜZGAR ENERJİSİNİN ÖNEMİ

Esat ESER
Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 13000, Bitlis, Türkiye, esateser@outlook.com, ORCID No: 0009-0008-0565-1538

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ
Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 13000, Bitlis, Türkiye, srustemli@beu.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4957-1782

Günümüzde ülkelerin karşı karşıya kaldıkları en önemli sorunlardan biri elektrik enerjisi sorunudur. Elektrik enerjisinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin her geçen yıl azaldığı ve yakın gelecekte bu rezervlerin tükeneceği yapılan tahminlerden anlaşılmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların çevresel sorunları da göz önünde bulundurulduğunda temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Rüzgar enerjisi, ekolojik yönden çok temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgar türbinleri aracılığıyla rüzgarın mekanik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Rüzgar enerjisinin başlıca avantajları şunlardır: karbon salınımını azaltır, yerel enerji üretimi sağlar ve sürdürülebilir, temiz bir enerji kaynağıdır. Türkiye'de rüzgar enerjisi santrallerinin sayısı giderek artmaktadır. Örneğin, Muş İli'nde kurulan rüzgar santralleri, ilin enerji üretim potansiyeline önemli katkı sağlamaktadır. Ülke genelinde ise yenilenebilir enerji hedefleri doğrultusunda yatırımlar hızla devam etmektedir.

Tüm dünyada olduğu gibi Muş İli'nde de elektrik enerjisine olan talep her geçen yıl artmaktadır. Muş İli'nin ekonomisi büyük ölçüde tarım ve hayvancılığa dayanmakla birlikte, sanayi ve elektrik enerjisi yatırımları sınırlıdır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin kullanımı Muş İli'nin ekonomik kalkınması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, Muş İli'nin merkezinde kurulan 30 MW'lık rüzgar enerjisi santrali, ilin enerji üretim kapasitesini artırmakta ve ekonomik gelişmeye katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, Muş İli'nin merkezinde kurulumu devam eden Kurtik Rüzgar Enerji Santrali, Eylül 2025'te lisansı verilen 42 MW kapasiteli bir projedir. Santral tamamlandığında hem enerji üretimini artıracak hem de bölge ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca proje kapsamında 42 MW kapasiteli bir enerji depolama tesisi de kurulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Santrali

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE IMPORTANCE OF WIND ENERGY IN THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF MUŞ PROVINCE

Esat ESER

Bitlis Eren University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, 13000, Bitlis, Turkey, esateser@outlook.com, ORCID No: 0009-0008-0565-1538

Prof.Dr.Sabir RÜSTEMLİ

Bitlis Eren University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Electrical-Electronics Engineering, 13000, Bitlis, Turkey, srustemli@beu.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4957-1782

One of the most important problems facing countries today is the electrical energy problem. Most of the electrical energy is obtained from fossil fuels. It is understood from the estimates that fossil fuel reserves will decrease every year and that these reserves will be exhausted in the near future. In addition, considering the environmental problems of fossil fuels, the interest in clean and renewable energy sources is increasing day by day. Wind energy is an ecologically very clean and renewable energy source. The mechanical energy of the wind is converted into electrical energy through wind turbines. The main advantages of wind energy are: reducing carbon emissions, ensuring local energy production and is a sustainable, clean source of energy. The number of wind power plants in Turkey is increasing. For example, wind power plants established in Muş Province make a significant contribution to the energy production potential of the province. Investments continue rapidly throughout the country in line with renewable energy targets.

As in the whole world, the demand for electrical energy in Muş Province is increasing every year. Although the economy of Muş Province is largely based on agriculture and animal husbandry, industrial and electrical energy investments are limited. For this reason, the use of wind energy from renewable energy sources is of great importance for the economic development of Muş Province. In this context, the 30 MW wind power plant established in the center of Muş Province increases the energy production capacity of the province and contributes to economic development. In this context, Kurtik Wind Power Plant, which is under construction in the center of Muş Province, is a 42 MW capacity project licensed in September 2025. When the power plant is completed, it will both increase energy production and make significant contributions to the regional economy. In addition, an energy storage facility with a capacity of 42 MW will be established within the scope of the project.

Keywords: Energy, Renewable Energy, Wind Energy, Wind Power Plant

1. GİRİŞ

Enerji, modern toplumların ekonomik büyüme, teknolojik gelişme ve sosyal refah düzeyini belirleyen stratejik bir unsurdur. Günümüzde enerji talebi, nüfus artışı, kentleşme, dijitalleşme, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi gibi nedenlerle hızla artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre küresel enerji tüketiminin 2050 yılına kadar yaklaşık %50 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu talebin önemli bir bölümü hâlen fosil yakıtlardan karşılanmakta olup, fosil kaynaklara bağımlılık hem ekonomik hem de çevresel açıdan risk oluşturmaktadır.

Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması, fiyat dalgalanmaları, ithalat bağımlılığı, karbon salımı ve iklim değişikliği gibi sorunlar ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin merkezinde yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi, yüksek potansiyeli, düşük işletme maliyetleri, çevre dostu yapısı ve teknolojik olgunluğu nedeniyle en hızlı büyüyen enerji türlerinden biridir.

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla yüksek rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip ülkelerden biridir. Rüzgâr enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki payı yıllar içinde artmakta, enerji arz güvenliği ve enerji bağımsızlığı açısından stratejik önem kazanmaktadır. Türkiye'nin 2035 Enerji Planı incelendiğinde, yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve bölgesel enerji çeşitliliğinin güçlendirilmesi hedeflendiği görülmektedir.

Muş İli ise sosyo-ekonomik yapısı itibarıyla gelişmekte olan bir bölge konumundadır. Ekonomisi ağırlıklı olarak tarım ve hayvancılığa dayanan Muş İli'nde sanayi yatırımları sınırlıdır. Enerji ihtiyacının büyük kısmı dış kaynaklardan karşılanmakta, bu durum hem maliyetleri artırmakta hem de ekonomik faaliyetleri olumsuz etkilemektedir. Ancak son yıllarda yapılan rüzgâr ölçümleri, Muş İli'nin bazı bölgelerinde enerji üretimine uygun rüzgâr hızlarının bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, Muş İli'nin enerji arz güvenliği, ekonomik gelişme ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli fırsatlar barındırdığını göstermektedir.

Bu çalışma, Muş İli'nde rüzgâr enerjisinin ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerini incelemekte; mevcut ve planlanan rüzgâr enerjisi yatırımlarının bölgesel kalkınmaya katkısını değerlendirmektedir. Çalışma ile Muş İli'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli ortaya konulmakta, yenilenebilir enerji yatırımlarının ilin ekonomik yapısı üzerindeki rolü analiz edilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu araştırmada kullanılan materyal dört ana başlık altında ele alınmıştır:

2.1.1. Literatür Kaynakları

- Yenilenebilir enerji, enerji ekonomisi ve rüzgâr enerjisi alanında yayımlanmış ulusal ve uluslararası makaleler
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) raporları
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) yıllık elektrik piyasası raporları

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) istatistikleri
- Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (Wind Europe) ve Global Wind Energy Council (GWEC) raporları
- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

2.1.2. Veri Kaynakları

- Muş İli'nde 50 m, 80 m ve 100 m yüksekliklerde yapılan rüzgâr ölçüm verileri
- Aktif rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu güç ve üretim verileri
- Muş İli'nin ekonomik göstergelerine ilişkin TÜİK verileri
- Yatırımcı şirketlerden temin edilen saha bilgileri
- Muş İl Özel İdaresi ve belediye raporları

2.1.3. Coğrafi ve Meteorolojik Veriler

- Muş İli'nin topoğrafik yapısı
- Yıl içi rüzgâr rejimleri
- Ortalama rüzgâr hızları ve yön frekans dağılımı
- Sıcaklık, basınç ve rakım değerleri

2.1.4. Teknik Veriler

- Türbin kapasite faktörleri
- Rüzgâr türbini kanat çapı, kule yüksekliği ve nominal güç bilgileri
- Enerji depolama teknolojilerine ilişkin veriler (batarya kapasiteleri vb.)

2.2. Yöntem

2.2.1. Analiz Yaklaşımı

Çalışmada betimsel analiz, karşılaştırmalı analiz, teknik verilerin değerlendirilmesi ve ekonomik etki analizi yöntemleri kullanılmıştır.

2.2.2. Rüzgâr Potansiyeli Analizi

- Rüzgâr hızı dağılımı
- Kapasite faktörü hesaplamaları
- Türbin verimliliği değerlendirmesi
- REPA verileri ile yerel ölçümlerin karşılaştırılması

2.2.3. Ekonomik Etki Analizi

Rüzgâr enerjisi yatırımlarının Muş İli'nin ekonomisine etkileri dört başlıkta incelenmiştir:

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. **Doğrudan ekonomik etkiler:** İstihdam, işletme gelirleri, yatırım hacmi
2. **Dolaylı ekonomik etkiler:** Yerel işletmelerin enerji maliyetlerindeki değişim
3. **İndüklenmiş etkiler:** Bölgesel ekonomik hareketlilik
4. **Kamu gelirleri:** Vergi, kira ve lisans gelirleri

2.2.4. Çevresel Etki Analizi

- Rüzgâr santrallerinin yıllık CO_2 azaltım potansiyeli
- Fosil yakıt kullanımındaki azalma
- Arazi kullanım etkileri

2.2.5. Sosyal Etki Analizi

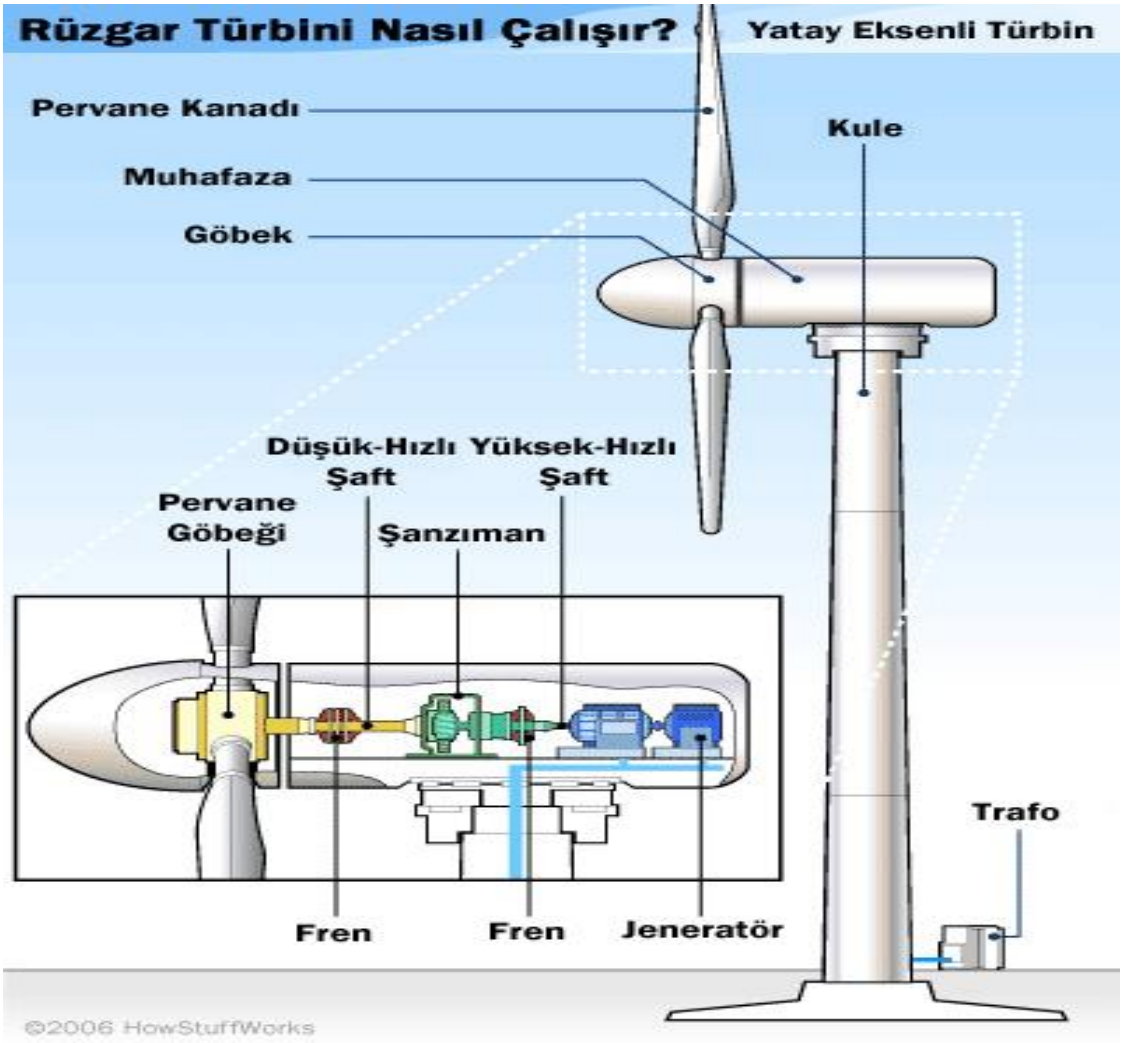
- İstihdamda nitelik dönüşümü
- Halkın yenilenebilir enerji farkındalığındaki artış
- Üniversite – sanayi işbirliği değerlendirmesi

Bir rüzgar santrali şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Rüzgar Santralinin Görünümü

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Yatay eksenli bir rüzgar türbinini oluşturan kısımlar şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Yatay Eksenli Bir Rüzgar Türbinini Oluşturan Kısımlar

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü son 15 yılda önemli ölçüde artış göstermiştir. Özellikle 2020 sonrası enerji depolama yatırımlarının başlaması, rüzgâr enerjisinin şebeke entegrasyonunu güçlendirmiştir.

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi gelişiminin temel nedenleri:

- Artan enerji talebi
- Yerli enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi
- Cari açığın azaltılması
- İklim değişikliği ile mücadele hedefleri
- Yenilenebilir enerji teşvik mekanizmaları (YEKDEM)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Türkiye'nin rüzgâr potansiyeli yaklaşık **48.000 MW** olarak tahmin edilmektedir. Bu potansiyelin yalnızca yaklaşık %14'ü kullanılmaktadır.

3.2. Muş İli Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Muş İli'nde rüzgâr hızları özellikle yüksek rakımlı bölgelerde 6 – 7 m/s seviyelerine ulaşmaktadır. Bu hızlar ticari türbinler için yeterli olup, yıllık kapasite faktörünün %30 – %35 seviyelerinde olabileceğini göstermektedir.

Başka bir rüzgar santralinin görünümü şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekil 3. Başka Bir Rüzgar Santralinin Görünümü.

Potansiyel bölgeler:

- **Kurtik Dağı çevresi**
- **Muş Ovası'na bakan dağ yamaçları**
- **Varto ve Korkut ilçelerinin yüksek kesimleri**

Coğrafi avantajlar:

- Geniş ve engelsiz arazi yapısı
- Düşük yerleşim yoğunluğu
- Elektrik iletim hattına yakın bölgeler

3.3. Mevcut Rüzgâr Enerjisi Yatırımları

3.3.1. 30 MW Muş RES

- 12 türbinden oluşmaktadır.
- Yıllık yaklaşık **90 – 100 GWh** elektrik üretmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

- Muş İli'nin elektrik talebinin yaklaşık %25'ini karşılamaktadır.
- 25 kişilik doğrudan istihdam yaratmıştır.

3.3.2. Kurtik RES (42 MW + 42 MW Enerji Depolama)

- 2025'te lisansı verilen yatırım, ilin en büyük yenilenebilir enerji projesidir.
- 110 kV bağlantı hattı ile enerji iletimi sağlanacaktır.
- Depolama tesisi, rüzgârın düzensizliğini dengeleyerek şebeke güvenliğini artıracaktır.
- Tam kapasite üretim: **140 – 150 GWh/yıl**

Bu iki yatırım birlikte Muş'un elektrik ihtiyacının büyük bölümünü karşılayabilecek kapasiteye ulaşacaktır.

3.4. Ekonomik Bulgular

Doğrudan Etkiler

- Kurulum sürecinde yaklaşık 200 – 250 kişilik geçici istihdam oluşmuştur.
- Kalıcı istihdam: Teknik personel, bakım ekibi, güvenlik ve yönetim kadroları.

Dolaylı Etkiler

- Elektrik maliyetlerinin azalmasıyla tarım ve küçük sanayi işletmelerinin rekabet gücü artmıştır.
- Yerel taşımacılık, inşaat ve hizmet sektörlerinde hareketlilik sağlanmıştır.

Kamu Gelirleri

- Belediye ve özel idareye ödenen kira gelirleri
- Kurumlar vergisi ve gelir vergisi artışı

Bölgesel Kalkınma Etkileri

- Yeni yatırımcı ilgisi yükselmiştir.
- Muş'un enerji üreten il konumuna yükselmesi beklenmektedir.

3.5. Çevresel Bulgular

Rüzgâr santrallerinin çevresel katkıları:

- Yıllık **100.000 tonun üzerinde CO_2** emisyon azaltımı
- Hava kalitesinde iyileşme
- Fosil yakıt bağımlılığının azalması
- Ekosistem üzerinde düşük çevresel etki

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3.6. Sosyal Bulgular

- Yeni teknik meslek gruplarında istihdam artmıştır.
- Muş Alparslan Üniversitesi, enerji alanında yeni programlar açma yönünde girişimlerde bulunmuştur.
- Yerel halkın yenilenebilir enerjiye yönelik bilinci artmıştır.
- Bölge gençleri için yeni kariyer alanları oluşmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Bu çalışma, Muş İli'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin bölgesel kalkınma açısından önemli bir fırsat sunduğunu göstermektedir. Mevcut ve planlanan yatırımlar:

- Yerel enerji üretimini artırmakta,
- Ekonomik canlılık yaratmakta,
- İstihdam olanaklarını geliştirmekte,
- Çevresel sürdürülebilirliği desteklemekte,
- Muş İli'ni enerji arz güvenliği açısından avantajlı konuma taşımaktadır.

Kurtik RES projesi, Muş İli'nin enerji altyapısını güçlendiren en stratejik yatırımlardan biridir.

4.2. Öneriler

1. Yeni rüzgâr ölçüm istasyonlarının kurulması
2. Enerji depolama yatırımlarının artırılması
3. Üniversite – sanayi işbirliğinin güçlendirilmesi
4. Yatırım teşviklerinin artırılması ve izin süreçlerinin kolaylaştırılması
5. Yerel halk için enerji farkındalığı eğitimleri düzenlenmesi
6. Bölgesel enerji planının hazırlanması
7. Rüzgâr santrallerinin tarım ve hayvancılıkla uyumlu şekilde planlanması
8. Lojistik alt yapının geliştirilmesi
9. Rüzgâr enerjisi sektöründe çalışacak teknik personelin yetiştirilmesi için eğitim programları açılması.

5.KAYNAKÇA

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023). *Türkiye enerji raporu 2023*. ETKB Yayınları.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2023). *Elektrik piyasası yıllık sektörel raporu*. EPDK Yayınları.

Global Wind Energy Council (GWEC). (2023). *Global wind report 2023*. GWEC Publications.

International Energy Agency (IEA). (2023). *World energy outlook 2023*. IEA Publications.

TÜREB. (2023). *Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu*. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği.

WindEurope. (2023). *Wind energy in Europe—2023 report*. WindEurope.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA). (2023). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.

Rüstemli, S., Güntaş, Ö., Şahin, G., Koç, A., Van Sark, W., & Doğan, S. Ş. (2024). Wind power plant site selection problem solution using GIS and resource assessment and analysis of wind energy potential by estimating Weibull distribution function for sustainable energy production: The case of Bitlis/Turkey. *Energy Strategy Reviews, 56*, 101552, 1–30.

Rüstemli, S., & Avcil, S. (2018). Bitlis ilinin kalkınmasında rüzgar enerjisinin önemi. *Uluslararası Sosyo–Ekonomik Araştırmaları ve Kalkınma Kongresi*, 27–28 Eylül, 141–150, Bitlis.

Rüstemli, S., Güntaş, Ö., & İlcihan, Z. (2019). Bitlis Eren Üniversitesi kampüs alanında rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi. *1. Uluslararası Malatya Uygulamalı Bilimler Kongresi*, 20–22 Aralık, 401–413, Malatya.

Nur, A., Güre, B., Rüstemli, S., & Bezek Güre, Ö. (2024). Prediction of wind speed by using random forest method. *International Conference on Energy Environmental Technologies in Engineering and Architecture (ICETEA 2024)*, 19–21 Aralık, 101–105, Bakü, Azerbaycan.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KESİRLİ GECİKMELİ LİNEER OLMAYAN DİFERANSİYEL DENKLEMLERİN YAKLAŞIK ÇÖZÜMLERİ ÜZERİNE

Kerem Mert KARADAĞ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
e-posta: odinhan48@hotmail.com ORCID: 0009-0008-1294-4937

Gül Gözde Biçer ŞARLAK
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
e-posta: gozdebicersarlak@mu.edu.tr ORCID: 0000-0002-2872-5324

Mustafa GÜLSU
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
e-posta: mgulsu@mu.edu.tr ORCID: 0000-0001-6139-0266

ÖZET

Kesirli mertebeden, gecikmeli ve lineer olmayan yapıya sahip diferansiyel denklemlerin nümerik çözümlerine yönelik matris tabanlı yöntemler uygulamalı matematikte önemli yer tutmaktadır. Bu tür denklemler, bellek etkisi ve zamana bağlı gecikmeler içeren dinamik sistemlerin modellenmesinde önemli rol oynamaktadır ve klasik diferansiyel denklemlerle modellenemeyen birçok fiziksel, biyolojik ve mühendislik problemleri daha doğru biçimde temsil edilirler. Çalışmada öncelikle Caputo ve Grünwald-Letnikov tanımları altında kesirli türev operatörlerinin sonlu farklar yöntemiyle yaklaşık ifadeleri elde edilmiştir. Gecikmeli terimler için uygun kaydırma işlemlerinin ardından, elde edilen nümerik ifadeler matris formuna dönüştürülerek hesaplamaya elverişli bir yapı oluşturulmuştur. Bu bağlamda, doğrusal ve doğrusal olmayan sistemler için iki aşamalı çözüm algoritmaları kullanılmıştır. Yöntemin başarımı çeşitli örnek problemler üzerinden test edilmiş ve karşılaştırmalı hata analizleri yapılmıştır. Geliştirilen yöntemlerin kararlılık, yakınsama ve doğruluk özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu tez, kesirli ve gecikmeli diferansiyel denklemlerin çözümünde kullanılan matris yaklaşımlarına yeni katkılar sunmakta olup, gelecekte daha karmaşık sistemlerin modellenmesine olanak tanıyacak genel bir nümerik çerçeve sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kesirli türev, gecikmeli diferansiyel denklem, matris yöntemi, nümerik çözümler.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ON APPROXIMATE SOLUTIONS OF NONLINEAR FRACTIONAL DELAY DIFFERENTIAL EQUATIONS

Kerem Mert KARADAĞ
Mugla Sitki Kocman University
e-posta: odinhan48@hotmail.com ORCID: 0009-0008-1294-4937

Gül Gözde Biçer ŞARLAK
Mugla Sitki Kocman University
e-posta: gozdebicersarlak@mu.edu.tr ORCID: 0000-0002-2872-5324

Mustafa GÜLSU
Mugla Sitki Kocman University
e-posta: mgulsu@mu.edu.tr ORCID: 0000-0001-6139-0266

ABSTRACT

Matrix-based methods for the numerical solutions of fractional-order, delayed, and nonlinear differential equations have gained importance in applied mathematics. These types of equations play a significant role in modeling dynamic systems with memory effects and time-dependent delays, offering more accurate representations for many physical, biological, and engineering problems that cannot be effectively described by classical differential equations. In this study, fractional derivative operators are expressed using the Caputo and Grünwald-Letnikov definitions and approximated by finite difference methods. After applying appropriate shifting operations for delayed terms, the resulting numerical expressions are transformed into a matrix form suitable for computation. Two-step solution algorithms are used for both linear and nonlinear systems. The performance of the method is tested on several example problems and comparative error analyses are conducted. The stability, convergence, and accuracy of the developed methods are thoroughly investigated. This thesis contributes new insights to matrix approaches for solving fractional and delayed differential equations and provides a general numerical framework for modeling more complex systems in future research.

Keywords: Fractional derivative, delay differential equation, matrix method, numerical solution.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

L-WEAKLY COMPACT OPERATORS ON BANACH LATTICES

Melis PATAR

Yıldız Technical University

melispatar@icloud.com - 0009-0007-1521-7316

Prof. Dr. Ömer Gök

Yıldız Technical University

omergok1@gmail.com - 0000-0002-0000-8972

Abstract

Let E be a Banach lattice and let X be a Banach space. A linear operator T: E → X is called an L-weakly compact operator if it maps L-weakly compact subsets of E into relatively compact subsets of X. For example, a Dunford-Pettis operator on a Banach lattice is an L-weakly compact operator. In this talk, we present several characteristics of L-weakly compact operators and the domination problem of positive L-weakly compact operators between Banach lattices. Also, we study the L-weakly completely continuous operator and the domination property of these classes of operators.

Keywords: *Banach lattice, L-weakly compact operators, Domination property*

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE USE OF KRIGING INTERPOLATION METHODS IN LIDAR SYSTEMS

Öğr. Gör. Dr. ZÜMRÜT KURTULGU
MUĞLA Sıtkı Koçman Üniversitesi,
zumrutkurtulgu@mu.edu.tr - ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-2192-4264

ABSTRACT

This paper examines the role and applications of Kriging interpolation methods in transforming LiDAR-derived point cloud data into continuous and regular surface models. Drawing on recent studies, it provides a review of the performance of Kriging-based approaches, their error characteristics, and how these vary across different terrain types within LiDAR modeling workflows. Findings reported in the literature indicate that Kriging effectively captures spatial continuity, particularly in LiDAR datasets with irregular point densities, and often produces lower errors compared to alternative interpolation techniques.

A synthesis of diverse application examples shows that Kriging and its variants—Ordinary, Universal, Regression, and Co-Kriging—achieve high accuracy not only in elevation estimation but also in forest biomass assessment, volume modeling, and engineering-oriented deformation monitoring. This study offers an up-to-date overview of Kriging methods used in LiDAR systems and provides a decision-making framework for selecting appropriate interpolation techniques based on terrain characteristics, data density, and project objectives. Overall, the results demonstrate that Kriging remains a reliable, robust, and widely applicable method in LiDAR-based 3D modeling.

Keywords: Kriging, LiDAR, terrain types, accuracy

1. USE OF LIDAR TECHNOLOGY AND DATA CHARACTERISTICS

LİDAR (Light Detection and Ranging), is an active remote sensing technology that measures distances by emitting laser pulses and analyzing their returns reflected from objects or surfaces [11]. The LiDAR instrument emits a laser pulse toward the target surface, and the reflected signal is detected by the sensor. By measuring the round-trip travel time of the pulse, the distance between the sensor and the surface is calculated (time-of-flight). Using GNSS/GPS and INS/IMU data, the real-world coordinates of each laser pulse are determined. Each pulse produces a single point, and this process is repeated millions of times to generate a dense point cloud [1]. LiDAR is used to obtain 3D spatial information such as elevation, terrain, surface morphology, and the location and structure of objects. Consequently, detailed data can be produced for topographic maps, digital elevation models (DEM/DSM), buildings, vegetation, forests, infrastructure, and various natural or man-made features [11,12]. LiDAR can model not

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

only the ground surface but also complex features such as vegetation, buildings, water surfaces, or submerged terrain in high detail through point cloud data [3]. LiDAR systems vary depending on the platform and application purpose. These include:

- **Airborne LiDAR (ALS)**: They are mounted on airborne platforms such as airplanes, helicopters, or drones. Airborne LiDAR is commonly used for large-area surveys, topographic mapping, terrain modeling, forestry applications, and coastal studies.

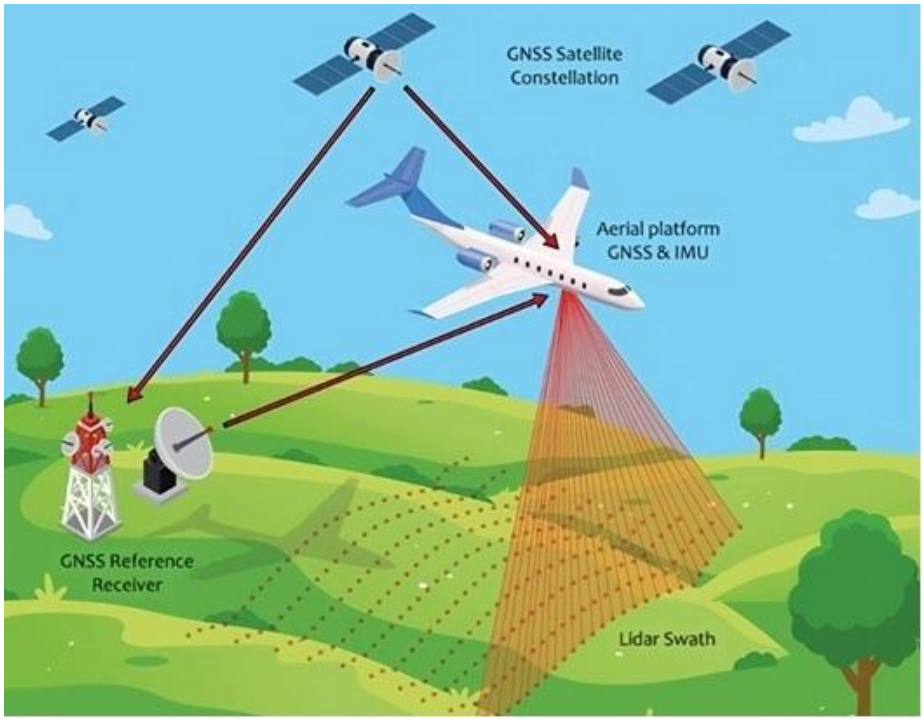


Figure 1. Schematic Representation of an Airborne LiDAR System, [17]

- **Terrestrial LiDAR (TLS)**: It is used with platforms such as tripods, fixed stations, or ground vehicles, and is preferred for applications requiring close-range and high-detail data acquisition, such as buildings, rock surfaces, archaeology, and infrastructure.
- **Mobile LiDAR Scanning (MLS)**: It is mounted on mobile platforms such as vehicles, cars, or ground-based transport systems, and is used for applications such as road and railway mapping, urban infrastructure assessment, and city modeling.
- **UAV LiDAR**: It is used for small to medium-scale areas, providing high resolution and operational flexibility for applications such as forestry, agricultural fields, rural landscapes, construction monitoring, and detecting minor topographic changes.
- **Bathymetric / Hydro-LiDAR**: It is particularly used to measure underwater terrain, including riverbeds or seafloor topography, often employing a green-wavelength laser for improved water penetration [11,13, 14].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

The acquired point cloud is classified or filtered into ground points and above-ground points such as buildings, vegetation, or water. This enables the extraction of specific layers; for example, the ground class is selected when generating a Digital Elevation Model (DEM) [3]. From the classified and filtered point clouds, various products such as surface models, digital elevation maps, 3D reconstructions, and analyses of buildings, forests, and vegetation can be derived [6]. Moreover, the obtained point clouds provide a detailed representation of the terrain surface; however, due to density variations and gaps that particularly occur in forested or rugged terrains, LiDAR data may exhibit spatial discontinuities. Therefore, selecting an appropriate interpolation approach is of critical importance for converting the surface into a continuous model [3].

2. THE NEED FOR INTERPOLATION

Following the classification of high-density LiDAR point clouds representing the Earth's surface, interpolation methods are required to convert these points into spatially meaningful digital products or maps [3]. Interpolation is a statistical technique that utilizes the values measured at known locations to estimate values at all unknown locations between these points, playing a critical role in spatial data analysis [5].

2.1. Fundamentals of Kriging Interpolation

Kriging is an advanced geostatistical interpolation technique that estimates the values of unknown points by utilizing the spatial dependence structure derived from semivariograms, offering a methodological framework analogous to regression analysis [5]. LiDAR point cloud data exhibit a spatially heterogeneous accuracy structure, depending on factors such as terrain slope, vegetation density, sensor viewing angle, and point density. This variability results in lower errors in some areas while increasing error levels in others; consequently, the error distribution in LiDAR data is not spatially homogeneous [7].

2.2. Types of Kriging and LiDAR Applications

Even high-density LiDAR datasets exhibit irregular point distributions due to flight patterns, scanning angles, terrain shadows, and vegetation cover. By accounting for spatial correlation, Kriging outperforms deterministic techniques in areas where data density is heterogeneous or where terrain morphology changes rapidly over short distances [5,7].

Different types of Kriging address various aspects of spatial structure:

- **Ordinary Kriging (OK):** Assumes a locally constant mean and is commonly used when there is no large-scale trend on the surface. It provides stable and unbiased elevation estimates for uniformly distributed LiDAR data [10].
- **Universal Kriging (UK):** It incorporates a deterministic trend component and is suitable for terrains where elevation values change systematically (e.g.,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

mountain slopes, valleys). It can model both the global trend and local variation [7].

- **Regression Kriging (RK):** A regression model is constructed using available auxiliary data such as existing DEMs, slope, aspect, or NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Kriging is then applied to the residuals of this model. This approach particularly enhances the accuracy of aboveground biomass (AGB) estimates in mountainous and complex forested areas, producing maps that reduce the underestimation of high values and the overestimation of low values [8].
- **Co-Kriging (CK):** It utilizes one or more secondary variables that are correlated with the primary variable. In areas with low-density LiDAR coverage, additional data sources provide an advantage to Co-Kriging (CK) by improving estimation accuracy [9].

These methodological differences are critical for selecting the most appropriate Kriging type in LiDAR-based surface modeling. Terrain complexity, vegetation density, scanning geometry, and the availability of auxiliary data determine which Kriging method will provide the highest accuracy and most reliable estimates. Therefore, it is essential to select a suitable interpolation strategy for each application, taking into account the specific characteristics of the terrain and data.

3. METHODOLOGY

This study is designed as a review published in peer-reviewed journals, examining the use of Kriging interpolation methods in LiDAR-based surface modeling. First, peer-reviewed studies that included LiDAR datasets and at least one type of Kriging (Ordinary, Universal, Regression, or Co-Kriging) were systematically screened. The following criteria were considered:

- Use of airborne, terrestrial, or UAV LiDAR points.
- Clearly defined terrain characteristics (flat, rugged, mountainous, forested, agricultural, urban, rocky, etc.).

Second, the extraction and systematic compilation of quantitative accuracy metrics were aimed. LiDAR accuracy is generally determined through statistical comparison between laser points and known reference points, and is calculated in terms of standard deviation and root mean square error (RMSE) [3]. Accuracy is defined as high or low based on the magnitude of differences between predicted and reference values. The accuracy of a digital terrain model is most commonly assessed using the root mean square error (RMSE) [6]. Additionally, overall evaluations following Kriging interpolation were examined. Finally, a comparative assessment of Kriging types across different terrain types and LiDAR conditions was conducted and compiled into a single table.

The studies were considered according to terrain characteristics and data conditions [19,20,21,22,23,24,25,26]:

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. Flat Terrain: Low spatial variability, no trend (i.e., elevation values are randomly distributed without a specific direction or tendency).
2. Moderately Complex / Rugged Terrain: Moderate spatial variability, with local trends.
3. Mountainous / Steep Terrain: Significant elevation differences.
4. Forested Terrain: Presence of shading and vertical complexity.
5. Urban Areas: Discontinuous surfaces with abrupt elevation changes.

4. EVALUATIONS

The literature reviewed in this study provides a comprehensive assessment of the accuracies obtained from interpolating LiDAR data using various Kriging derivatives across different terrain types (forest, riverine, rugged topography, tropical forest, bridge surroundings, complex vegetation, etc.). Several studies [10,23,24] have demonstrated that the Ordinary Kriging (OK) method produces lower RMSE values compared to IDW, spline, and other interpolation techniques in the generation of DEMs or surface models. Studies conducted in tropical forests and areas with high vertical complexity [21,25,26] have shown that Regression Kriging and Co-Kriging perform well for parameters such as biomass, canopy height, and carbon estimation. [23] and [24] reported that RMSE increased for all interpolation methods under low point density conditions, with Kriging's advantages becoming more pronounced in rugged and variable surfaces. In the study by [18], Ordinary Kriging was applied to fill gaps in TLS-derived bridge pile data, resulting in smoother surface models. [22] demonstrated that Universal Kriging better captured spatial dependence for variables such as tree count, basal area, and mean diameter, producing more sensitive estimates.

Table 1. Comparison of Kriging Methods, Terrain Types, and Accuracy Assessments

Reference	Terrain Type – Key Characteristics	Content / Application	Kriging Type	RMSE / Accuracy
[10]	Flat or low-to-moderate slope forested areas	Generation of DEM using ALS LiDAR data and assessment of interpolation errors in vegetated areas	Ordinary Kriging (OK)	RMSE ≈ 0.72 m- 0.79 m
[21]	Forest (Tropical rainforest, high vertical complexity)	Tree height mapping using spaceborne and airborne LiDAR data (canopy height mapping in forests)	Regression Kriging (RK)	RMSE ≈ 3–5 m (This value was reduced to 1.8 m using the Regression Kriging (RK) method)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[20]	Forest (Mixed forest structure, high vertical complexity)	DTM generation using LiDAR and comparison of data accuracy	Regression Kriging	Interpolation and filtering in forests with dense vegetation and complex surfaces, with emphasis on appropriate method selection
[24]	Various terrain structures and point densities	DEM generation and accuracy comparison using ALS LiDAR	Ordinary Kriging	RMSE ranged from 0.25 to 0.6 m, with Kriging interpolation providing the best performance.
[18]	River / Construction	Bridge safety assessment through interpolation around bridge piles using TLS LiDAR	Ordinary Kriging (OK)	Spatial resolution increased when gaps were filled using Ordinary Kriging (OK)
[19]	Forest / Vegetation (Dense foliage)	Filling errors or data gaps caused by shading through interpolation	Customized Kriging developed	RMSE ≈ 0.48 m
[22]	Forested areas, mountainous terrain, and forest blocks at varying elevations	Forest inventory estimation (tree count, basal area, mean diameter) using ALS data	Universal Kriging	Advantage of Universal Kriging (UK): by utilizing the spatial relationships between data points, more realistic estimates were achieved
[23]	Flat and Rugged	Comparison of height data obtained from ALS using five different interpolation methods	Ordinary / Universal Kriging	As a result of LiDAR-based geoid undulation assessment, Kriging was identified as the most effective interpolation method.
[25]	Complex vegetation forest with high vertical complexity	Co-Kriging (CK) was applied to fill spatial gaps	Co-Kriging	Carbon storage estimation using airborne LiDAR demonstrates that accurate predictions can be achieved in complex forested areas.
[26]	Mixed forest, high biomass, large area	Biomass mapping, carbon cycle, global forest inventory	Co-Kriging	Co-Kriging fills spatial gaps, enhancing the benefits of integrating LiDAR with optical data.

5. RESULTS

The reviewed literature indicates that Kriging-based methods consistently outperform other interpolation techniques when applied to point clouds obtained from different

LiDAR platforms (ALS, TLS, UAV LiDAR). This superiority is particularly evident in forested areas with increased topographic complexity, dense vegetation, and pronounced shading effects, where models capturing spatial dependence directly contribute to higher accuracy. Overall, all studies emphasize a common finding: as LiDAR data quality, point density, and terrain complexity increase, the performance of Kriging methods improves significantly. This confirms that spatial autocorrelation models serve as a powerful tool for surface generation, biophysical parameter estimation, and gap-filling processes.

REFERENCES

[1] R. Tummala, Fundamentals of device and systems packaging: technologies and applications, McGraw-Hill Education, 2019.

[2] Q. Weng, An introduction to contemporary remote sensing, McGraw-Hill Education., 2012.

[3] P. Dong and Q. Chen, Lidar Remote Sensing and Applications, CRC Press, 2017.

[4] ASPRS, "ASPRS Positional Accuracy Standarts For Dijital Geospatinal Data," 2023.

[5] J. Campbell ve M. Shin, «Surface Analysis: Spatial Information,» %1 içinde *Geographic Information System Basics*, 2012.

[6] S. P. Wechsler ve M. T. Center, «Development of a LiDAR derived digital elevation model (DEM) as Input to a METRANS geographic information system (GIS),» *METRANS Project-METRANS Transportation Center (Calif.)*, 2011.

[7] Z. Pashaei, É. Guilbert ve T. Badard, «A Kriging Method for the Estimation of ALS Point-Cloud Accuracy without Ground Truth,» *Remote Sensing*, cilt 15, no. 19, 2023.

[8] Y. Luo , L. Yan, Z. Zhou, D. Huang, L. Cai, S. Du, Y. Yang, Y. Huang ve Q. Li, «Estimation of the Aboveground Biomass of Forests in Complex Mountainous Areas Using Regression Kriging,» *Forests*, cilt 15, no. 10, 2024.

[9] B. Pavani-Biju, . J. G. Borges , S. Marques ve A. C. Teodoro, «Enhancing Forest Site Classification in Northwest Portugal: A Geostatistical Approach Employing Cokriging,» *Sustainability*, cilt 16, 2024.

[10] Z. İsmail, F. Abdul Khanan, . F. Z. Omar, . M. Z. Abdul Rahman ve M. R. Mohd Salleh, «EVALUATING ERROR OF LIDAR DERIVED DEM INTERPOLATION FOR VEGETATION AREA,» %1 içinde *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016.

[11] J. Shan ve C. K. Toth, Topographic Laser Ranging and Scanning, CRC Press, 2009.

[12] D. Killinger, «Lidar (light detection and ranging),» *Laser Spectroscopy for Sensing, Fundamentals, Techniques and Applications,* pp. 292-312, 2014.

[13] X. Zheng ve C. Xiao, «TYPICAL APPLICATIONS OF AIRBORNE LIDAR TECHNOLAGY IN GEOLOGICAL INVESTIGATION,» %1 içinde *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3,* 2018.

[14] C. Wang, X. Yang, X. Xi, S. Nie ve P. Dong, Introduction to LiDAR Remote Sensing, CRC Press, 2024.

[15] Z. Wang ve M. Menenti, «Challenges and Opportunities in Lidar Remote Sensing,» *Frontiers in Remote Sensing,* cilt 2, 2021.

[16] K. Shih, A. Balachandran, K. Nagarajan, B. Holland, C. Slatton ve . A. George, «Fast Real-Time LIDAR Processing on FPGAs,» *ın ERSA,* pp. 231-237, 2008.

[17] *Illustration of ALS data capture from a fixed wing aerial platform.* [Art]. https://cherishproject.eu/.

[18] N. S. Shanmugam, S.-E. C. P. M.ASCE, . W. Tang , . V. S. Chavan, J. Diemer, C. Allan, T. Shukla, T. Chen, Z. Slocum ve R. Janardhanam, «Spatial Interpolation of Bridge Scour Point Cloud Data Using Ordinary Kriging Method,» *Journal of Performance of Constructed Facilities,* cilt 39, no. 1, 2024.

[19] M. Soma, F. Pimont, D. Allard, R. Fournier ve J.-L. Dupuy, «Mitigating occlusion effects in Leaf Area Density estimates from Terrestrial LiDAR through a specific kriging method,» *Remote Sensing of Environment,* cilt 245, 2020.

[20] M. Gomroki, . M. Jafari, S. Sadeghian ve Z. Azizi , «Application of Intelligent Interpolation Methods for DTM Generation of Forest Areas Based on LiDAR Data,» *Remote Sensing and Geoinformation Science,* pp. 227-241, 2017.

[21] I. Fayad, N. Baghdadi, J.-S. Bailly, N. Barbier, V. Gond, B. Hérault, M. El Hajj, F. Fabre ve J. Perrin, «Regional Scale Rain Forest Height Mapping Using Regression Kriging of Spaceborne and Airborne LiDAR Data: Application on French Guiana,» cilt 8, no. 3, 2016.

[22] I. Aulló-Maestro, C. Gómez, E. Marino, M. Cabrera, A. V. D. L. Cueva ve F. Montes, «Integration of field sampling and LiDAR data in forest inventories: comparison of area-based approach and (lognormal) universal kriging,» *Annals of Forest Science,* 2021.

[23] G. Anil Kumar, B. Sadasiva Rao ve C. Jagannadha Rao, «Accuracy Assessment of Various Interpolation Techniques Used for Generation of Precise Geoidal Undulations in LiDAR Projects,» *Journal of the Indian Society of Remote Sensing,* cilt 50, pp. 2107-2123, 2022.

[24] N. M. Saraf, K. N. Kamarolzaman, . N. M. Saad, N. Khalid, . A. R. A. Rasam ve A. N. Othman, «Data Verification of LiDAR-Derived DEM from Different Interpolation Techniques,» %1 içinde *Charting the Sustainable Future of ASEAN in Science and Technology* , 2020.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

[25] H. Yang, Z. Qin, Q. Shu, L. Xi, C. Xia, Z. Wu, M. Wang ve D. Duan, «Estimation of the Aboveground Carbon Storage of Dendrocalamus giganteus Based on Spaceborne LiDAR Co-Kriging,» *Forests*, cilt 15, no. 8, 2024.

[26] Y. Wang, H. Wang, C. Wang, S. Zhang, R. Wang, S. Wang ve J. Duan, «Co-Kriging-Guided Interpolation for Mapping Forest Aboveground Biomass by Integrating Global Ecosystem Dynamics Investigation and Sentinel-2 Data,» *Remote Sensing*, cilt 16, no. 16, 2024.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

THE USE OF LİDAR SYSTEMS İN DİSASTER CADASTRE

Öğr. Gör. Dr. ZÜMRÜT KURTULGU
MUĞLA Sıtkı Koçman Üniversitesi,
zumrutkurtulgu@mu.edu.tr - ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-2192-4264

ABSTRACT

The use of Light Detection and Ranging (LiDAR) technology in disaster cadastre has become increasingly important due to its ability to provide high-resolution and accurate topographic data. This study reviews the application of airborne and terrestrial LiDAR systems in assessing natural hazards such as floods, landslides, and urban risk areas. LiDAR-derived digital elevation models (DEMs) and point clouds allow for precise detection of terrain features, facilitating faster and more reliable risk mapping compared to traditional surveying methods.

The study compiles examples from the literature, highlighting the effectiveness of airborne LiDAR for large-area surveys and terrestrial LiDAR for detailed topographic analysis in critical zones. In flood-prone areas, LiDAR-based DEMs are used for mapping inundation zones; in landslide studies, slope and terrain analysis are performed; and in urban areas, LiDAR supports building height and structural modeling.

Recent studies demonstrate the advantages of LiDAR in identifying high-risk areas and supporting disaster management planning. This paper also discusses the accuracy, speed, and data coverage benefits of LiDAR technology, as well as its limitations, providing a comprehensive overview for future research and practical applications in disaster cadastre.

Keywords: LiDAR, disaster management, High-resolution precise topographic data

1. INTRODUCTION

A disaster is defined as a natural, technological, or human-induced event that causes physical, economic, and social losses for the entire society or specific segments of it, disrupting or halting normal life and human activities (AFAD, 2009). Globally, disasters can originate from both natural and human factors. Examples include landslides, avalanches, earthquakes, forest fires, nuclear accidents, mining accidents, volcanic eruptions, and tsunamis (Kadıoğlu, 2017). All of these types of disasters directly impact settlements, infrastructure networks, property structures, and land-use decisions. The occurrence of disasters not only results in loss of life and property but also necessitates the rapid and accurate determination of land rights, boundaries, and usage conditions. Therefore, disaster cadastre plays a critical role across the phases of

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

pre-disaster risk management, emergency response, and post-disaster recovery. Disaster cadastre is a system aimed at producing and managing reliable spatial data for identifying risk-prone areas, mapping hazard zones, monitoring the current status of properties, and conducting post-disaster damage assessment. In this context, the accurate assessment of the spatial impacts of disasters and the effective functioning of the disaster management cycle require the integrated use of modern cadastral techniques, GIS-based analyses, and remote sensing data (AFAD, 2009; Yomralioglu & McLaughlin, 2017; Memiş & Babaoğlu, 2020b; Uçar et al. 2025).

Thanks to disaster cadastre, it becomes possible to:

- Identify disaster-prone areas,
- Detect properties at risk,
- Prevent post-disaster loss of rights,
- Rapidly update property ownership records.(Memiş & Babaoğlu, 2020a).

Disaster cadastre requires different datasets for various types of hazards, including earthquakes, floods, landslides, avalanches, volcanic eruptions, forest fires, and tsunamis. For instance, earthquake-related data may include building damage, collapse categories, and structural system conditions; flood-related data may involve flow paths, flood boundaries, and building elevations; landslide-related data may comprise slope, geological composition, and the magnitude of terrain movement; and fire-related data may consist of burn boundaries, building density, and flammability classes. Such information becomes meaningful and actionable only when integrated within a 3D spatial dataset (Yomralioglu & McLaughlin, 2017; Memiş & Babaoğlu, 2020b; Ceren, 2023). Therefore, disaster cadastre inherently relies on technologies such as LiDAR, UAVs, and 3D modeling.

In this context, it is critical to determine at which stage of the disaster cycle the spatial data required for each type of hazard should be produced. Disaster cadastre necessitates different datasets during the pre-disaster (risk) phase, the disaster (response) phase, and the post-disaster (recovery and reconstruction) phase (Kadıoğlu, 2017; Memiş & Babaoğlu, 2020a). The essential data to be collected in cadastre for each of these phases are outlined below:

I. Pre-Disaster Cadastre (Risk Phase):

The objective of this phase is to identify risk-prone areas and record them. Essential datasets include:

- 3D building models
- Ground surface, slope, and fault lines
- Building ages and construction material information

These datasets constitute the fundamental spatial data groups used in pre-disaster risk analyses (Yomralioğlu & McLaughlin, 2017; Memiş & Babaoğlu, 2020a; Ceren, 2023).

II. Disaster-Time Cadastre (Emergency Response):

One of the most critical needs during a disaster is access to rapid and accurate data. In this context, LiDAR technology offers significant advantages through both unmanned

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

aerial vehicles (UAVs) and mobile sensor systems. The types of data that can be obtained during a disaster include:

- Identification of accessible routes and blocked or obstructed roads
- Location and structural condition of collapsed or damaged buildings
- Height and volume of debris accumulations
- Planning of evacuation routes

Conventional surveying and mapping methods are often impractical during disasters; therefore, LiDAR-based rapid data acquisition techniques are critically important for emergency response and disaster management (Kadıoğlu, 2017; Yomralioglu & McLaughlin, 2017; Lagap & Ghaffarian, 2024).

III. Post-Disaster Cadastre (Damage and Rights Management):
The tasks to be carried out in this phase include:

- Damage assessment: determining levels as minor, moderate, severe, or collapsed
- Recording potential changes in parcel boundaries
- Documenting changes in property ownership and actual usage
- Supporting relocation planning
- Recording temporary shelter areas
- Assessing property value losses

These data are essential for the accurate and effective execution of post-disaster legal processes (AFAD, 2009; Kadıoğlu, 2017; Yomralioglu & McLaughlin, 2017;Memiş & Babaoğlu, 2020a; Amıraslanlı , 2023; Kaplan, 2024).

2. THE ROLE OF LİDAR İN DİSASTER CADASTRE

LiDAR is a remote sensing technology that measures the return time of laser pulses directed at target surfaces to determine distance and positional information (Dong & Chen, 2017; Liu, 2011). This method is based on the time it takes for the emitted light to return from the target, generating a separate data point for each measurement location. In this way, LiDAR systems can analyze the intensity of the reflected signals to provide information on surface texture, material properties, and topographic features. These capabilities enable the generation of high-resolution, three-dimensional point clouds over large areas (Weng, 2012).

2.1. LiDAR Types and Their Use in Disaster Cadastre

1. Airborne LiDAR Systems (ALS):
   Collect data from aircraft or unmanned aerial vehicles (UAVs). Suitable for rapid surveying of large areas, they are widely used in topographic mapping and identification of disaster-prone zones (Dong & Chen, 2017). The ability to observe terrain beneath dense vegetation is crucial for evaluating flood, landslide, and earthquake-prone areas (Wechsler & Center, 2011).
2. Mobile LiDAR Systems (MLS):

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Acquire data from sensors mounted on vehicles or along roadways. Ideal for rapid assessment of building conditions, debris heights, and road accessibility in hazardous or hard-to-reach locations during disasters (Ariyasu et al., 2012). Contribute to faster emergency response and disaster management.

3. Terrestrial LiDAR Systems (TLS):
   Provide high-resolution data from fixed positions. Particularly valuable for detailed measurements of buildings and infrastructure, damage assessment, and post-disaster cadastre applications (Widyastuti et al., 2025).

These systems generate critical data for pre-disaster risk assessment, rapid data collection during emergencies, and post-disaster property updates (Grădinaru et al., 2023).

3. EVALUATİON AND CONCLUSİON

LiDAR technology has emerged as a critical data source in cadastral management for both preventive measures and post-disaster response and recovery. For instance, following the 2011 earthquake and tsunami in Japan, mobile LiDAR surveys recorded roads, buildings, slope changes, and flood levels, providing a robust data infrastructure for cadastral updates and urban planning (Ariyasu et al., 2012). Experimental applications have demonstrated that LiDAR provides detailed information on both terrain and building geometry, including volumetric boundaries, significantly contributing to 3D cadastre systems (Giannaka et al., 2014; Widyastuti et al., 2025). Airborne LiDAR (ALS/UAV) allows rapid scanning of large areas, terrestrial LiDAR (TLS) provides precise measurements and detailed building surface models, while mobile LiDAR (MLS) is effective for data collection in areas with limited accessibility. However, some inconsistencies have been observed between existing cadastral data and the 3D building layers derived from LiDAR. For example, in Bucharest, discrepancies were found between the geometric positions of historical buildings and official property records (Grădinaru et al., 2023). This highlights that LiDAR alone is insufficient and emphasizes the need for integration with existing cadastral datasets. Accurate property boundaries, building rights, and urban planning decisions require the combined use of LiDAR data with official cadastral and mapping records.

Overall, the use of LiDAR in disaster cadastre offers the following advantages:

- Updating existing parcel and building information and improving accuracy,
- Clear representation of building geometry, volume, and property rights,
- Rapid, safe, and detailed data provision for post-disaster damage assessment,
- Creation of 3D urban models for reconstruction and planning,
- Analysis of combined structure-terrain elements within a single dataset.

Nevertheless, data processing still requires high technical expertise, LiDAR equipment is expensive, and discrepancies may occur when integrating with other data sources. Dense vegetation or confined areas may also limit accurate 3D modeling, necessitating additional data collection methods. Therefore, while LiDAR is an effective tool for

disaster cadastre, its integration with other cadastral and spatial data sources maximizes its utility (Canözü & Acar, 2025).

Advantages and Limitations

- Advantages: Produces highly accurate data, enables rapid scanning of large areas, and ensures safe measurements in difficult-to-access locations (Dong & Chen, 2017; Giannaka et al., 2014). Integration of multiple LiDAR types allows combined topographic and structural analyses (Widyastuti et al., 2025).
- Limitations: Requires expensive equipment and technical expertise; dense vegetation or debris may hinder detection of certain surface details (Tummala, 2019; Wechsler & Center, 2011).

REFERENCES

AFAD. (2009). *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun.* 5902 Sayılı Kanun.

Amıraslanlı , N. (2023). KENTSEL DÖNÜŞÜM KAPSAMINDA AFET RİSKİ ALTINDAKİ YAPILARIN TESPİTİ VE TESPİTE İTİRAZ. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi, 53*. HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.54049/taad.1231786" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.54049/taad.1231786

Ariyasu, E., Koizumi, M., Ikubo, M., & Hatake, S. (2012). APPLICATION OF MOBILE LIDAR MAPPING FOR DAMAGE SURVEY AFTER GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (s. 573-576). HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-573-2012" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-573-2012

Canözü, Ö., & Acar, H. (2025). Rapid automatic detection of collapsed buildings with single period LiDAR data after an earthquake. *Earth Science Informatics, 18*. HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12145-024-01659-y" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12145-024-01659-y

Ceren, A. (2023). Türkiye'de afet yönetimi ve afetlerde teknoloji kullanımının önemi. *R&S-Research Studies Anatolia Journal, 6*(1).

Dong, P., & Chen, Q. (2017). *Lidar Remote Sensing and Applications.* CRC Press.

Giannaka, O., Dimopoulou, E., & Georgopoulos, A. (2014). Investigation on the contribution of LiDAR data in 3D cadastre. *SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE SENSING AND GEOINFORMATION OF THE ENVIRONMENT.* HYPERLINK "https://doi.org/https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9229.toc" \t "_blank" https://doi.org/https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9229.toc

Grădinaru, A., Badea, A.-C., Dragomir, P., & Badea, G. (2023). Integrating Cadastral Data with Seismic Risk Data in an Online Building Database for the Historical Centre of Bucharest City. *Land, 12*(8). HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land12081594" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land12081594

Kadıoğlu, M. (2017). *Afet yönetimi: Beklenmeyeni beklemek, en kötüsünü yönetmek.* İstanbul: MarmaraBelediyeler Birliği Kültür Yayınları.

Kaplan, O. (2024). 7269 SAYILI KANUN ÇERÇEVESİNDE İDARENİN AFET SONRASI HASAR TESPİT İŞLEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE YARGISAL DENETİMİ. *Yaşar Hukuk Dergisi, 6*(1).

Lagap, U., & Ghaffarian, S. (2024). Digital post-disaster risk management twinning: A review and improved conceptual framework. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 110*. HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104629" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104629

Liu, X. (2011). Accuracy Assessment of Lidar Elevation Data Using Survey Marks. *Survey Review*, s. 80-93. HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.1179/003962611X12894696204704" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.1179/003962611X12894696204704

Memiş, L., & Babaoğlu, C. (2020a). ACİL DURUM VE AFET YÖNETİMİNDE SÜREÇ. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13*(4), s. 776-791. HYPERLINK "https://doi.org/DOI: 10.25287/ohuiibf.731103" \t "_blank" https://doi.org/DOI: 10.25287/ohuiibf.731103

Memiş, L., & Babaoğlu, C. (2020b). Afet yönetimi ve teknoloji. Nobel.

Tummala, R. (2019). *Fundamentals of device ans systems packaing: technologies and applications.* McGraw- Hill Education.

Uçar, F., Demir, Ş., & Yakar, M. (2025). Türkiye'de harita mühendisliği alanında hazırlanan bilimsel çalışmalara; kadastro, mülkiyet. *Geomatik, 10*(2), s. 157-174. HYPERLINK "https://doi.org/DOI: 10.29128/geomatik.1586150" \t "_blank" https://doi.org/DOI: 10.29128/geomatik.1586150

Wechsler, S., & Center, M. (2011). Development of a LiDAR derived digital elevation model (DEM) as Input to a METRANS geographic information system (GIS). *METRANS Project-METRANS Transportation Center (Calif.).* HYPERLINK "https://doi.org/doi:https://www.metrans.org/research/development-of-a-lidar-derived-digital-elevation-model-dem-as-input-to-a-metrans-geographic-information-system-gis-" \t "_blank" https://doi.org/doi:https://www.metrans.org/research/development-of-a-lidar-derived-digital-elevation-model-dem-as-input-to-a-metrans-geographic-information-system-gis-

Weng, Q. (2012). *An introduction to comtemporary remote sensing*. McGraw-Hill Education.

Widyastuti, R., Suwardhi, D., Meilano, I., Hernandi, A., & Firdaus, J. (2025). Automating Three-Dimensional Cadastral Models of 3D Rights and Buildings Based on the LADM Framework. *ISPRS Int. J. Geo-Inf., 14*(8). HYPERLINK "https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijgi14080293" \t "_blank" https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijgi14080293

Yomralioglu, T., & McLaughlin, J. (2017). *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration.* HYPERLINK "https://doi.org/ https://doi.org/10.1007/978-3-319-51216-7" \t "_blank" https://doi.org/ https://doi.org/10.1007/978-3-319-51216-7

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

VARİKOSEL HASTALIĞINI SINIFLANDIRMADA KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Abdulvahap PINAR
Adıyaman Üniversitesi
apinar@adiyaman.edu.tr - 0000-0002-3662-2579

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Hilal YAĞIN
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Canada Lakehead Üniversitesi
hilal.yagin@gmail.com, 0000-0002-9848-7958

ÖZET

Varikosel hastalığı, bacaklardaki varisli damarlar benzemektedir, erkeklerde testislerin etrafındaki koruyucu bir kese olan skrotumdaki genişlemiş damarlardır. Bu genişlemiş damarlar tipik olarak sol tarafta, özellikle de üst bölgede ortaya çıkar. Çalışmanın amacı, çeşitli Makine Öğrenimi (MÖ) teknikleri kullanarak varikosel hastalığında olası risk faktörlerini belirleyebilmek ve bu modellerin sınıflandırma performanslarını değerlendirmektir. Bu çalışmada sağlam 190 (%87,6) ve varikoseli olan 27 (%12,4) hastaya ilişkin veriler kullanılmıştır. Analize dahil edilen veri seti açık erişim (https://www.kaggle.com/datasets/suraj520/varicocele-symptoms-dataset) olarak veri tabanından elde edilmiştir. Veriler eğitim için rasgele olarak %80 ve test için %20 bölünmüştür. MÖ modelleri arasında Naive Bayes (NB), Destek Vektör Makinesi (DVM), Lojistik Regresyon (LR) ve eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) kullanılmıştır. Sınıflandırma modellerinin performansları, doğruluk, dengeli doğruluk, f1-skoru, duyarlılık, özgüllük, youden indeksi, pozitif tahmin değeri (PPV) ve negatif tahmin değeri (NPV) hesaplanarak değerlendirildi. Bu çalışmada test edilen modeller arasında XGBoost modeli en yüksek performansı göstermiştir; 0,995 doğruluk oranı, 0,981 dengeli doğruluk, 0,981 F1-Skoru, 0,693 duyarlılık, 1,000 seçicilik, 0,963 Youden İndeksi, 0,995 PPV ve 1,000 NPV değerleriyle tüm değerlendirme metriklerinde mükemmel sonuçlar elde etmiştir. İkinci sırada SVM modeli yer almış (0,963 doğruluk, 0,884 dengeli doğruluk ve F1-Skoru) ve onu Lojistik Regresyon (LR) modeli (0,949 doğruluk) takip etmiştir. Diğer modeller (Dengeli Doğruluk, F1-Skoru, Duyarlılık, Seçicilik, Youden İndeksi gibi) daha düşük performans göstermiştir. Bu çalışmada, varikosel hastalığının teşhisinde çeşitli makine öğrenmesi modelleri karşılaştırılmış ve XGBoost modelinin 0,995 doğruluk oranı, 0,981 dengeli doğruluk ve F1-Skoru ile tüm performans metriklerinde diğer modellere (SVM, Lojistik Regresyon, Naive Bayes vb.) göre belirgin şekilde üstün performans gösterdiği kanıtlanmıştır; bu sonuçlar XGBoost'un varikosel teşhisi için en güvenilir ve etkili sınıflandırma aracı olduğunu ortaya koyarak, klinik uygulamalarda erken tanı ve risk faktörlerinin belirlenmesinde kullanılabilecek güçlü bir model sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Varikosel, makine öğrenimi, XGBoost, tahmin modeli

1. GİRİŞ

Varikosel, testislerin bulunduğu torbadaki toplardamar ağının genişleyip kıvrılmasıdır. Temel sorun, testisten kalbe dönen damarda kanın geri çekilmesidir. Olguların büyük kısmı sol tarafta görülür (%85–90). Varikosel, sağlıklı erkeklerin yaklaşık %15'inde görülür; çocuk sahibi olamayan erkeklerde ise oran, ilk kez infertil olanlarda yaklaşık %35'e, daha önce çocuk sahibi olup sonradan infertil olanlarda %80'e kadar çıkabilir (1, 2). Varikoselin tedavisinde birincil yaklaşım cerrahi onarımdır. Varikoselin cerrahi onarımı üzerine yapılan en büyük meta-analiz, semen hacminde, sperm konsantrasyonunda, toplam sperm sayısında, toplam hareketli sperm sayısında, progresif sperm hareketliliğinde, toplam sperm hareketliliğinde ve sperm morfolojisinde önemli iyileşmeler olduğunu ortaya koymuştur (3). Bu nedenle, varikoselin doğru tanımlanması ve derecelendirilmesi çok önemlidir. Varikosel tanısı fizik muayeneye dayanır. Varikosel derecelendirmesinin amacı, tedavi sonuçları hakkında etkili bir öngörüde bulunmak için kullanılabilecek varikoseller hakkında morfolojik ve hemodinamik veriler elde etmektir (4, 5). Araştırmacılar, ameliyat öncesi laboratuvar ve radyolojik bulguların klinik öngörücü olarak kullanımını araştırmışlardı. Yapay zekanın (AI) bir alt kümesi olan Makine Öğrenimi (MÖ), son on yılda tıpta kullanılmaya başlanmıştır ve uygulamalar bakıma yardımcı olma ve iyileştirme konusunda büyük potansiyel göstermektedir. ML, düşük ve orta gelirli ülkeler gibi büyük ölçekli verilerin sınırlı bir kaynak olduğu cerrahi sistemlerde daha faydalı olacaktır (6). MÖ modellerine ilişkin yaklaşımlar, klinik ve biyokimyasal belirteçler arasındaki karmaşık örüntüleri keşfederek tanısal hassasiyeti artırma potansiyeline sahiptir (7). Karmaşık örüntüleri belirlemek, varikosel hastalığını sınıflandırmada ve tıbbi uygulamalarda MÖ modelleri arasında Naive Bayes (NB), Radyal temel fonksiyonlu Destek Vektör Makinesi (SVM), Lojistik Regresyon (LR) ve eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) yer almaktadır. MÖ yöntemleri, geleneksel istatistiksel regresyon ve nomogramlara kıyasla hastalıkları tahmin etmede üstün doğruluk göstermiştir. XGBoost modeli ilgili hastalığı doğru sınıflandırma performansı 0.995 olarak hesaplamıştır. Bu gelişmeler, hastalarda varikosel derecelerinin klinik olarak otomatik tahmini için potansiyel göstermektedir. Çalışmanın amacı, MÖ modellerini kullanarak varikosel hastalığı için olası risk faktörlerini tahmin etmek ve bu modellerin sınıflandırma performanslarını karşılaştırmaktır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan veri seti, açık erişim olarak https://www.kaggle.com/datasets/suraj520/varicocele-symptoms-dataset adresinden elde edilmiştir. Varikosel semptomlarının varlığına bağlı olarak, 217 erkek hastadan oluşan açık erişimli veri setinden iki grup belirlenmiştir. Varikoseli olmayan 190 hasta (%87,6) ve varikoseli olan 27 hasta (%12,4). Her katılımcı için değerlendirilen değişkenler şunlardır: yaş, ağrı seviyesi (0'ın ağrı olmadığını ve 10'un şiddetli ağrıyı gösterdiği standartlaştırılmış 0-10 ölçeğinde kendi kendine bildirilen), testis boyutu (ml) (mililitre cinsinden tahmini testis hacmi), damar çapı (mm) (skrotal damarların milimetre cinsinden ölçülen çapı), damar sayısı (gözle

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

görülür şekilde genişlemiş skrotal damarların sayısı), vücut kitle indeksi (VKİ) (kilonun boyun karesine bölünmesiyle hesaplanmıştır), hareketsiz kalınan saatler (ortalama Varikosel, çoğunlukla ağrı yoğunluğu ve damar çapı kriterlerine dayalı ikili bir kategorizasyon (1 = var, 0 = yok) olarak tanımlanmıştır. Mann-Whitney U testi sonucundan elde edilen etki büyüklüğü kullanılarak bir post-hoc güç analizi yapılmıştır (Cohen's d = 0.71). İstatistiksel güç 190 hasta ve 27 sağlıklı bireyden oluşan bir örneklemde $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde 0.93 olarak belirlenmiştir. Bu skor, gruplar arasında gerçek farklılıkların tespit edilme olasılığının yüksek olduğunu göstermekte ve sonuçları istatistiksel olarak güvenilir kılmaktadır.

Naive Bayes (NB)

NB algoritması hasta verilerinin sınıflandırılması için de kullanılan bir MÖ modelidir. Örneğin, hastaların demografik bilgilerini, tıbbi geçmişini ve test sonuçlarını kullanarak, algoritma hangi hastaların belirli bir hastalığa yakalanma riskinin yüksek olduğunu belirlemede uzmanlara yardımcı olur (8).

Destek vektör makineleri (*DVM*)

DVM etkili bir veri sınıflandırma yöntemidir. Sınıflandırma ve regresyon hesaplarında çokça kullanılan DVM Vapnik tarafından geliştirilmiş bir tekniktir (9). Bir sınıflandırma işleminde genellikle test ve eğitim amacıyla veriler kullanılır. Eğitim verilerinden her biri bir hedef değeri (sınıf etiketi) ve birçok özellik (öznitelik) içerir. Destek vektör makinelerinin amacı, test edilecek veri setindeki örneklerin hedef değerini (sınıfını) tahmin edebilen bir model geliştirmektir.

Lojistik Regresyon (LR)

LR, özellikle birden fazla faktöre dayalı olarak bir durumun varlığını veya yokluğunu tahmin etmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Sağlık alanında kullanımı yaygındır. Yaş, cinsiyet ve tıbbi geçmişe dayalı olarak bir hastanın, hastalığa yakalanma riskini tahmin etmek için kullanılan MÖ yöntemlerindendir (10).

EXtreme Gradient Boosting (XGBoost)

XGBoost, regresyon ve sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan bir makine öğrenmesi tekniğidir. Bu yöntem, karar ağaçları gibi zayıf tahmin modellerini bir araya getirerek güçlü bir topluluk modeli oluşturur. Gradyan artırma prensibine dayanan XGBoost, her adımda hataları en aza indirerek modelin performansını kademeli olarak iyileştirir. Böylece, daha yüksek doğrulukta ve genelleme gücü yüksek tahminler elde edilir (11, 12).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tablo 1 ile çalışmada kullanılan tüm girdi (tahmin edici) ve çıktı (hedef) özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 1. Değişkenlere İlişkin Girdi Ve Çıktı Özellikleri

Değişkenlere	Tanımlayıcı	Tip	Rol
Yaş	Hastanın Yaşı	Nicel	Girdi
Ağrı Seviyesi	Hastalar tarafından bildirilen ve 0 ile 10 arasında bir ölçekm ile ölçülen ağrı, 0 ağrı yok ve 10 şiddetli ağrı	Nicel	Girdi
Testis Boyutu (ml)	Testislerin mililitre cinsinden tahmini büyüklüğü	Nicel	Girdi
Damar Çapı (mm)	The measured diameter of veins within the scrotum in millimeters	Nicel	Girdi
Damar sayısı	Skrotumdaki görünür damarların sayısı	Nicel	Girdi
Vücut Kitle İndeksi (VKİ)	Hastaların vücut kitle indeksi	Nicel	Girdi
Hareketsiz Saatler	Hastaların hareketsiz pozisyonda geçirdikleri saat sayısı	Nicel	Girdi
Sigara içme durumu	Hastaların sigara içme durumunu temsil eden ikili bir gösterge (evet/hayır) (1=Yanlış,2=Doğru)	Kategorik	Girdi
Varikosel	Ağrı seviyesi ve damar çapı eşiklerine dayalı olarak varikosel varlığını (1) veya yokluğunu (0) gösteren ikili etiket	Kategorik	Hedef

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

Bu çalışma, varikosel semptomlarının varlığını veya yokluğunu tahmin etmek için MÖ modellerinin karşılaştırılması incelenmiştir. Modeli test etmek için 5 kat çapraz doğrulama kullanılarak, veri kümes beş eşit parçaya bölündü. Her bölüm test için bir kez kullanılırken, diğer dört bölüm eğitim için kullanıldı. Bu, her gözlemin modeli, hem eğitmek hem de test etmek için kullanılması sağlandı. MÖ modellerinin ne kadar iyi tahmin edebildiğini görmek için modellere ilişkin metrikler kullanıldı bunlar; Doğruluk, Dengelenmiş Doğruluk, Hassasiyet, Özgüllük, Pozitif Tahmin Değeri (PPV), Negatif Tahmin Değeri (NPV) ve F1-Skoru yer almaktadır. Bu ölçümler, modellerin varikosel semptomlarını doğru sınıflandırmada hangi MÖ modelinin etkili olduğunun göstermiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, ağrı düzeyi ($p<0.001$, ES=0.719), damar çapı ($p<0.001$, ES=0.303) ve hastanın hareketsiz saat değişkeni ($p=0.048$, ES=0.271) varikosel grubu açısından anlamlı olarak daha yüksektir. Bu değişkenlerde orta düzeyde etki büyüklüğü gözlendi. Sigara

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

kullanımı (p=0.153) dahil diğer değişkenlerde ise gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0.05).

Çizelge 2. Faktörlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	**Varikosel**				
	Hayır		**Evet**	**p-value**	**ES**
	Ortalama±Std		Ortalama±Std		
Yaş	34±8		33±9	0.986**	0.002
Ağrı Seviyesi	4.6±2.5		6.8±1.4	<0.001**	0.719
Testis Boyutu (ml)	14±3		15±3	0.152**	0.194
Damar Çapı (mm)	2.46±0.59		3.61±0.47	<0.001*	0.303
Damar sayısı	5±1		4±1	0.594**	0.069
Vücut Kitle İndeksi (VKİ)	25.05±2.78		24.57±3.32	0.413*	0.003
Hareketsiz Saatler	3.95±1.96		4.63±1.8	0.048**	0.271
Değişken	**Kategoriler**	**N(%)**	**N(%)**	**p-value**	
Sigara	Evet	129(90.2)	14(9.8)	0.153***	
	Hayır	61(82.4	13(7.6)		

*: Independent Samples Test, **: Mann-Whitney U Test, ***: Continuity Correction test, ES: Effect Size

Varikosel tahmini için model performans metrikleri çizelge 3 ile sunulmuştur. NB modeli doğruluk ve F1-skoru sırasıyla (%95.4) ve (0.974) yüksek sınıflandırma performansına sahip olmasına rağmen düşük duyarlılık (0.74) değerine sahiptir. DVM modeli, hem doğruluk (%96.3) hem de özgüllük (0.99) açısından güçlü performans göstermiş, sınıfları ayırma açısında güçlüdür. LR duyarlılık açısından diğer modellere göre daha zayıftır. XGBoost modeli ise tüm metriklerde (Doğruluk %99.5, F1=0.981, Duyarlılık=0.96, Özgüllük=1.0) en yüksek performansa ulaşarak varikosel sınıflandırmasında en uygun yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 3. Varikosel tahmini için modellerin performans ölçümlerinin sonuçları

Model	**NB**	**DVM**	**LR**	**XGBoost**
Doğruluk	0.954 (0.926- 0.982)	0.963 (0.938 -0.988)	0.949 (0.92 -0.978)	0.995 (0.986- 1)
Dengelenmiş Doğruluk	0.862 (0.817- 0.908)	0.884 (0.841 -0.926)	0.987 (0.832- 0.92)	0.981 (0.964- 0.999)
F1-Score	0.974 (0.953 -0.995)	0.84 (0.96 -0.998)	0.792 (0.949 -0.993)	0.981 (0.991- 1)
Duyarlılık	0.741 (0.955 -0.997)	0.778 (0.962 -0.999)	0.778 (0.94 -0.991)	0.963 (0.981 -1)
Özgüllük	0.984 (0.537- 0.889)	0.989 (0.577 -0.914)	0.974 (0.577 -0.914)	100 (0.81- 0.999)
Youden indeksi	0.725 (0.492- 0.886)	0.767 (0.54 -0.913)	0.751 (0.517- 0.905)	0.963 (0.791- 0.999)
PPV	0.964 (0.927- 0.985)	0.969 (0.934 -0.989)	0.969 (0.933 -0.988)	0.995 (0.971 -1)
NPV	0.87	0.913	0.808	100

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

	(0.664- 0.972)	(0.72 -0.989)	(0.606 -0.934)	(0.868 -1)

XGBoost : eXtreme Gradient Boosting, NB:Naive Bayes,LR: Lojistik Regresyon, DVM: Destek Vektör Makinesi, PPV: Positive Predictive Value; NPV: Negative Predictive Value

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, varikosel semptomlarının varlığını tahmin etmeye yönelik olarak farklı MÖ) modellerinin karşılaştırmalı performansı değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları, modellerin doğruluk, duyarlılık, özgüllük ve F1-skoru gibi ölçütler açısından değişken düzeylerde başarı gösterdiği hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, özellikle XGBoost modeli tüm metriklerde en yüksek performansı sergileyerek (Doğruluk %99.5, F1=0.981, Duyarlılık=0.96, Özgüllük=1.0), varikosel sınıflandırmasında en etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, NB modeli yüksek doğruluk oranına rağmen düşük duyarlılık nedeniyle semptom varlığını tanımlamada sınırlı kalmıştır. DVM modeli özgüllük açısından güçlü sonuçlar verirken, LR modeli diğerlerine göre daha zayıf bir ayrım gücü göstermiştir. Sonuçlar incelendiğinde, karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerin bulunduğu klinik veri kümelerinde ağaç tabanlı modellerin daha avantajlı olabileceğini göstermektedir.

Faktörlere ilişkin tanımlayıcı analizler ise ağrı düzeyi, damar çapı ve hareketsiz saat değişkenlerinin varikosel varlığıyla anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu; sigara kullanımı ve diğer değişkenlerde ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. İlgili değişkenlerin etki büyüklükleri incelendiğinde, ağrı düzeyinin yüksek (ES=0.719), damar çapının orta (ES=0.303), hareketsiz saatlerin ise düşük-orta düzeyde (ES=0.271) etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmüştür. Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, modelleme sürecinde XGBoost'un klinik karar destek sistemlerinde kullanılabilir nitelikte güçlü bir tahminleme aracı sundu, ayrıca varikosel semptomlarının belirlenmesinde fiziksel faktörlerin (örneğin damar çapı ve ağrı düzeyi) önemli belirleyiciler olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Chiba K, Fujisawa M. Clinical outcomes of varicocele repair in infertile men: a review. The world journal of men's health. 2016;34(2):101.
2. Lomboy JR, Coward RM, editors. The varicocele: clinical presentation, evaluation, and surgical management. Seminars in interventional radiology; 2016: Thieme Medical Publishers.
3. Cannarella R, Shah R, Hamoda TA-AA-M, Boitrelle F, Saleh R, Gul M, et al. Does varicocele repair improve conventional semen parameters? A meta-analytic study of before-after data. The World Journal of Men's Health. 2023;42(1):92.
4. Minhas S, Bettocchi C, Boeri L, Capogrosso P, Carvalho J, Cilesiz NC, et al. European association of urology guidelines on male sexual and reproductive health: 2021 update on male infertility. European urology. 2021;80(5):603-20.
5. Schlegel PN, Sigman M, Collura B, De Jonge CJ, Eisenberg ML, Lamb DJ, et al. Diagnosis and treatment of infertility in men: AUA/ASRM guideline part I. The Journal of urology. 2021;205(1):36-43.
6. Dang LE, Hubbard A, Dissak-Delon FN, Mefire AC, Juillard C. Right population, right resources, right algorithm: Using machine learning efficiently and effectively in surgical systems where data are a limited resource. Surgery. 2021;170(1):325-8.
7. Cilia ND, Paoli D, Salerno VM, Lombardo F, Pallotti F. Machine learning applications in the diagnostic work-up of varicocele. Biomedical Signal Processing and Control. 2026;111:108375.
8. Jackins V, Vimal S, Kaliappan M, Lee MY. AI-based smart prediction of clinical disease using random forest classifier and Naive Bayes. The Journal of Supercomputing. 2021;77(5):5198-219.
9. Vapnik VN. The nature of statistical learning. (No Title). 1998.
10. Çolak C. Lojistik regresyon analizi ve sağlık bilimlerinde bir uygulama: Yüksek Lisans Tezi, Ġnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya; 2001.
11. Akbulut S, Yagin FH, Colak C. Prediction of breast cancer distant metastasis by artificial intelligence methods from an epidemiological perspective. Istanbul Medical Journal. 2022.
12. Dikker J. Master thesis Boosted tree learning for balanced item recommendation in online retail. 2017.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SAĞLIK ALANINDA KULLANILAN REGRESYON YAKLAŞIMLARI

Öğr. Gör. Abdulvahap PINAR
Adıyaman Üniversitesi
apinar@adiyaman.edu.tr - 0000-0002-3662-2579

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Hilal YAĞIN
Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Canada Lakehead Üniversitesi
hilal.yagin@gmail.com, 0000-0002-9848-7958

ÖZET

Sağlık alanında regresyon analizi, hastalık teşhisi, risk faktörlerinin belirlenmesi, tedavi sonuçlarının tahmini ve epidemiyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan güçlü bir istatistiksel yöntemdir. Bu çalışma, sağlık bilimlerinde uygulanan çeşitli regresyon yaklaşımlarını kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Lineer regresyon, lojistik regresyon, Cox regresyon, Poisson regresyon ve Ridge-Lasso gibi düzenlenmiş regresyon yöntemlerinin teorik temelleri, uygulama alanları, avantajları ve sınırlılıkları detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmada, her bir regresyon yönteminin hangi klinik senaryolarda tercih edilmesi gerektiği, model performansının nasıl değerlendirileceği ve sonuçların yorumlanmasında dikkat edilmesi gereken noktalar tartışılmıştır. Sonuç olarak, doğru regresyon yönteminin seçilmesi ve uygun şekilde uygulanması, sağlık alanında kanıta dayalı karar verme süreçlerinin güçlendirilmesinde kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Regresyon analizi, sağlık bilimleri, lojistik regresyon, Cox regresyon, prediktif modelleme, klinik araştırmalar

1. GİRİŞ

Sağlık bilimlerinde veri analizi, hastalıkların anlaşılması, risk faktörlerinin belirlenmesi, tedavi protokollerinin geliştirilmesi ve sağlık politikalarının oluşturulması açısından hayati önem taşımaktadır. Günümüzde elektronik sağlık kayıtlarının yaygınlaşması, tıbbi görüntüleme teknolojilerinin gelişmesi ve genetik veri setlerinin büyümesiyle birlikte, sağlık alanında üretilen veri miktarı üstel bir artış göstermiştir. Bu devasa veri kaynaklarından anlamlı bilgiler çıkarabilmek ve klinik karar verme süreçlerini desteklemek için gelişmiş istatistiksel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (1, 2).

Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak modelleyen ve bu ilişkiyi kullanarak tahminler yapan istatistiksel bir tekniktir (3). Sağlık araştırmalarında regresyon yöntemleri, hasta sonuçlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, hastalık riskinin tahmin edilmesi, tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi ve prognostik modellerin oluşturulması gibi çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin, kardiyovasküler hastalık riskinin yaş, cinsiyet, kolesterol düzeyi ve kan basıncı gibi faktörlere dayalı olarak tahmin edilmesi, diyabet komplikasyonlarının gelişme olasılığının modellenmesi veya kanser hastalarının sağkalım sürelerinin analiz edilmesi gibi kritik klinik sorular regresyon yöntemleriyle yanıtlanabilmektedir (4, 5).

Sağlık verilerinin karmaşık yapısı, farklı veri tiplerinin varlığı ve spesifik araştırma sorularının çeşitliliği, tek bir regresyon yaklaşımının tüm durumlar için uygun olmadığını göstermektedir. Sürekli bir çıktı değişkenini tahmin etmek için lineer regresyon yeterli olabilirken, ikili sonuçlar (hastalık var/yok) için lojistik regresyon, sağkalım analizlerinde Cox regresyon, sayma verileri için Poisson regresyon daha uygun tercihlerdir. Ayrıca, yüksek boyutlu verilerle çalışırken Ridge, Lasso ve Elastic Net gibi düzenlenmiş regresyon yöntemleri önem kazanmaktadır (6). Bu nedenle, araştırmacıların veri tipini, araştırma sorusunu ve model varsayımlarını dikkate alarak en uygun regresyon yaklaşımını seçmeleri kritik önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sağlık alanında yaygın olarak kullanılan regresyon yaklaşımlarını sistematik bir şekilde incelemek, her bir yöntemin teorik temellerini açıklamak, uygulama alanlarını örneklerle göstermek ve avantaj-dezavantajlarını karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktır. Çalışma, sağlık araştırmacılarına, klinisyenlere ve biyoistatistikçilere regresyon yöntemlerinin doğru seçimi ve yorumlanması konusunda kapsamlı bir kaynak sunmayı hedeflemektedir.

2. LİNEER REGRESYON VE SAĞLIK UYGULAMALARI

Lineer regresyon, istatistiksel modellemenin en temel ve yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, sürekli bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki lineer ilişkiyi modellemek için kullanılır. Basit lineer regresyonda tek bir bağımsız değişken bulunurken, çoklu lineer regresyonda birden fazla açıklayıcı değişken modele dahil edilir (7).

Sağlık alanında lineer regresyon, vücut kitle indeksinin (VKİ) metabolik parametreler üzerindeki etkisinin incelenmesi, yaşın laboratuvar değerleri üzerine etkisinin modellenmesi, ilaç dozajının kan konsantrasyonuna etkisinin tahmin edilmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, kan basıncı seviyelerinin yaş, kilo, fiziksel aktivite düzeyi ve tuz

tüketimi gibi faktörlere bağlı olarak nasıl değiştiğini anlamak için çoklu lineer regresyon modelleri kurulabilir. Benzer şekilde, kemik mineral yoğunluğunun yaş, cinsiyet, kalsiyum alımı ve D vitamini düzeyleriyle ilişkisinin araştırılmasında da bu yöntem etkin bir şekilde kullanılmaktadır (8).

Lineer regresyon modelinin geçerliliği için bazı temel varsayımların sağlanması gerekmektedir. Bunlar arasında bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında lineer ilişkinin varlığı, hata terimlerinin normal dağılıma sahip olması, sabit varyans (homoskedastisite), bağımsız gözlemler ve çoklu bağlantı (multicollinearity) probleminin olmaması yer almaktadır. Sağlık verilerinde bu varsayımların ihlali sık karşılaşılan bir durumdur; örneğin, laboratuvar değerlerinin genellikle normal dağılım göstermemesi veya tekrarlı ölçümlerin bağımsızlık varsayımını ihlal etmesi gibi. Bu durumlarda veri dönüşümleri (logaritmik, karekök), robust regresyon teknikleri veya genelleştirilmiş lineer modeller (GLM) kullanılabilir (9).

Lineer regresyon sonuçlarının yorumlanmasında regresyon katsayıları kritik rol oynar. Her bir katsayı, ilgili bağımsız değişkendeki bir birimlik artışın, diğer değişkenler sabit tutulduğunda, bağımlı değişkende kaç birimlik değişime yol açacağını gösterir. Modelin genel uygunluğu R^2 (determinasyon katsayısı) ile değerlendirilirken, her bir bağımsız değişkenin istatistiksel anlamlılığı t-testi veya F-testi ile test edilir. Sağlık araştırmalarında, istatistiksel anlamlılığın yanı sıra klinik anlamlılık da dikkate alınmalı ve etki büyüklükleri yorumlanmalıdır (10).

3. LOJİSTİK REGRESYON VE HASTALIK RİSK TAHMİNİ

Lojistik regresyon, bağımlı değişkenin kategorik (özellikle ikili) olduğu durumlarda kullanılan bir regresyon türüdür. Bu yöntem, belirli bir olayın gerçekleşme olasılığını bağımsız değişkenlere dayalı olarak tahmin etmek için kullanılır ve sağlık alanında en sık kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir. İkili lojistik regresyon iki kategorili (örneğin, hastalık var/yok, iyileşme var/yok, mortalite var/yok) sonuçlar için kullanılırken, multinomial lojistik regresyon üç veya daha fazla kategoriye sahip sonuçlar için tercih edilir.

Lojistik regresyonun temel matematiksel yapısı, sonuç değişkeninin logaritmik odds'unun (log-odds veya logit) bağımsız değişkenlerin lineer kombinasyonu olarak modellenmesine dayanır. Bu yaklaşım, olasılıkların 0 ile 1 arasında kalmasını garanti ederken, bağımsız değişkenlerin sınırsız değerler alabilmesine izin verir. Model katsayıları maksimum likelihood (en çok olabilirlik) yöntemiyle tahmin edilir ve odds oranları (OR) şeklinde yorumlanır. Bir odds oranı 1'den büyükse, ilgili risk faktörünün varlığı hastalık riskini artırmakta; 1'den küçükse azaltmakta; 1'e eşitse ise etkisi olmadığını göstermektedir (11).

Sağlık alanında lojistik regresyon, hastalık risk faktörlerinin belirlenmesi, teşhis modellerinin oluşturulması ve tedavi başarısının tahmin edilmesi gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Örneğin, kardiyovasküler hastalık gelişme riskinin yaş, cinsiyet, sigara kullanımı, hipertansiyon, diyabet, kolesterol düzeyleri ve aile öyküsüne dayalı olarak modellenmesi klasik bir lojistik regresyon uygulamasıdır (12). Framingham Risk Skoru gibi yaygın kullanılan klinik risk skorları temelde lojistik regresyon modellerine dayanmaktadır. Benzer şekilde, belirli bir kanserin lenf nodu metastazı yapma olasılığının tümör boyutu, grade, histolojik tip gibi faktörlerle tahmin edilmesi, sepsis gelişme riskinin laboratuvar parametreleri ve vital bulgulara

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

göre hesaplanması veya ameliyat sonrası komplikasyon riskinin preoperatif faktörlere dayalı olarak belirlenmesi lojistik regresyonun tipik uygulama alanlarıdır (13).
Lojistik regresyon modellerinin performansı çeşitli metriklerle değerlendirilir. Model uyumu Hosmer-Lemeshow testi ile test edilirken, ayırt edici güç (discrimination) ROC eğrisi altında kalan alan (AUC) ile ölçülür. AUC değeri 0,5 ile 1,0 arasında değişir; 0,7-0,8 arası kabul edilebilir, 0,8-0,9 arası iyi, 0,9'un üzeri mükemmel ayırt edici güç olarak değerlendirilir. Duyarlılık (sensitivity), özgüllük (specificity), pozitif prediktif değer (PPV) ve negatif prediktif değer (NPV) de modelin klinik performansını değerlendirmede kullanılan önemli metriklerdir (14). Sağlık uygulamalarında, modelin sadece istatistiksel performansı değil, aynı zamanda klinik kullanılabilirliği, maliyet-etkinliği ve hasta sonuçları üzerindeki etkisi de değerlendirilmelidir.

4. SAĞKALIM ANALİZİNDE COX REGRESYON MODELİ

Cox orantılı hazard regresyonu (Cox proportional hazards model), zaman-olay verilerinin analizinde kullanılan en yaygın istatistiksel yöntemdir. Bu model, belirli bir olayın (ölüm, hastalık nüksü, komplikasyon gelişimi vb.) gerçekleşme zamanını etkileyen faktörleri analiz etmek için tasarlanmıştır. Cox regresyonun en önemli özelliği, sansürlenmiş verileri (censored data) uygun şekilde ele alabilmesidir. Sağlık araştırmalarında, çalışma süresi boyunca tüm hastalar için ilgili olay gerçekleşmeyebilir (örneğin, hasta hala hayatta olabilir veya takip dışı kalabilir); Cox regresyon bu tür verileri analiz edebilme kapasitesine sahiptir (15).
Cox modelinin temel varsayımı, orantılı hazard varsayımıdır (proportional hazards assumption). Bu varsayım, risk faktörlerinin hazard oranları üzerindeki etkisinin zaman içinde sabit kaldığını öngörür. Başka bir deyişle, bir risk faktörünün varlığının hastalık veya ölüm riskini artıran etkisi, takip süresinin başından sonuna kadar aynı oranda devam eder. Bu varsayımın geçerliliği Schoenfeld artıkları testi ve grafiksel yöntemlerle kontrol edilmelidir. Eğer orantılı hazard varsayımı ihlal ediliyorsa, zaman-bağımlı kovaryatlar içeren genişletilmiş Cox modelleri veya parametrik sağkalım modelleri kullanılabilir (15).
Onkolojide Cox regresyon, kanser hastalarının sağkalım sürelerini etkileyen prognostik faktörlerin belirlenmesinde altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir. Örneğin, meme kanseri hastalarında tümör boyutu, lenf nodu tutulumu, hormon reseptör durumu, HER2 ekspresyonu, grade ve yaşın genel sağkalım ve hastalıksız sağkalım üzerindeki etkileri Cox regresyon ile analiz edilir. Kardiyolojide, akut miyokard enfarktüsü sonrası mortaliteyi etkileyen faktörlerin (ejeksiyon fraksiyonu, troponin düzeyleri, komorbidite sayısı, revaskülarizasyon zamanı) belirlenmesi; nefrolojide, kronik böbrek hastalığı olan hastaların diyaliz ihtiyacına kadar geçen süreyi etkileyen değişkenlerin modellenmesi; transplantasyon tıbbında, greft sağkalımını etkileyen donör ve alıcı özelliklerinin incelenmesi Cox regresyonun tipik uygulama alanlarıdır (16).
Cox regresyon sonuçları hazard oranı (HR) olarak rapor edilir. Hazard oranı, belirli bir risk faktörünün varlığının, referans gruba kıyasla olay riskini kaç kat artırdığını veya azalttığını gösterir. HR=1 etkisizliği, HR>1 artan riski, HR<1 ise azalan riski ifade eder. Örneğin, HR=2,5 olan bir risk faktörü, bu faktöre sahip bireylerde olayın gerçekleşme hızının 2,5 kat daha yüksek olduğunu gösterir. Kaplan-Meier sağkalım eğrileri ile birlikte sunulan Cox regresyon sonuçları,

hem görsel hem de sayısal olarak sağkalım üzerindeki etkilerin anlaşılmasını kolaylaştırır. Multivariate Cox regresyon analizleri, diğer prognostik faktörler kontrol edildikten sonra her bir değişkenin bağımsız etkisinin ortaya konulmasını sağlar (15).

5. POİSSON REGRESYON VE SAYMA VERİLERİNİN ANALİZİ

Poisson regresyon, bağımlı değişkenin sayma verisi (count data) olduğu durumlarda kullanılan bir genelleştirilmiş lineer model türüdür. Sağlık araştırmalarında, belirli bir zaman diliminde gerçekleşen olay sayıları (örneğin, hastane yatışları, acil servis başvuruları, düşme olayları, epileptik nöbetler, enfeksiyon sayısı) sıklıkla analiz edilmesi gereken veri tipleridir. Bu tür veriler negatif olmayan tam sayılar olduğundan ve genellikle sağa çarpık bir dağılım gösterdiğinden, klasik lineer regresyon yöntemleri uygun değildir (17).

Poisson regresyonun temel varsayımı, bağımlı değişkenin Poisson dağılımını takip etmesi ve ortalama ile varyansın eşit olmasıdır (equidispersion). Ancak sağlık verilerinde, varyansın ortalamadan büyük olduğu aşırı yayılım (overdispersion) durumu sık karşılaşılır. Aşırı yayılım varlığında Poisson regresyon standart hataları olduğundan küçük tahmin eder ve yanlış pozitif sonuçlara yol açabilir. Bu durumda negatif binomial regresyon, quasi-Poisson regresyon veya sıfır-şişirilmiş modeller (zero-inflated models) tercih edilmelidir. Aşırı yayılım, yayılım parametresinin (dispersion parameter) hesaplanması veya likelihood ratio testleri ile değerlendirilebilir (18).

Epidemiyolojide Poisson regresyon, hastalık insidans oranlarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılır. Örneğin, farklı yaş gruplarında veya farklı coğrafi bölgelerde kanser insidans oranlarının karşılaştırılması, hava kirliliği düzeylerinin solunum yolu hastalığı başvuru sayıları üzerindeki etkisinin incelenmesi, farklı hastanelerde hastane kökenli enfeksiyon oranlarının risk faktörlerine göre analiz edilmesi Poisson regresyonun tipik uygulamalarıdır. Ayrıca, kronik hastalığı olan hastaların hastane yatış sayılarının demografik ve klinik özelliklere göre modellenmesi, yaşlı bireylerde düşme sıklığının risk faktörleriyle ilişkisinin araştırılması, epilepsi hastalarında nöbet sıklığının ilaç tedavisi ve diğer değişkenlere bağlı olarak tahmin edilmesi de bu yöntemle gerçekleştirilebilir (19).

Poisson regresyonun önemli bir avantajı, maruz kalma süresi (exposure time) veya popülasyon büyüklüğü gibi offset değişkenlerinin modele dahil edilebilmesidir. Bu özellik, farklı gözlem sürelerine sahip veya farklı büyüklükteki popülasyonlardan gelen verilerin karşılaştırılmasını mümkün kılar. Örneğin, hastane enfeksiyon oranlarını karşılaştırırken, her hastanın hastanede kalma süresinin farklı olması nedeniyle, toplam yatış günü offset değişken olarak modele eklenir. Böylece, 1000 hasta-gün başına düşen enfeksiyon oranları gibi standardize edilmiş ölçümler elde edilir. Poisson regresyon sonuçları, insidans oranı oranı (incidence rate ratio, IRR) olarak yorumlanır ve yorumlama mantığı lojistik regresyondaki odds oranlarına benzerdir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

6. DÜZENLENMİŞ REGRESYON YÖNTEMLERİ: RIDGE, LASSO VE ELASTIC NET

Modern sağlık araştırmalarında, özellikle genomik, proteomik ve radyomik çalışmalarda, değişken sayısının (p) gözlem sayısından (n) çok daha fazla olduğu yüksek boyutlu veri setleriyle sıklıkla karşılaşılmaktadır. Klasik regresyon yöntemleri bu tür "p >> n" durumlarında başarısız olur veya aşırı uyum (overfitting) problemi yaşar. Düzenlenmiş regresyon yöntemleri (regularized regression), model katsayılarına ceza terimi ekleyerek hem aşırı uyumu önler hem de değişken seçimi yaparak daha basit ve yorumlanabilir modeller oluşturur (20).

Ridge regresyon (L2 regularization), regresyon katsayılarının karelerinin toplamını minimize ederek çalışır. Bu yöntem, katsayıları sıfıra yaklaştırır ancak tam olarak sıfıra eşitlemez, dolayısıyla tüm değişkenler modelde kalır. Ridge regresyon özellikle çoklu bağlantı (multicollinearity) probleminin şiddetli olduğu durumlarda etkilidir. Sağlık verilerinde, birbirleriyle yüksek korelasyona sahip değişkenler (örneğin, farklı inflamasyon belirteçleri veya benzer metabolik parametreler) sıklıkla bulunur ve Ridge regresyon bu durumda model kararlılığını artırır (21-23).

Lasso regresyon (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, L1 regularization) ise katsayıların mutlak değerlerinin toplamını cezalandırır ve bazı katsayıları tam olarak sıfıra eşitleyerek otomatik değişken seçimi yapar. Bu özellik, Lasso'yu yüksek boyutlu verilerde özellikle değerli kılar. Genomik çalışmalarda binlerce gen ifadesi değişkeni arasından hastalıkla ilişkili olanların belirlenmesi, radyomik analizlerde yüzlerce görüntü özelliği arasından prognostik değeri yüksek olanların seçilmesi veya metabolomik çalışmalarda binlerce metabolit arasından biyobelirteç adaylarının tanımlanması Lasso regresyonun tipik kullanım alanlarıdır (24).

Elastic Net regresyon, Ridge ve Lasso'nun avantajlarını birleştiren hibrit bir yaklaşımdır. Hem L1 hem de L2 ceza terimlerini içerir ve iki cezalandırma yöntemi arasındaki dengeyi bir hiperparametre ile kontrol eder (25). Elastic Net, birbirleriyle yüksek korelasyona sahip değişken grupları söz konusu olduğunda Lasso'dan daha iyi performans gösterir çünkü Lasso bu tür gruplardan sadece birini seçme eğilimindeyken, Elastic Net grubun tamamını veya hiçbirini seçebilir. Poligenetic risk skorlarının oluşturulması, çoklu biyobelirteç panellerinin geliştirilmesi ve entegre multi-omik analizlerde Elastic Net sıklıkla tercih edilir (26, 27).

Bu düzenlenmiş regresyon yöntemlerinde kritik bir adım, düzenleme parametresinin (λ veya alpha) optimal değerinin belirlenmesidir. Bu, genellikle çapraz doğrulama (cross-validation) yöntemiyle gerçekleştirilir. Veri seti eğitim ve test setlerine ayrılır; eğitim seti üzerinde farklı λ değerleriyle modeller kurulur ve test seti üzerinde performansları değerlendirilir. Minimum tahmin hatasını veren λ değeri seçilir. Sağlık araştırmalarında, model performansı sadece tahmin doğruluğuyla değil, klinik yorumlanabilirlik, tekrarlanabilirlik ve bağımsız kohortlarda validasyon başarısı ile de değerlendirilmelidir (28, 29).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Regresyon analizi, sağlık bilimlerinde hastalık risk faktörlerinin belirlenmesinden tedavi sonuçlarının tahmin edilmesine, prognostik modellerin oluşturulmasından biyobelirteç keşfine kadar geniş bir yelpazede kullanılan vazgeçilmez bir istatistiksel araçtır. Bu çalışmada incelenen farklı regresyon yaklaşımları, sağlık verilerinin çeşitli yapılarına ve araştırma sorularının farklı gereksinimlerine yanıt verebilmek için geliştirilmiştir. Lineer regresyon sürekli sonuçların modellenmesinde, lojistik regresyon kategorik sonuçların tahmininde, Cox regresyon sağkalım analizlerinde, Poisson regresyon sayma verilerinin değerlendirilmesinde ve düzenlenmiş regresyon yöntemleri yüksek boyutlu verilerin analizinde etkin çözümler sunmaktadır.

Sağlık araştırmacılarının doğru regresyon yöntemini seçebilmeleri için öncelikle araştırma sorusunu net bir şekilde tanımlamaları, bağımlı değişkenin tipini ve dağılımını belirlemeleri, bağımsız değişkenlerin sayısını ve aralarındaki ilişkileri değerlendirmeleri gerekmektedir. Her regresyon yönteminin temel varsayımları dikkatlice kontrol edilmeli, varsayımların ihlali durumunda alternatif yaklaşımlar veya model modifikasyonları düşünülmelidir. Model geliştirme sürecinde aşırı uyumdan kaçınmak için çapraz doğrulama ve bağımsız doğrulama kohortları kullanılması kritik önem taşımaktadır. Özellikle klinik karar destek sistemlerinde kullanılacak prediktif modellerin, sadece istatistiksel performanslarının değil, klinik kullanılabilirliklerinin, maliyet-etkinliklerinin ve hasta sonuçları üzerindeki etkilerinin de prospektif çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde makine öğrenmesi yöntemlerinin sağlık alanında artan popülaritesine rağmen, regresyon analizinin yorumlanabilirlik, teorik sağlamlık ve klinik kabul edilebilirlik açısından önemli avantajları bulunmaktadır. Regresyon katsayıları ve odds/hazard oranları, klinisyenler için anlaşılması ve uygulanması görece kolay metriklerdir. Ayrıca, istatistiksel anlamlılık testleri ve güven aralıkları, sonuçların belirsizliğinin değerlendirilmesine olanak tanır. Gelecekte, klasik regresyon yöntemleri ile modern makine öğrenmesi tekniklerinin avantajlarını birleştiren hibrit yaklaşımların geliştirilmesi, sağlık alanında daha güçlü ve yorumlanabilir prediktif modellerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, regresyon analizi sağlık araştırmalarında kanıta dayalı tıbbın temel taşlarından biri olmaya devam etmektedir. Araştırmacıların bu yöntemleri doğru şekilde uygulaması, model varsayımlarını titizlikle kontrol etmesi ve sonuçları klinik bağlam içinde yorumlaması gereklidir. Bu yaklaşım, hem bilimsel geçerliliği artırır hem de elde edilen bulguların klinisyenler tarafından güvenle kullanılmasını sağlar.

8. KAYNAKLAR

1. Robertson AJ, Mallett AJ, Stark Z, Sullivan C. It is in our DNA: Bringing electronic health records and genomic data together for precision medicine. JMIR Bioinformatics and Biotechnology. 2024;5:e55632.
2. Goyal P, Malviya R. RETRACTED: Challenges and opportunities of big data analytics in healthcare. Health Care Science. 2023;2(5):328-38.
3. Lee SW. Regression analysis for continuous independent variables in medical research: statistical standard and guideline of Life Cycle Committee. Life cycle. 2022;2.
4. Shipe ME, Deppen SA, Farjah F, Grogan EL. Developing prediction models for clinical use using logistic regression: an overview. Journal of thoracic disease. 2019;11(Suppl 4):S574.
5. Sofogianni A, Stalikas N, Antza C, Tziomalos K. Cardiovascular risk prediction models and scores in the era of personalized medicine. Journal of Personalized Medicine. 2022;12(7):1180.
6. Friedrich S, Groll A, Ickstadt K, Kneib T, Pauly M, Rahnenführer J, et al. Regularization approaches in clinical biostatistics: A review of methods and their applications. Statistical Methods in Medical Research. 2023;32(2):425-40.
7. Schober P, Vetter TR. Confounding in observational research. Anesthesia & Analgesia. 2020;130(3):635.
8. Kol BA. Fenilketonürili Hastalarda Diyete Uyum ile Plazma Aminoasit ve Vitamin Düzeylerinin Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi: Dokuz Eylul Universitesi (Turkey); 2023.
9. Jarantow SW, Pisors ED, Chiu ML. Introduction to the use of linear and nonlinear regression analysis in quantitative biological assays. Current Protocols. 2023;3(6):e801.
10. Roustaei N. Application and interpretation of linear-regression analysis. Medical Hypothesis, Discovery and Innovation in Ophthalmology. 2024;13(3):151.
11. Çokluk Ö. Lojistik regresyon analizi: Kavram ve uygulama. Kuram ve uygulamada eğitim bilimleri. 2010;10(3):1357-407.
12. Karaj A. Kardiyovasküler Hastaliklarinin Teşhisine Yönelik Makine Ögrenmesi Algoritmalari İLe Bir Karar Destek Sistemi Tasarimi: Marmara Universitesi (Turkey); 2023.

13. Dağıstan A, Gözüm S. Birinci basamak sağlık hizmetlerinde kardiyovasküler hastalık riskinin belirlenmesi ve yönetimi. TAF Preventive Medicine Bulletin. 2016;15(6):575-82.
14. Vickers AJ, Elkin EB. Decision curve analysis: a novel method for evaluating prediction models. Medical Decision Making. 2006;26(6):565-74.
15. Gilan Vb. Orantısal Olmayan Hazard Varlığında Tabakalı Cox Regresyon İle Fraılty Modellerinin Karşılaştırılması.
16. In J, Lee DK. Survival analysis: part II-applied clinical data analysis. Korean J Anesthesiol. 2019;72(5):441-57.
17. Loomis D, Richardson DB, Elliott L. Poisson regression analysis of ungrouped data. Occupational and environmental medicine. 2005;62(5):325-9.
18. Green JA. Too many zeros and/or highly skewed? A tutorial on modelling health behaviour as count data with Poisson and negative binomial regression. Health Psychology and Behavioral Medicine. 2021;9(1):436-55.
19. Frome EL, Checkoway H. Use of Poisson regression models in estimating incidence rates and ratios. American journal of epidemiology. 1985;121(2):309-23.
20. Obi JC, Jecinta IC. A review of techniques for regularization. International Journal of Research in Engineering and Science. 2023;11(1):360-7.
21. Taavoni M, Arashi M, Manda S. Multicollinearity and linear predictor link function problems in regression modelling of longitudinal data. Mathematics. 2023;11(3):530.
22. Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. Linear methods for regression. The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction: Springer; 2008. p. 43-99.
23. Khan NM, Baldi I, Chiaruttini MV, Gregori D. Generalized Linear Models in Infectious Disease Analysis and Surveillance: Methods for Independent Data. Classical and Bayesian Statistical Approaches in Infectious Disease Data Analysis: Springer; 2025. p. 33-64.
24. Vergili M, Orhan H. Genomik Veri Setlerinin LASSO ve Elastik Net Regresyon Yöntemleri ile Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 2022;13(3):485-96.
25. Genç M. Bir Simülasyon Çalışması ile Cezalı Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2022;9(1):80-91.
26. Zou H, Hastie T. Regularization and variable selection via the elastic net. Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology. 2005;67(2):301-20.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

27. Li S, Łabaj PP, Zumbo P, Sykacek P, Shi W, Shi L, et al. Detecting and correcting systematic variation in large-scale RNA sequencing data. Nature biotechnology. 2014;32(9):888-95.

28. Friedman JH, Hastie T, Tibshirani R. Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent. Journal of statistical software. 2010;33:1-22.

29. Simon N, Friedman JH, Hastie T, Tibshirani R. Regularization paths for Cox's proportional hazards model via coordinate descent. Journal of statistical software. 2011;39:1-13.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

NÖTRİNO DÜNYASINI AYDINLATMAK: ALGILAMA YÖNTEMLERİ, DENEYLER VE GELECEĞE BAKIŞ

Dr. MUSTAFA KANDEMIR
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
mustafa.kandemir@erdogan.edu.tr - 0000-0002-3642-9699

ÖZET

Nötrinolar, son derece hafif ve zayıf etkileşen parçacıklar olup, parçacık fiziği ve kozmolojideki birçok açık sorunun anahtarını oluştururlar. Nötrinoların algılanması, Çerenkov ve sintilasyon ışığı gibi teknikler kullanılarak gerçekleştirilen büyük ve yüksek duyarlılıklı dedektörleri gerektirir. Bu sunumda, nötrinoların nasıl algılandığı, temel algılama teknikleri ve dedektör türleri, güncel deneylerin ölçeği ve maliyetleri ile gelecekteki olası uygulama alanları ele alınacaktır. Ayrıca, dünya genelindeki çalışmalara paralel olarak Türkiye'de yürütülen nötrino araştırmalarına da değinilecektir.

Anahtar Kelimeler : Nötrino Dedeksiyonu, Nötrino Deneyleri, Türkiye'de Nötrino Araştırmaları, Çerenkov Işığı, Sintilasyon Dedektörleri

ILLUMINATING THE NEUTRINO WORLD: DETECTION METHODS, EXPERIMENTS, AND FUTURE DIRECTIONS

Dr. MUSTAFA KANDEMIR
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
mustafa.kandemir@erdogan.edu.tr - 0000-0002-3642-9699

SUMMARY

Neutrinos are extremely light and weakly interacting particles that hold the key to many open questions in particle physics and cosmology. Detecting them requires large and highly sensitive detectors using techniques such as Cherenkov and scintillation light detection. This presentation will describe how neutrinos are detected, the main detection techniques and detector types, the scale and cost of current experiments, and their potential future applications. It will also highlight global efforts and ongoing neutrino research activities in Türkiye.

Keywords : Neutrino Detection, Neutrino Experiments, Neutrino Research in Türkiye, Cherenkov Light, Scintillation Detectors

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

İÇECEK SEKTÖRÜNDE BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÜRETİM PLANLAMA

ŞEYDA KARAHAN ORAK
Yıldız Teknik Üniversitesi
seydakrhn@gmail.com - https://orcid.org/0009-0006-7954-516X

Prof. Dr. SELÇUK ALP
Yıldız Teknik Üniversitesi
alp@yildiz.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-6545-4287

ÖZET

Bu araştırmada, Türkiye faaliyet gösteren çok ürünlü bir içecek fabrikası için bulanık hedef programlama tabanlı bir bütünleşik üretim planlama modeli kurulmuş ve çözümlenmiştir. Model üç temel hedefi optimize etmeyi hedeflemektedir: (i) üretimi ve nakliye maliyetlerinin azaltmak(ii),toplam satışları artırmak ,(iii) fazla mesai miktarını azaltmak. Çalışmada bir ana fabrika ve üç farklı depolama alanı bulunmakta olup toplamda 177 ürünün 7 aylık periyot için üretim planlaması yapılmıştır. Belirsizlik durumlarında bir veya daha fazla hedefin optimize edilmesi amaçlanan doğrusal programlama problemlerinin çözümü için Zimmerman tarafından geliştirilen bulanık optimizasyon tekniği kullanılarak genel memnuniyet seviyesi hesaplanmış ve üç hedef aynı anda optimize edilmiştir.

Çalışma dört ana çerçeveden oluşmaktadır. İlk aşamada, modelde minimum maliyet hesaplaması yapılmaktadır. İkinci aşamada, aynı koşulları korurken satış maksimizasyon modelini kullanarak ulaşılabilecek en yüksek satış seviyesi belirlenmiştir. Üçüncü aşamada, maliyet minimizasyonu ve satış maksimizasyonunu hedefleyen koşullar altında fazla çalışma saatlerinin minimize edilmesi hedeflenmiştir. Son aşamada, bu üç referans çözüm kullanılmış ve maliyet, satış ve fazla mesai için doğrusal üyelik fonksiyonları belirlenmiştir.

Zimmermann tipi tek λ bulanık hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Model tarafından önerilen çözümün genel memnuniyet düzeyi Zimmerman bulanık çözüm tekniği kullanılarak elde edilmiş ve sonucunda maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Zimmerman çözümü sonucunda λ=0,8513 memnuniyet seviyesi elde edilmiştir.

Modelin çözümlenmesi sonucunda toplam satış miktarı yaklaşık olarak $3{,}54\,x\,10^{7}$ birim olarak hesaplanırken toplam mesai süresi ise yaklaşık olarak 290,9 saat olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, modelin maliyet, satış ve mesai hedeflerinin altında dengeli ve karar verici açısından uygulanabilir bir uzlaşık çözüm önerdiği görünmektedir. Böylece üretim planlamada belirsizliğin karar vericiler tarafından ideal noktada yönetimi desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Bulanık hedef programlama, bütünleşik üretim planlama, Zimmermann yaklaşımı, içecek sektörü, çok amaçlı optimizasyon.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PRODUCTION PLANNING FOR THE BEVERAGE SECTOR UNDER UNCERTAINTY: A FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH

ABSTRACT

This study develops and solves an integrated aggregate production planning model based on fuzzy goal programming for a multi-product beverage plant operating in Turkey. The model concurrently optimizes three strategic objectives: (i) minimizing total production and transportation costs, (ii) maximizing overall sales volume, and (iii) reducing overtime usage. The production network comprises one main factory and three storage facilities, and production plans are generated for 177 products over a seven-month planning horizon. To handle the inherent uncertainty in managerial targets and system conditions, Zimmermann's fuzzy optimization framework is employed, enabling the simultaneous treatment of multiple goals through an overall satisfaction measure.

The solution procedure follows four stages. First, a cost-minimization model is solved to obtain the minimum feasible cost while ensuring a baseline sales requirement. Second, under identical constraints, a sales-maximization model determines the highest attainable sales level. Third, given the cost and sales reference solutions, total overtime hours are minimized. Finally, linear membership functions for cost, sales, and overtime are constructed from these reference values, and a Zimmermann-type single-λ fuzzy goal programming model is formulated and solved by maximizing the overall satisfaction degree.

Computational results indicate total sales of approximately 3.54×10^7 units and total overtime of about 290.9 hours, yielding an overall satisfaction level of $\lambda = 0.8513$. The findings show that the proposed approach produces a balanced and operationally implementable compromise among cost, sales, and overtime goals, thereby strengthening decision making under uncertainty in aggregate production planning.

Keywords: Fuzzy goal programming, aggregate production planning, Zimmermann's approach, beverage industry,multi-objective optimization.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ÇOKLU PARABOLİK KUANTUM BARIYER YAPILARINDA REZONANS TÜNELLEME: YÜKSEK HIZLI CİHAZ TASARIMI İÇİN TRANSFER MATRİSİ YAKLAŞIMI

Prof. Dr. Mehmet BATI
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
mehmet.bati@erdogan.edu.tr-0000-0003-2304-4869

Abdurrahman UKAN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
abdurrahman_ukan24@erdogan.edu.tr-0009-0003-7839-1216

Aslı HATİPOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
asli_hatipoglu24@erdogan.edu.tr-0009-0007-8298-6473

ÖZET

Rezonans tünelleme yapıları, alan etkili transistörler, kuantum kuyusu lazerler ve terahertz dedektörleri gibi uygulamaları ile yüksek hızlı elektronik ve optoelektronik cihazlar için kritik bir temel oluşturur. Çift bariyerli rezonans tünelleme diyotları iyi araştırılmış olsa da, daha karmaşık çoklu kuantum bariyer sistemlerinin, özellikle parabolik potansiyel geometrileri içerenlerin potansiyeli büyük ölçüde keşfedilmemiştir. Bu çalışma, hem dikdörtgen hem de çoklu parabolik kuantum bariyer yapılarında elektron iletimi ve rezonans tenelleme özelliklerinin kapsamlı bir kuantum mekanik analizini gerçekleştirerek bu konudaki eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır. İletim olasılığı ve rezonans enerji seviyeleri, sayısal tekniklerle birleştirilen transfer matrisi yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Farklı bariyer geometrilerinin etkilerine ilişkin karşılaştırmalı araştırma, sistem performansını optimize etmek için gerekli parametreleri belirlemektedir. Bu çoklu kuantum bariyer sistemlerindeki rezonans tünelleme mekanizmalarını karakterize ederek, bu araştırma yeni nesil yüksek hızlı, yüksek verimli elektronik ve optoelektronik cihazlar için gerekli temel tasarım ilkelerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rezonant Tünelleme (RT), Çoklu Parabolik Kuantum Bariyerleri, Transfer Matrisi Yöntemi (TMM), İletim Olasılığı.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

RESONANT TUNNELING IN MULTI-PARABOLIC QUANTUM BARRIER STRUCTURES: A TRANSFER MATRIX APPROACH TO HIGH-SPEED DEVİCE DESİGN

Prof. Dr. Mehmet BATI
Recep Tayyip Erdoğan University,
mehmet.bati@erdogan.edu.tr-0000-0003-2304-4869

Abdurrahman UKAN
Recep Tayyip Erdoğan University,
abdurrahman_ukan24@erdogan.edu.tr-0009-0003-7839-1216

Aslı HATİPOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan University,
asli_hatipoglu24@erdogan.edu.tr-0009-0007-8298-6473

ABSTRACT

Resonant tunneling structures form a critical foundation for high-speed electronic and optoelectronic devices, with applications spanning field-effect transistors, quantum well lasers, and terahertz detectors. While double-barrier resonant tunneling diodes are well-studied, the potential of more complex multi-quantum barrier systems especially those incorporating parabolic potential geometries remains largely unexploited. This work aims to address this knowledge gap by performing a comprehensive quantum mechanical analysis of electron transmission and resonance phenomena in both rectangular and multi-parabolic quantum barrier structures. Transmission probability and resonance energy levels are calculated using the Transfer Matrix Method coupled with numerical techniques. The comparative investigation into the effects of different barrier geometries have determined the necessary parameters to optimize system performance. By characterizing the resonance tunneling mechanisms in these multi quantum barrier systems, this research contributes to the fundamental design principles required for a new generation of high-speed, high-efficiency electronic and optoelectronic devices.

Keywords: Resonant Tunneling (RT), Multi Parabolic Quantum Barriers, Transfer Matrix Method (TMM), Transmission Probability.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BULAŞIK MAKİNESİ SUMP BÖLGESİ FİLTRELERİNDE MALZEME DEĞİŞİMİNİN YIKAMA PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Effects of Material Change in Dishwasher Sump Region Filters on Washing Performance

E&P Kıdemli Test Uzmanı, Onur TURHAN

RENTA ELEKTRİKLİ EV ALETLERİ SAN.VE DIŞ.TİC.LTD.ŞTİ
Washing R&D Center
onur.turhan@haier-europe.com - 0000-0002-6664-3389

Özet

Bu çalışma, bulaşık makinelerinde yıkama performansını artırmak amacıyla sump bölgesindeki filtre malzemesinin ve tasarımının iyileştirilmesini ele almaktadır. Nanometre ölçekli yeni filtre malzemeleri kullanılarak geliştirilen prototipler, EN 60436 standardına göre mevcut sistemle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, yeni filtrelerin partikül tutma verimliliğini artırdığını, püskürtücü kollara daha temiz su ilettiğini ve yıkama performansını geliştirdiğini göstermiştir. Ayrıca nozul tıkanma eğilimi azalmış ve sistemin uzun süreli kararlılığı artmıştır. Bu yaklaşım, filtre tasarımlarının geliştirilmesi için önemli bir referans sunmakta olup tasarım için patent başvurusu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulaşık Makinesi, Yıkama Performansı, Filtre Entegrasyonu

Abstract

This study focuses on improving dishwasher washing performance by enhancing the filter material and design in the sump region. Prototypes produced with nanometer-scale filter materials were tested according to the EN 60436 standard and compared with the existing system. The results showed that the new filters captured particles more effectively, delivered cleaner water to the spray arms, and improved overall washing performance. Additionally, nozzle blockage was reduced and long-term system stability increased. This approach provides a valuable reference for future filter developments, and a patent application has been submitted for the proposed design.

Keywords: Dishwasher, Washing Performance, Filter Integration

1. Giriş

Ev tipi bulaşık makineleri, modern yaşam standartlarının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiş olup, küresel beyaz eşya pazarında hem kullanım kolaylığı hem de kaynak verimliliği açısından kritik bir role sahiptir. Günümüzde çevre bilincinin artması ve Avrupa Birliği Eko-Tasarım yönergelerinin sıkılaşması, üreticileri sadece enerji ve su tüketimini azaltmaya değil, aynı zamanda yıkama performansını optimum seviyede tutacak yenilikçi tasarımlar geliştirmeye zorlamaktadır [1]. Bu bağlamda, bulaşık makinelerinin sürdürülebilirliği, sadece harcanan elektrik miktarı ile değil, aynı zamanda suyun makine içerisindeki döngüsel verimliliği ve temizleme etkinliği ile doğrudan ilişkilidir [2].

Bir bulaşık makinesinin temizleme performansı; mekanik etki, kimyasal aktivite (deterjan), sıcaklık ve zaman parametrelerinin bileşimi olarak tanımlanan Sinner Çemberi prensibine dayanır. Bu parametreler arasında mekanik etki, sirkülasyon pompası tarafından basınçlandırılan suyun püskürtme kolları (nozullar) aracılığıyla bulaşıklara iletilmesiyle sağlanır. Ancak, bu hidrolik döngünün kararlılığı, sistemde dolaşan suyun kirlilik yükünden arındırılma başarısına sıkı sıkıya bağlıdır. Yıkama sürecinde gıda artıkları ve katı partiküller, makinenin alt kısmında bulunan "sump" (su haznesi) bölgesine taşınır. Bu bölgedeki filtreleme sistemi, sirkülasyon suyunun kalitesini belirleyen en kritik bileşendir [3].

Sump bölgesinde yer alan filtrelerin temel görevi, sirkülasyon suyunu katı partiküllerden ayrıştırarak pompanın ve püskürtme nozullarının tıkanmasını önlemek, aynı zamanda kirlerin temizlenmiş bulaşık yüzeylerine tekrar yapışmasının önüne geçmektir. Yetersiz filtrasyon veya filtre yüzeyinde oluşan tıkanmalar, hidrolik basınç kayıplarına yol açarak yıkama performansını düşürmekte ve hijyen riskleri oluşturmaktadır [4]. Mevcut literatürde filtrelerin geometrik yapısı üzerine çalışmalar bulunsa da, filtre malzemesinin yüzey özellikleri ve gözenek yapısındaki değişikliklerin, partikül tutma kapasitesi ve uzun süreli akış performansı üzerindeki etkileri yeterince irdelenmemiştir [5].

Özellikle standart polimer yapılar yerine farklı malzeme ve gözenek açıklığına sahip filtrelerin kullanılması, hidrofobik/hidrofilik etkileşimleri değiştirerek kirin filtre yüzeyinden daha kolay uzaklaştırılmasını sağlayabilir. Bu çalışmanın amacı, bulaşık makinesi sump bölgesinde kullanılan filtre malzemesindeki değişimin ve gözenek yapısındaki iyileştirmelerin yıkama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemektir. Çalışma kapsamında geliştirilen yeni filtre prototipleri, EN 60436 standartlarına uygun kirlilik yükleri altında test edilmiş ve mevcut sistemlerle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında, bulaşık makinesinin sump (su haznesi) bölgesinde kullanılan mevcut filtre malzemesinin performansı değerlendirilmiş ve farklı nanometre boyutlarına sahip alternatif filtre malzemeleriyle yeni prototipler geliştirilmiştir. Sump filtresi, yıkama döngüsü sırasında su içerisindeki partiküllerin tutulması ve püskürtücü kollara iletilen suyun temizliğinin korunması açısından kritik bir bileşendir. Mevcut filtre yapısının özellikle ince partikülleri tutmakta yetersiz kalabilmesi, uzun süreli kullanımda nozullarda tıkanma ve performans düşüşü gibi problemlere yol açabilmektedir. Bu nedenle çalışmanın temel odağı, hem filtrasyon verimliliğini artıran hem de akış kararlılığını koruyan yeni bir filtre yapısının oluşturulmasıdır.

Prototip filtrelerin performansı, EN 60436 standardına uygun test protokolü kapsamında değerlendirilmiştir. Deneylerde, referans olarak mevcut sump filtresi kullanılmış ve yeni filtre prototipleri ile karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Testlerde porselen, bardak ve çatal-bıçak takımı olmak üzere üç farklı standart yük kombinasyonu kullanılmıştır. Yıkama sonrası numunelerde kir çıkarma performansı incelenmiştir. Ayrıca püskürtücü kollar üzerinde tıkanma gözlemleri yapılmış ve her döngü sonunda filtre malzemesi üzerinde biriken partiküller analiz edilmiştir.

Tüm deneyler sabit çevresel koşullar altında yürütülmüştür (25 ± 2 °C ortam sıcaklığı, %50 ± 5 bağıl nem). Testlerde kullanılan su, EN 60436 standardına uygun olacak şekilde 22.1 °fH su sertliğine ayarlanmıştır. Yıkama performansı, sayısal değerler ile desteklenmiştir.

Elde edilen deneysel veriler, yeni nanometre ölçekli filtre malzemelerinin daha yüksek partikül tutma verimi sağladığını ve püskürtme nozullarındaki tıkanma eğilimini azalttığını göstermiştir. Yöntemsel yaklaşım hem filtrasyon etkinliğini artıran hem de sürdürülebilir yıkama performansını destekleyen tasarımların geliştirilmesine olanak sunmuştur.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3. Bulgular ve Tartışma

Yıkama Performansı					
Porselen	Bardak	Çatal-Bıçak Takımı	Temizlik Puanı	Temizlik Performansı	Durum
3,96	3,20	4,76	4,08	1,139	Mevcut
3,84	3,46	4,81	4,81	1,116	Mevcut
4,11	3,66	4,91	4,25	1,197	Prototip
3,60	3,34	4,89	4,01	1,189	Prototip

Tablo 1: Yıkama Performans Tablosu

Geliştirilen prototip filtre tasarımının ve malzeme değişiminin yıkama performansı üzerindeki etkileri; yıkama performansları, hidrolik kararlılık ve nozul tıkanma analizleri üzerinden değerlendirilmiştir.

EN 60436 standardına uygun olarak gerçekleştirilen yıkama testlerinde elde edilen yıkama performans verileri Tablo 1'de sunulmuştur. Referans (Mevcut) ve prototip tasarımlar arasında yapılan karşılaştırmalı analizde, her iki tasarım için de doğrulama testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde, mevcut tasarımın ortalama temizlik skoru 1,127 seviyesindeyken, yeni malzeme ve gözenek yapısına sahip prototip tasarımda bu değerin 1,193 seviyesine yükseldiği görülmektedir. Bu artış, yıkama performansında %5,85 oranında ölçülebilir bir iyileşmeye işaret etmektedir.

Test süreci boyunca yapılan manometrik ölçümler, prototip tasarımın sistem basıncında herhangi bir düşüşe neden olmadığını, aksine nozulların açık kalması sayesinde hidrolik basıncın döngü boyunca stabil seyrettiğini göstermiştir. Bu durum, suyun bulaşık yüzeyine çarpma mekaniğinin tüm yıkama süresi boyunca maksimum seviyede kalmasını sağlamıştır. Sonuçlar, sump bölgesindeki filtre malzemesi değişiminin ve gözenek optimizasyonunun, sadece hijyenik bir iyileştirme değil, aynı zamanda hidrolik verimliliği doğrudan artıran bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır. Prototip tasarım, uzun süreli kullanım testlerinde de performans kararlılığını koruyarak, endüstriyel uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyel göstermiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

4. Sonuç

Bu çalışmada, bulaşık makinelerinin sump bölgesinde kullanılan filtre malzemesinin ve gözenek yapısının yıkama performansı üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Geliştirilen prototiplerin EN 60436 standardına uygun test sonuçları, referans sisteme kıyasla belirgin bir iyileşme ortaya koymuştur. Mevcut tasarımda 1,127 olan yıkama performansı, yeni filtre yapısı ile 1,193 seviyesine yükselerek %5,85 oranında somut bir performans artışı sağlanmıştır.

Yapılan analizler, bu artışın temel nedeninin filtre malzemesinin partikül tutma kabiliyetindeki iyileşme olduğunu göstermektedir. Optimize edilen gözenek yapısı, su içindeki partikülleri daha etkin tutarak püskürtücü nozullara iletilen suyun temizliğini artırmış ve tıkanma eğilimini minimize etmiştir. Bu durum, hidrolik akışın ve sistem basıncının döngü boyunca kararlı kalmasını sağlayarak mekanik yıkama etkinliğini doğrudan desteklemiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile önerilen tasarım iyileştirmeleri, hem sistemin uzun süreli çalışma stabilitesine katkı sağlamakta hem de endüstriyel ölçekte uygulanabilir bir potansiyel sunmaktadır. Elde edilen bulgular, bulaşık makinelerinde filtre malzemesi seçiminin kritik bir tasarım parametresi olduğunu kanıtlamakta ve gelecekteki malzeme optimizasyonu çalışmalarına önemli bir referans oluşturmaktadır.

İlgili tasarım için Temmuz 2025 tarihinde patent başvurusu yapılmış olup, çözümün fikri mülkiyet koruması altına alınması hedeflenmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Kaynaklar

[1] Tecchio, P., Ardente, F., & Mathieux, F. (2019). Analysis of the durability and reparability of dishwashers: A case study for the development of EU eco-design regulations. Resources, Conservation and Recycling, 143, 237-248.

[2] Oberascher, C., Stamminger, R., & Pakula, C. (2011). Energy efficiency in daily food preparation and dishwashing. International Journal of Consumer Studies, 35(2), 201-211.

[3] Perez-Mohedano, R., Letchford, K., & Bakalis, S. (2017). Positron Emission Particle Tracking (PEPT) for the analysis of water motion in a domestic dishwasher. Chemical Engineering Science, 172, 1-11.

[4] Bengtsson, L., & Berghel, J. (2016). Dishwasher particle handling optimization and hydraulic efficiency. Journal of Applied Fluid Mechanics, 9(4), 1821-1829.

[5] Rivoire, B., & Higuera, A. (2016). Hygiene performance of dishwashers: A review of methods and factors. Tenside Surfactants Detergents, 53(4), 366-374.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FARKLI AKIM YOĞUNLUKLARINDA ELEKTROKİMYASAL OLARAK ÇİNKO VE NİKEL KAPLANMIŞ OLAN ÇELİĞİN KLORÜR İÇEREN ÇÖZELTİLERDE KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Behçet Kağan BÖLÜK

Kocaeli Üniversitesi,
behcet.b@outlook.com - 0009-0007-9866-6298

Prof. Dr. Sibel Zor

Kocaeli Üniversitesi,
merve@kocaeli.edu.tr - 0000-0003-3789-6579

ÖZET

Bu çalışmada, karbon çeliği yüzeyi, 1A/dm², 2A/dm², 3A/dm², 4A/dm² ve 5A/dm² sabit akım yoğunluklarında hem çinko hem de nikel kaplama çözeltileri ile elektrolitik olarak kaplanmıştır ve kaplama işlemi 30 dakika sürmüştür. Çinko ve nikel kaplı karbon çeliğinin %3,5 NaCl çözeltisindeki korozyon direnci, Tafel polarizasyon ölçümleri ile belirlenmiştir. Tafel polarizasyon sonuçlarına göre, korozyon akım yoğunluğundaki azalma, 5A/dm² kaplamaların (hem çinko hem de nikel) metal yüzeyini daha etkili bir şekilde kapladığını göstermektedir. Buna bağlı olarak, 5A/dm² sabit akımda çinko ve nikel ile kaplanan çelik yüzeylerde, 0, 4, 24, 48 ve 120 saat sonunda zamanla meydana gelen değişiklikler, SEM görüntüleri ve EDS analizleri ile incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, kaplama akım yoğunluğu arttıkça yüzeyde daha yoğun ve kaplayıcı çinko ve nikel kaplamaların oluştuğunu ve bu korumanın 240 saat sonunda bile devam ettiğini göstermektedir. Bu kaplamaların, klorür gibi korozif ortamlarda koruma amaçlı kullanılabileceği önerilmektedir. Bu çalışma, alaşımlı sistemlerden farklı olarak, saf çinko ve nikel kaplamaların korozyon direncini artırmak için uyarlanmasına dair bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: çinko kaplama, nikel kaplama, elektrokaplama, korozyon direnci, karbon çelik, akım yoğunluğu

1. GİRİŞ ve KURAMSAL ÇERÇEVE

Çelik, otomotiv, inşaat, madencilik, denizcilik, uzay, boru hatları ve ev aletleri gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan temel bir malzemedir. En sık kullanılan çelik türü, %1,4'e kadar karbon içeren karbon çelikleridir. Düşük maliyetli olmaları nedeniyle tercih edilseler de, çevresel korozyona karşı dirençleri düşüktür, bu da madde kayıplarına ve ekonomik zararlara yol açar. Korozyon, tanklar, boru hatları, gemiler, betonarme çubuklar ve arıtma tesisleri gibi metalik yapıların tasarım ömrünü kısaltır. Bu nedenle, karbon çeliklerini korozyondan korumak için çeşitli yöntemler geliştirilmektedir (Zhang, 1996; Jones, 1996). Çinko kaplamalar, anodik özellikleriyle çeliği korozyona karşı korur; çinko korozyona uğrayarak alttaki çeliği fedakâr bir mekanizmayla korur (Zhang, 1996; Jones, 1996). Bu özellik, galvanizli çatılardan otomotiv bağlantı elemanlarına ve denizcilik ekipmanlarına kadar çeliğin ömrünü uzatır (Brenner, 1963; Lin, 2006:99-104). Özellikle klorür iyonlarının yoğun olduğu sert deniz ortamlarında çinko, çeliği korozyondan etkili bir şekilde korur (Jones, 1996). Nikel kaplamalar ise bariyer tipi koruma sağlar. Nikel, NiO veya $Ni(OH)_2$ gibi pasif bir tabaka oluşturarak klorür iyonlarının çeliğe ulaşmasını engeller. Bu, nikel kaplamaları kimyasal tesisler ve denizcilik gibi yüksek korozyon riski taşıyan alanlarda değerli kılar (Maniam, 2021:163-189). Elektrokaplama, özellikle karmaşık şekilli yapılar için çinko ve nikel kaplamaları uygulamanın pratik bir yoludur (El Fazazi, 2021:58). Darbeli akımın, tane yapısını incelterek kaplama dayanıklılığını artırdığı gösterilmiştir (Kanani, 2006; Ramesh Bapu, 1998:48-51; Gomes, 2006:1342-1350).

Bu çalışmanın amacı, yüksek karbonlu çelik üzerine elektrokaplama yöntemiyle uygulanan saf çinko ve nikel kaplamaların, %3,5 NaCl içeren klorür açısından zengin bir ortamda korozyon direncini artırma potansiyelini araştırmaktır. Farklı akım yoğunluklarının (1-5 A/dm^2) kaplama mikroyapısı ve korozyon koruması üzerindeki etkileri, Tafel polarizasyon ölçümleri, SEM ve EDS analizleriyle değerlendirilmiştir. Araştırma, optimize edilmiş kaplamaların denizcilik, kıyı inşaatı ve petrol-gaz endüstrisi gibi kritik sektörlerdeki kullanım potansiyelini ortaya koyarak, akım yoğunluğunun korozyon korumasına etkisini analiz eder (Bhat, 2021:8188-8195; Jiang, 2022:1455-1467).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

ArcelorMittal tarafından Fransa'da üretilen yüksek karbonlu çelik substratlar üzerine, elektrokaplama yöntemiyle çinko ve nikel kaplamalar uygulanmıştır. Çelik kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir. Sulu sülfat elektrolit çözeltileri kullanılmış olup, çinko kaplama banyosu 150 g/L $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 20 g/L Na_2SO_4, 20 g/L H_3BO_3 ve 0.5 g/L SDS; nikel kaplama banyosu ise 150 g/L $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 20 g/L Na_2SO_4, 20 g/L H_3BO_3 ve 0.5 g/L SDS içermektedir. Çelik numuneler, 1 cm çaplı dairesel açık alana sahip silindirik çubuklar ve 1 cm × 1 cm × 3 mm kare örnekler olarak hazırlanmış, SiC zımparalarla

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

(180–1200 kum) taşlanıp, 6 µm keçe ile parlatılmış, H_2SO_4 ile 40 saniye aşındırılıp durulanmıştır. Elektrokaplama, oda sıcaklığında, 400 mL beherde, 2 cm elektrot mesafesiyle, silindir çubuk için 1, 2, 3, 4 ve 5 A/dm² (Nikel kaplama için sadece 1, 3, ve 5 A/dm2) akım yoğunluklarında, kare örneklerde 1 ve 5 A/dm2 30 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. Korozyon davranışı, %3,5 NaCl çözeltisinde CHI 608E potansiyostat ile Ag/AgCl referans elektrotu, platin karşı elektrot ve kaplanmış çelik çalışma elektrotu kullanılarak incelenmiştir. Açık devre potansiyeli çelik çözeltiye daldırıldıktan 30 dakika sonra ölçülmüş, Tafel polarizasyonu -1,5 V ile -0,5 V arasında 1 mV/s hızında yapılmış, i_corr ekstrapole edilmiştir. Kaplamasız ve çinko kaplamalı (1 ve 5 A/dm²) çeliklerin %3,5 NaCl çözeltisindeki yüzey morfolojisi 0, 4, 24, 48 ve 240 saatlik maruziyette, Zeiss Gemini Sigma 300 SEM ve EDS ile 20 kV'de, 1x–5x büyütmelerde analiz edilmiştir.

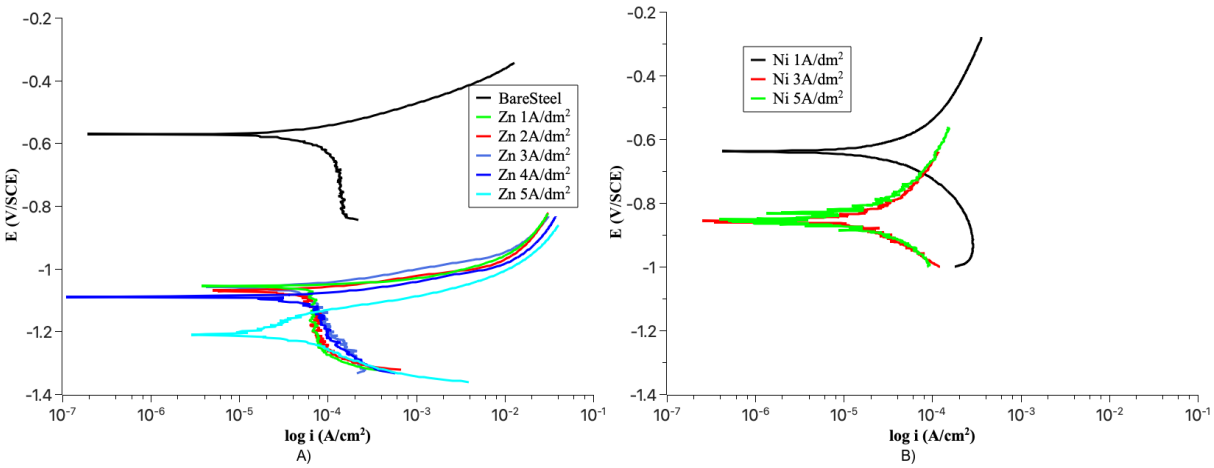
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kaplamasız yüksek karbonlu çelik, Ag/AgCl referans elektroduna karşı -0,59 V açık devre potansiyeli (OCP) sergilemiştir. Çinko kaplamalı numuneler, 1–5 A/dm² akım yoğunluklarında -1,07 V ile -1,08 V arasında OCP değerleri göstermiştir (Zhang, 1996; Jones, 1996; El Fazazi, 2021:58; Ramanauskas, 1997:16-21; Kwon, 2016:163-170). Nikel kaplamalı numuneler, 1–5 A/dm² akım yoğunluklarında -0,30 V ile -0,40 V arasında OCP değerleri göstermiştir. %3,5 NaCl çözeltisindeki Tafel polarizasyon ölçüm değerleri, Çizelge 2'de gösterilmiştir.

%3,5 NaCl çözeltisinde, çinko kaplamalı yüzeylerde zamana bağlı ölçümlerde Fe oranı artarken Zn oranı azalmıştır. Korozyon ürünleri ($Zn(OH)_2$ veya $ZnCl_2$) 24–48 saatte gözlenmiştir (Praveen, 2008:2418-2424; Fashu, 2014:34-41). Nikel kaplamalı yüzeylerde Ni oranı nispeten sabit kalırken Fe oranı daha yavaş artmıştır. SEM (Görsel 2) ve EDS (Çizelge 3) analizleri incelendiğinde, kaplamasız çelikte, klorür iyonlarının etkisiyle Fe^{2+} iyonları ve $Fe(OH)_2$ oluşumuyla çukur korozyonu başlamış, 240 saatte çukurlaşma ve oksit oluşumu artmıştır. Çinko kaplamalı numunelerde, heksagonal kristal yapısı 0 saatte belirginken, 24–48 saatte $Zn(OH)_2$ oluşumu gözlenmiştir; 240 saatte Zn oranı %55,7–%53,8'den %4,0'a düşerken Fe oranı %3,7–%3,6'dan %65,2'ye yükselmiştir. Nikel kaplamalarda, 1 A/dm²'de Ni oranı %88,2'den %86,9'a, 5 A/dm²'de %89,4'ten %79,1'e düşmüştür; Fe oranı sırasıyla %4,2'den %4,6'ya ve %2,2'den %4,1'e yükselmiştir. Oksijen oranı, 24 saatte 1 A/dm²'de %4,9, 5 A/dm²'de %11,8 olarak ölçülmüştür (Fratesi, 1997:1088-1094; Popoola, 2016:561-566; Çelik, 2022:3215-3228).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma, yüksek karbonlu çelik üzerine uygulanan saf çinko ve nikel kaplamaların %3,5 NaCl çözeltisindeki korozyon direncini incelemiştir. 5 A/dm² akım yoğunluğunda çinko kaplamalar, 10,8 µA/cm² i_corr, 6,32 mpy korozyon hızı ve 958,8 Ω polarizasyon direnciyle, 1 A/dm²'ye kıyasla üstün performans sergilemiştir. SEM ve EDS analizleri, 5 A/dm²'de 240 saat sonunda kalıcı Zn varlığı ve daha az Fe artışı göstererek, yüksek akım yoğunluğunun daha kalın ve yoğun kaplamalar oluşturduğunu ve klorür kaynaklı korozyona karşı etkin koruma sağladığını ortaya koymuştur (Vathsala, 2011:8929-8936; Byk, 2008:5817-5823; Praveen, 2008:2418-2424; Fashu, 2014:34-41). Bu, optimize edilmiş çinko kaplamaların korozyon direncini artıran homojen mikroyapılar oluşturduğunu ve anodik akım yoğunluğunu azaltarak metal çözünmesini sınırladığını gösterir (Kwon, 2016:163-170; Mosavat, 2012:81-87). Nikel kaplamalar, NiO veya $Ni(OH)_2$ pasif tabakası oluşturarak bariyer tipi koruma sağlamış; 5 A/dm²'de 1 A/dm²'ye göre daha az Ni kaybı (%89,4'ten %79,1'e) ve Fe artışı (%2,2'den %4,1'e) ile klorür ortamına karşı daha yüksek direnç göstermiştir (Fratesi, 1997:1088-1094; Popoola, 2016:561-566; Çelik, 2022:3215-3228). SEM ve EDS analizleri, nikel kaplamaların kompakt yapısının korozyon direncini artırdığını doğrulamıştır. Akım yoğunluğunun kaplama kalitesini optimize etmedeki rolü, denizcilik, petrol-gaz endüstrisi ve kimyasal tesisler gibi klorür açısından zengin ortamlarda kritik öneme sahiptir. Bu bulgular, saf çinko ve nikel kaplamaların korozyon korumasındaki etkinliğini ve akım yoğunluğunun stratejik ayarlamasının, özellikle kıyı altyapısı ve yüksek korozyon riski taşıyan uygulamalarda dayanıklılığı artırma potansiyelini vurgular (Bhat, 2021:8188-8195; Jiang, 2022:1455-1467).



Görsel 1. A) Kaplamasız ve çinko kaplamalı çelikler için tafel eğrileri B) Nikel kaplamalı çelik örnekleri için tafel eğrileri

Çizelge 1. Sorkun Köyü Kırmızı Kilinin Kimyasal Bileşimi (%)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

	C	Mn	Si	P	S
% Bileşim	0,83	0,50	0,19	0,013	0,006

Çizelge 2. i_corr değerleri

Örnek	i_corr (µA/cm²)	Ecorr	Korozyon Hızı (mpy)	Polarizasyon Direnci (Ω)
Kaplamasız çelik	105,0	-571 mV	61,32	361,8
1 A/dm² Çinko Kaplama	85,7	-1,06 V	50,00	141,8
2 A/dm² Çinko Kaplama	73,3	-1,07 V	42,81	161,7
3 A/dm² Çinko Kaplama	62,9	-1,07 V	36,71	254,0
4 A/dm² Çinko Kaplama	19,5	-1,09 V	11,35	431,4
5 A/dm² Çinko Kaplama	10,8	-1,21 V	6,325	958,8
1 A/dm² Nikel Kaplama	0,051	-0,64 V	0,014	882,3
3 A/dm² Nikel Kaplama	0,031	-0,86V	0,031	1.596
5 A/dm² Nikel Kaplama	0,012	-0,85 V	0,004	3.983

Çizelge 3. EDS Sonuçları

Örnek	Fe %Ağırlık					Zn/Ni %Ağırlık				
	0s	4s	24s	48s	240s	0s	4s	24s	48s	240s
Kaplamasız çelik	74,1	75,4	67,4	69,3	65,6	-	-	-	-	-
1 A/dm² Çinko Kaplama	3,7	24,3	4,4	24,3	65,2	55,7	38,2	53,9	35,5	4
5 A/dm² Çinko Kaplama	3,6	16,1	10,3	1,8	34,6	53	47,4	51,1	58,5	30,6
1 A/dm² Nikel Kaplama	4,0	4,2	3,3	4,9	4,6	90,1	88,2	77,8	80,5	86,9
5 A/dm² Nikel Kaplama	2,6	2,2	3,9	2,8	4,1	91,2	89,4	69,2	82,7	79,1

KAYNAKÇA

[1] Zhang, X.G., *Corrosion and Electrochemistry of Zinc*, Plenum Press, New York, 1996.

[2] Jones, D.A., *Principles and Prevention of Corrosion (2nd ed.)*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.

[3] Brenner, A., *Electrodeposition of Alloys*, Academic Press, New York, London, 1963.

[4] Lin, C.-C., Huang, C.-M., Zinc-nickel alloy coatings electrodeposited by pulse current and their corrosion behavior, Journal of Coatings Technology and Research, 3(2):99-104, 2006.

[5] Maniam, K.K., Paul, S., Corrosion performance of electrodeposited zinc and zinc-alloy coatings in marine environment, Corrosion and Materials Degradation, 2(2):163-189, 2021.

[6] El Fazazi, A., Ouakki, M., Cherkaoui, M., Electrochemical deposition and spectroscopy investigation of Zn coatings on steel, Journal of Bio- and Tribo-Corrosion, 7:58, 2021.

[7] Kanani, N., *Electroplating: Basic Principles, Processes and Practice*, Elsevier, Oxford, 2006.

[8] Ramesh Bapu, G.N.K., Devaraj, G., Ayyapparaj, J., Studies on non-cyanide alkaline zinc electrolytes, Journal of Solid State Electrochemistry, 3(1):48-51, 1998.

[9] Gomes, A., da Silva Pereira, M.I., Pulsed electrodeposition of Zn in the presence of surfactants, Electrochimica Acta, 51(7):1342-1350, 2006.

[10] Bhat, R.S., Shetty, S.M., Kumar, N.A., Electroplating of Zn-Ni alloy coating on mild steel and its electrochemical studies, Journal of Materials Engineering and Performance, 30(11):8188-8195, 2021.

[11] Jiang, C., Huang, H., Ji, Q., Li, J., Chen, B., He, Y., Guo, Z., Investigation of high current density on zinc electrodeposition and anodic corrosion in zinc electrowinning, Journal of Solid State Electrochemistry, 26(6-7):1455-1467, 2022.

[12] Ramanauskas, R., Quintana, P., Maldonado, L., Pomés, R., Pech-Canul, M.A., Corrosion resistance and microstructure of electrodeposited Zn and Zn alloy coatings, Surface and Coatings Technology, 92(1-2):16-21, 1997.

[13] Kwon, M., Jo, D.-H., Cho, S.H., Kim, H.T., Park, J.T., Park, J.M., Characterization of the influence of Ni content on the corrosion resistance of electrodeposited Zn–Ni alloy coatings, Surface and Coatings Technology, 288:163-170, 2016.

[14] Vathsala, K., Venkatesha, T.V., Zn–ZrO2 nanocomposite coatings: Electrodeposition and evaluation of corrosion resistance, Applied Surface Science, 257(21):8929-8936, 2011.

[15] Byk, T.V., Gaevskaya, T.V., Tsybulskaya, L.S., Effect of electrodeposition conditions on the composition, microstructure, and corrosion resistance of Zn–Ni alloy coatings, Surface and Coatings Technology, 202(24):5817-5823, 2008.

[16] Mosavat, S.H., Shariat, M.H., Bahrololoom, M.E., Study of corrosion performance of electrodeposited nanocrystalline Zn–Ni alloy coatings, Corrosion Science, 59:81-87, 2012.

[17] Praveen, B.M., Venkatesha, T.V., Electrodeposition and properties of Zn nanosized TiO2 composite coatings, Applied Surface Science, 254(8):2418-2424, 2008.

[18] Fashu, S., Gu, C.D., Wang, X.L., Tu, J.P., Influence of electrodeposition conditions on the microstructure and corrosion resistance of Zn–Ni alloy coatings from a deep eutectic solvent, Surface and Coatings Technology, 242:34-41, 2014.

[19] Fratesi, R., Roventi, G., Giuliani, G., Tomachuk, C.R., Zinc–cobalt alloy electrodeposition from chloride baths, Journal of Applied Electrochemistry, 27(9):1088-1094, 1997.

[20] Popoola, A.P.I., Aigbodion, V.S., Fayomi, O.S.I., Surface characterization, mechanical properties and corrosion behaviour of ternary based Zn-ZnO-SiO2 composite coating of mild steel, Journal of Alloys and Compounds, 654:561-566, 2016.

[21] Çelik, İ., Karakan, M., Bülbül, F., Efeoğlu, İ., Investigation of corrosion performance of pure zinc and zinc-iron galvanic coatings electroplated using potassium salt-based electrolyte, Metallurgical and Materials Transactions A, 53(9):3215-3228, 2022.

[22] Upadhyay, A., Kumar, P., Kumar, R., Effect of current density on the corrosion behavior of zinc coatings electrodeposited on mild steel in 3.5% NaCl solution, Materials Today: Proceedings, 57(Part 3):1234-1240, 2022.

[23] Lowenheim, F.A., Electroplating: Fundamentals of Surface Finishing, McGraw-Hill, New York, NY, 1978.

[24] Karimi Azar, M., Habibi-Khorassani, S.M., Shahraki, M., Arefi, H., Electrodeposition of zinc coatings from sulfate bath with brightener additives: Morphology and corrosion performance, Surface and Coatings Technology, 403:126376, 2020.

[25] Pop, M.A., Gătej, E., Badea, G.E., Comparative study of zinc coatings applied by electro-galvanizing, hot-dip galvanizing, and hot-dip with centrifugation on S235 steel, Coatings, 13(2):245, 2023.

[26] Sajjadnejad, M., Mozafari, A., Omidvar, H., Javanbakht, M., Preparation and corrosion resistance of pulse electrodeposited Zn and Zn–SiC nanocomposite coatings, Applied Surface Science, 300:1-7, 2014.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CHARGE ESTIMATION OF LITHIUM-ION AND SUPERCAPACITOR HYBRID BATTERY MODELS BASED ON K-NEAREST NEIGHBOUR ALGORITHM

MUHAMMED İKBAL KAKECİ
Gaziantep University, Optical Engineering
muhammedkakaji@gmail.com 0009-0000-4207-6597
Prof. Dr. MEHMET ALİ ÖZÇELİK
Gaziantep Islam, Science and Technology University,
Dept. Electrical and Electronics Engineering
mehmet.ozcelik@gibtu.edu.tr 0000-0003-0984-570

ABSTRACT

The Hybrid Energy Storage System (HESS) represents a significant advancement in energy storage technology, particularly within the context of electric vehicles. The system integrates batteries and supercapacitors, offering a combination that is regarded as one of the most crucial technologies in this domain. The primary advantage of HESS lies in its ability to provide high efficiency in terms of storage capacity and the immediate availability of power when needed. Estimating the state of charge (SOC) is of paramount importance, given its significant impact on enhancing the performance, efficiency, and safety of vehicles. However, is considerable challenge due to the variable charging and discharging currents present in both the battery and the supercapacitor. In response to this challenge, researchers have developed numerous methods to estimate SOC.

The present study proposes a novel approach to charge state estimation, underpinned by a sophisticated algorithm that aims to minimize complexity and enhance accuracy. The K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm is employed in this study due to its simplicity and interpretability, making it well-suited for prediction tasks in complex and non-linear systems, such as those found in battery and supercapacitor technologies. The experimental results for the battery demonstrated a Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.0022 and a Mean Absolute Error (MAE) of -0.0017. The supercapacitor also demonstrates robust performance. The MAE and RMSE was measured at -0.0014 and 0.0029. These finding suggests that the model predictions are consistent with the actual values. Thereby demonstrating the model's overall high performance.

Key words: Electric vehicle, hybrid energy storage systems(HESS), lithium-ion batteries, supercapacitors, state of charge (SOC). KNN neural network (KNN)

ÖZET

Hibrit Enerji Depolama Sistemi (HESS), özllikle elektrik araçlar bağlamında, enerji deplama teknolojisi alanında önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Sistem, pilleri ve süper kapasitörleri entegre ederek bu alandaki en önemli teknolojierden biri olarak kabul edilen bir kombinasyon sunmaktadır. HESSin temel avantajı depolama kapasitesi açısından yüksek vermilik sağlama ve ihtiyaç duyulduğunde anında güç kullanılabilirliği sağlama becerisinde

yatmaktadır. Şarj durumu (SOC) tahmini, araçların performansını, vermliliğini ve güvenliğini artırmadaki etkisi göz önüne alındığında büyük önem taşımaktadır. Ancak, hem pilde hem süper kapasitörde bulunan değişken şarj ve deşarj akımları nedeniyle önemli bir zorluk teskil etmektedir. Bu zorluğa yanıt olarak, araştırmacılar SOC yi tahmin etmek için çök sayıde yöntem geliştirmişitir. Mevcut çalışma, karmaşıklığı en aza indirmeyi ve doğruluğu artırmayı amaçlayan gelişmiş bir algoritma ile desteklenen, şarj durumu tahminine yönelik yeni bir yaklaşım önermektedir. Bu çalışmada, basitliği ve yorumlanabilirliği nedeniyle K-En Yakın Komşular (KNN) algoritması kullanılmış olup, bu algoritma, pil ve süper kapasitör teknolojilerinde bulunanlar gibi karmaşık ve doğrusal olmayan sistemlerdeki tahmin görevleri için oldukça uygundur. Pil için deneysel sonuçler, sırasıyle 0.0022 ve -0.0017 lik Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerleri göstermiştir. Süper kapasitör de güçlü bir performans sergilemektedir. MAE ve RMSE sırasıyla -0.0014 ve 0.0029 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular,model tahminlerinin gerçek değerlerle tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu da modelin genel olarak yüksek performansını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit Enerji Depolama Sistemi (HESS), K-En Yakın Komşular (KNN), Şarj durumu (SOC), Lityum iyon piller, Süper kapasitörler.

1. INTRODUCTION

Addressing global warming is a central issue in international forums, and one of the most prominent proposed solutions is the adoption of electric vehicles as an environmentally friendly alternative to diesel vehicles, given that the road transport sector contributes approximately 23% of harmful emissions [1]. However, economic and technical challenges remain, particularly concerning the range of electric vehicle batteries, as increased range necessitates larger battery capacities, thus raising their cost and size. [2]. Although lithium batteries are an efficient and environmentally friendly option for electric vehicles, [3] their limited energy density is insufficient to meet high acceleration demands, leading to overheating, reduced lifespan, and decreased efficiency [4]. This has led to the development of hybrid energy storage systems (HESS) [5], which combine batteries and supercapacitors to improve performance. Hybrid renewable energy systems also contribute to sustainable electricity production by integrating multiple sources such as solar, wind, and hydroelectric power [6].

In (HESS), the battery and supercapacitor work in an integrated manner, each contributing its own unique characteristics. The supercapacitor offers high energy density, fast charging, high performance and efficiency, and a long lifespan, whereas the battery has a higher energy density but is less efficient in terms of rapid response [7]. Integrating these two components in the HESS system improves vehicle acceleration and range without increasing battery weight or the number of units, reduces overall system cost, and extends battery life, making it an efficient and environmentally friendly solution [8]. To facilitate the optimal operation of the HESS system with maximum capacity and efficiency, this article proposes a contemporary method for estimating the state of charge (SOC). This technology is of paramount importance in enhancing the dynamic performance of electric vehicles, particularly in anticipation of the anticipated widespread adoption of HESS [9]. Accurate estimation of the SOC will improve energy management through optimal use of the battery and supercapacitor capacity, thus

reducing the harmful effects of excessive charging and discharging, which in turn will primarily affect the life of the battery and achieve sustainability of the HESS system during the operating period, as well. The implementation of this system will result in enhanced safety measures, as inaccurate temperature estimation can precipitate a heightened risk of thermal runaway, in addition to the potential for conflagrations or detonations. These factors will have a detrimental effect on the reliability of electric vehicles and will serve to reduce their cost. Consequently, this field has become of increasing global interest [10].

In the study, we will rely on the K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm, which is considered an easy-to-implement and understandable algorithm that is powerful and does not make any assumptions about the distribution of the underlying data. Its work depends on several stages, such as the training stage and the prediction stages (classification and transformation) [11]. The contribution of this study is to find an estimation model for the SOC of a battery/supercapacitor system, to reduce complexity and obtain a minimal estimation error. It also seeks to discover the practical application of this model in electric vehicles [12]. The simulation of the proposed model was implemented in a MATLAB environment using a lithium battery and a supercapacitor in parallel. Values for the HESS system are obtained, stored, and used later in the proposed KNN model [13-14].

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Flow chart

As illustrated in Figure 1, the proposed system utilizes a HESS [15]. In this configuration, voltage and current data are collected. The remaining steps are shown in Figure 1

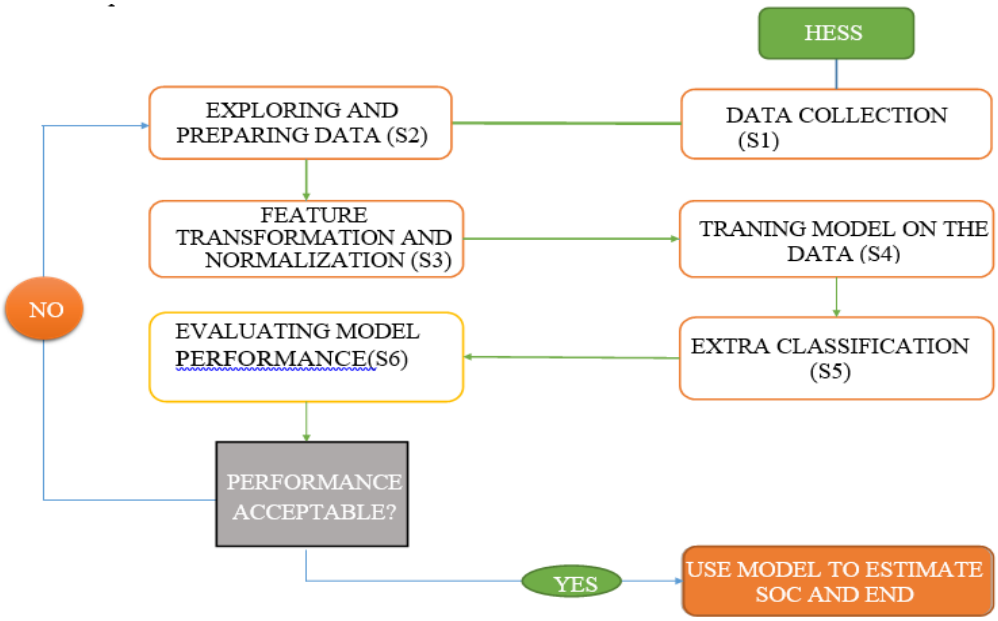


Figure 1. Flowchart of the proposed SOC estimation using KNN for HESS

2.2. HESS

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

The Hybrid Energy Storage (HESS) system combines lithium batteries and supercapacitors to achieve more efficient energy storage. Batteries offer high energy density and long-term storage capacity, but their performance degrades with repeated charge and discharge cycles. Supercapacitors, on the other hand, offer high energy density and long lifespan, but are unsuitable for long-term energy storage due to their lower energy density and high self-discharge rate. Therefore, the HESS system provides an ideal balance, combining the advantages of both components to enhance performance, prolong battery life, and minimize unnecessary charge and discharge cycles.

2.2.1 Battery

Lithium batteries are the most widely used today due to their high efficiency and are employed in electric vehicles and renewable energy systems. State of charge (SOC) represents the amount of energy remaining relative to the total capacity and is calculated based on the battery's current and voltage. The specific values for the lithium-ion battery data used in the HESS model are as follows: Nominal Voltage (V) is 26.4 and Rated Capacity (Ah) is 6.6. These serve as the basis for determining system efficiency and indicate the state of full charge, as well as the voltage and current measurement ranges

2.2.2 Supercapacitor

Supercapacitors are among the most prominent modern energy storage technologies, combining the advantages of batteries and conventional capacitors. They are characterized by high energy density, fast charging and discharging, long lifespan, and high environmental efficiency. The following shows HESS model data at full charge (100%). The Rated Capacitance (F) is 500, and the Rated Voltage (V) is 16, including the current and voltage values used to achieve the energy system target.

2.3. SOC Estimation

The specific capacity of a battery or super capacitor is denoted by the SOC ratio, which is defined as the ratio of the charging current to the maximum capacity. Mathematically, the SOC can be expressed as follows: t represents the current passing through the battery or supercapacitor. Cn is the nominal capacity of the battery or super capacitor, representing the maximum charge capacity.

$$SOC(t) = 100\ \% - \frac{1}{C_n}\int_0^t I(t)\,dt \qquad (2)$$

SOC (t) is the percentage of the state of charge in the battery or supercapacitor at a time. This formula illustrates how the SOC (State of Charge) decreases over time during discharge and current flow. When the device is completely discharged, it means that the SOC is close to zero.

2.4. KNN Learning Algorithm

KNN is a simple yet powerful algorithm that can be used to classify new points based on the classification of nearby points in the dataset [16]. This process is known as the weighting

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

method, which indicates the influence each of the nearest neighbors has on the prediction. In the weighting function, when a new point is received for classification, the distance between this new point and all points in the dataset is calculated [17]. The K nearest neighbours are then identified and their classification is based on the classification of these proximate points. This algorithm has numerous applications, including estimating the state of charge of a battery and a super capacitor. To successfully apply the KNN algorithm, the battery and the super capacitor must be connected in parallel and the data extracted from these devices must be collected using MATLAB. A total of 5,000 data units of charging current and voltage are collected for the purpose of charging estimation

3. Simulation Model and Results

The HESS model consists of a lithium battery and a super capacitor, and is intended for use during charging and discharging operations in electric vehicles. As shown in Figure 2, the HESS system comprises a lithium battery and a supercapacitor connected in parallel. The model under consideration was designed using MATLAB simulation software. The collection of the current and voltage values from the model was achieved by utilizing the (to workspace) block feature. These values were used in KNN algorithms to estimate the SOC value, which constitutes the research's primary objective. The HESS system, which employs MATLAB software, is illustrated in Figure 2.

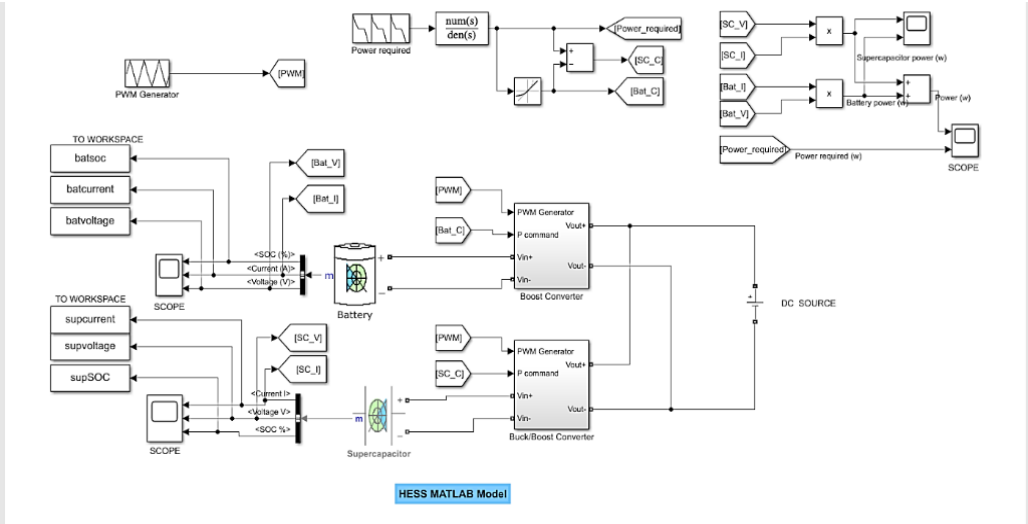


Figure 2.HESS MATLAB Simulink Model [12]

Battery and Supercapacitor

This section is dedicated to examining the results of batteries and supercapacitors in relation to current, voltage, and SOC charge state. These results are obtained from the MATLAB and are represented by means of curves. The battery starts working when it is 100% charged. The voltage starts at 26.4 volts and the current starts at zero. The supercapacitor commences operation upon attaining a complete charge. When a load is applied, the voltage begins to fall,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

and the current peaks. Then, both the voltage and current change in response to changes in power demand and emergency conditions.

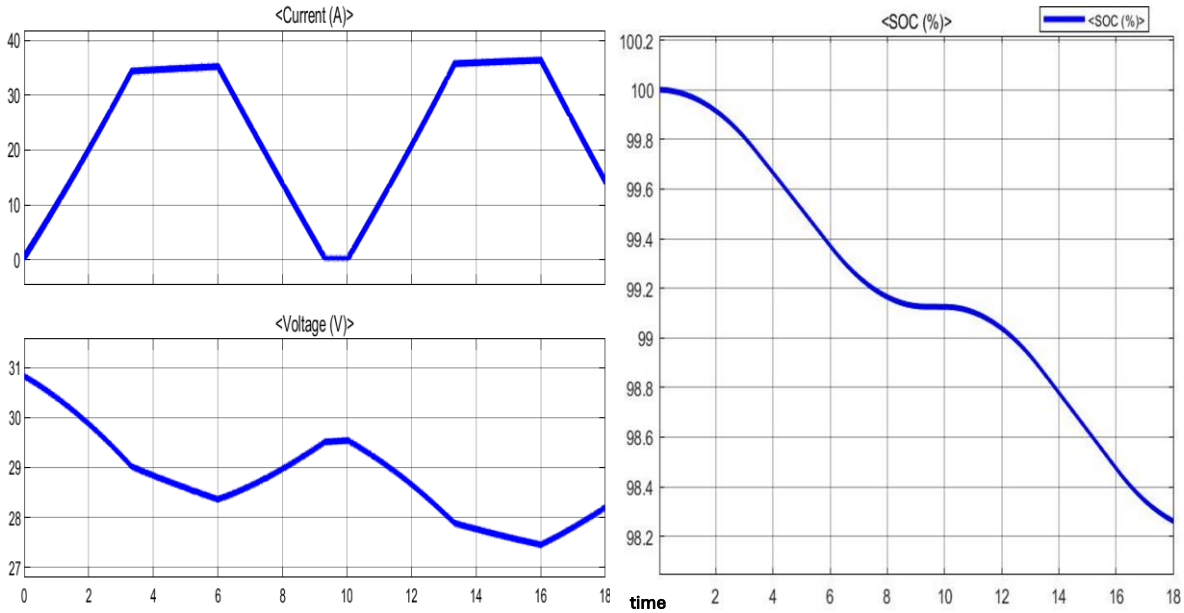


Figure 3. Output Current, voltage, and SOC of battery (discharging)

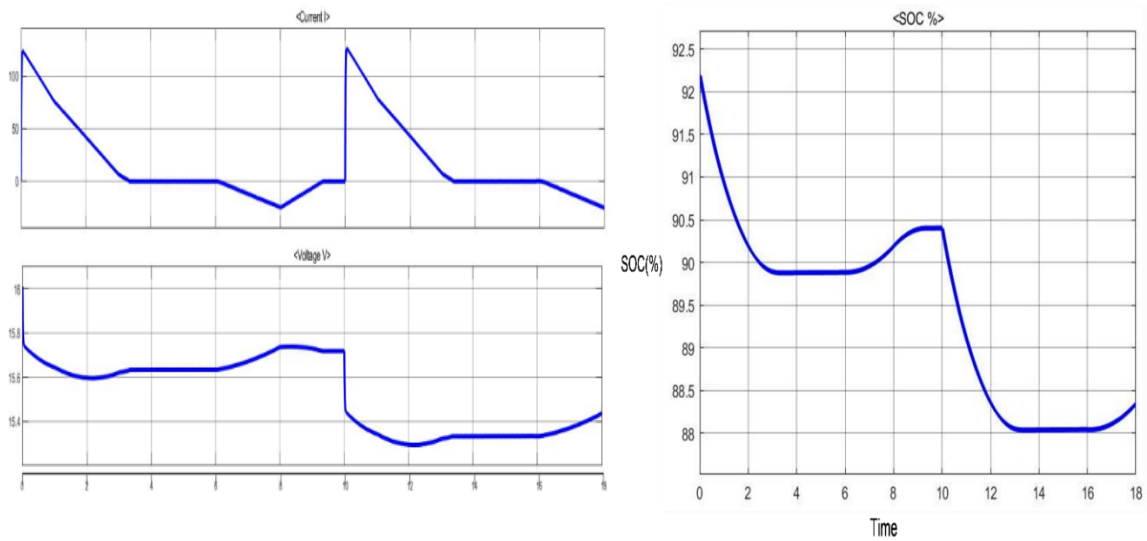


Figure 4. Current, Voltage and SOC of Supercapacitor (discharging)

3.1 The Result of Battery and Supercapacitor Using KNN

In the course of the prediction process, the dataset is segmented into two distinct components: 80% is allocated for training, while the remaining 20% is designated for testing purposes. In the proposed methodology, the dataset was subjected to a KNN algorithm test, with the optimal result calculated for K values ranging from 2 to 100. The issue of under-learning and over-learning is addressed by employing a 10-fold cross-validation approachThe K values and metrics for the battery model are illustrated.

Table IV. The best value for K and metrics for battery

BEST K VALUE AND METRICS FOR BATTERY			
K	RMSE	MAE	R^2
5	0.0022618	-0.00178	0.999646

The findings of this analysis demonstrate that the model exhibits a strong correlation in the absence of noise. The optimality of these values is achieved when K=2 for the super capacitor.

Table V. The best value for K and metrics for super capacitor

K	RMSE	MAE	R^2
2	0.002986	-0.001498	0.999979

4. **Conclusion**

The high performance of the KNN algorithm for SoC prediction in the HESS system is based on several key factors. First, the fact that KNN is a non-parametric algorithm does not require any assumptions to model the complex and nonlinear behaviour of batteries and supercapacitors. This enables the accurate capture of the dynamic and non-linear features resulting from the variable charging and discharging currents in the HESS system. Secondly, the dataset used provides a rich training set with 5,000 data points. The large data volume improved the accuracy of KNN's neighbour-based prediction mechanism and enhanced the model's generalization ability.

5. References

[1] I. T. Vadium, R. Das, Y. Wang, G. Putrus, and R. Kotter, Electric vehicle Carbon footprint reduction via intelligent charging strategies, in 2019 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS), IEEE, pp. 1–6, 2019.
[2] A. König, L. Nicoletti, D. Schröder, S. Wolff, A. Waclaw, and M. Lienkamp, An overview of parameter and cost for battery electric vehicles, World Electric Vehicle Journal, vol. 12, no. 1, p. 21, 2021.
[3] P. Shrivastava, T. K. Soon, M. Y. I. Bin Idris, S. Mekhilef, and S. B. R. S. Adnan, “Combined state of charge and state of energy estimation of lithium-ion battery using dual forgetting factor-based adaptive extended Kalman filter for electric vehicle applications,” IEEE Trans Veh Technol, vol. 70, no. 2, pp. 1200–1215, 2021.
[4] H. Azimi, E. G. Kalhor, S. R. Nabavi, M. Behbahani, M. T. Vardini, Data-based modeling for prediction of supercapacitor capacity: Integrated machine learning and metaheuristic algorithms, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Volume 170, pp.1-24, 2025.
[5] E. Naderi, K. C. Bibek, M. Ansari, and A. Asrari, “Experimental validation of a hybrid storage framework to cope with fluctuating power of hybrid renewable energy-based systems,” IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 36, no. 3, pp. 1991–2001, 2021.
[6] P. J. Grbovic, P. Delarue, P. Le Moigne, and P. Bartholomeus, Modeling and control of the ultracapacitor-based regenerative controlled electric drives,” IEEE Transactions on industrial electronics, vol. 58, no. 8, pp. 3471–3484, 2010.
[7] M. E. Şahin, F. Blaabjerg, and A. Sangwongwanich, “A comprehensive review on supercapacitor applications and developments,” Energies (Basel), vol. 15, no. 3, p. 674, 2022.
[8] M. Sellali, A. Betka, A. Djerdir, Y. Yang, I. Bahri, and S. Drid, A novel energy management strategy in electric vehicle based on H∞ self-gain scheduled for linear parameter varying systems, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 36, no. 2, pp. 767–778, 2020.

[9] F. Naseri, E. Farjah, T. Ghanbari, Z. Kazemi, E. Schaltz, and J.-L. Schanen, “Online parameter estimation for supercapacitor state-of-energy and state-of-health determination in vehicular applications,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 67, no. 9, pp. 7963–7972, 2019.
[10] P. Dini, A. Colicelli, and S. Saponara, Review on Modeling and SOC/SOH Estimation of Batteries for Automotive Applications, Batteries, vol. 10, no. 1, p. 34, 2024.
[11] A. Pandey and A. Jain, “Comparative analysis of KNN algorithm using various normalization techniques,” International Journal of Computer Network and Information Security, vol. 11, no. 11, p. 36, 2017.
[12] C. Vidal et al., Hybrid energy storage system state-of-charge estimation using artificial neural network for micro-hybrid applications, in 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), IEEE,pp. 1075–1081, 2018.
[13] K. Raut, A. Shendge, J. Chaudhari, R. Lamba, and N. F. Alshammari, Modeling and simulation of photovoltaic powered battery-supercapacitor hybrid energy storage system for electric vehicles, J Energy Storage, vol. 82, 2024.
[14] R. Kulkarni and V. Bugade, Simulation of Hybrid Energy Storage System for Electric Vehicles, System, vol. 4, p. 7, 2013.
[15] F. Liu, T. Liu, and Y. Fu, An improved SoC estimation algorithm based on artificial neural network,” in 2015 8th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), IEEE, pp. 152–155, 2015.
[16] Aslan, Emrah, and Yildirim Özüpak. "Comparison of machine learning algorithms for automatic prediction of Alzheimer disease." *Journal of the Chinese Medical Association* 88.2 (2025): 98-107.
[17] Özüpak, Yıldırım, Feyyaz Alpsalaz, and Emrah Aslan. "Air Quality Forecasting Using Machine Learning: Comparative Analysis and Ensemble Strategies for Enhanced Prediction." *Water, Air, & Soil Pollution* 236.7 (2025): 464.

INVESTİGATİON OF ENSEMBLE LEARNİNG ALGORİTHMS FOR HEALTH PREDİCTİON İN A HYBRİD SYSTEM İNTEGRATİNG LİTHİUM-İON AND SUPERCAPACİTORS

MUHAMMED IKBAL KAKECI
Gaziantep University, Optical Engineering
muhammedkakaji@gmail.com 0009-0000-4207-6597
Prof. Dr. MEHMET ALI ÖZÇELİK
Gaziantep Islam, Science and Technology University,
Dept. Electrical and Electronics Engineering
mehmet.ozcelik@gibtu.edu.tr 0000-0003-0984-5707

ABSTRACT

The hybrid energy storage system (HESS), which combines batteries and supercapacitors, is one of the most important energy storage technologies used in electric vehicles because it provides highly efficient storage capacity and instant power for use when needed. State of health (SOH) estimation is a key technology for improving the performance, efficiency, and safety of electric vehicles by studying aging characteristics and estimating the lifetime of devices. Estimating the (SOH) is a computationally complex challenge due to the chemical and temperature fluctuations of both the battery and supercapacitor, as well as their complex and nonlinear behavior, which is difficult to analyze. This study presents a relatively new approach to estimating health status that combines the battery and capacitor together in a one system and relies on data-driven methods to reduce complexity and achieve very small estimation errors. In this study, it will be relied on the Ensemble Learning Algorithm, which is an easy-to-implement and understand algorithm and is considered ideal for predicting complex and non-linear systems such as batteries and supercapacitors. The experimental results demonstrated for battery, a mean absolute error (MAE) 0.85 and mean square error rate (RMSE) 1.10. For supercapacitor also demonstrates robust performance. The (MAE) and (RMSE) is 0.078 and 0.087. These figures are indicative of the model's high degree of accuracy and its capacity to closely mirror the true values. These findings suggest that the model predictions are in close proximity to the true values, thereby demonstrating the model's overall high performance.

Keywords: Ensemble Learning Algorithm. Electric vehicle, hybrid energy storage systems, lithium-ion batteries, super capacitors, state of health (SOH).

1. INTRODUCTION

In recent years, with the problems of environmental pollution causing global warming and the expected shortage of energy sources in the future, preserving the green environment, saving energy, and reducing carbon emissions have become important topics of scientific research [1], [2]. Therefore, electric vehicles are replacing fuel-powered vehicles as the primary means of land transportation as an ideal solution to these concerns [3]. Through HESS, the dynamic performance of the electric vehicle will be improved, battery life will be increased, system efficiency will be increased, power management flexibility will be increased and many other features will be achieved, which makes its application in electric vehicles essential [4]. To

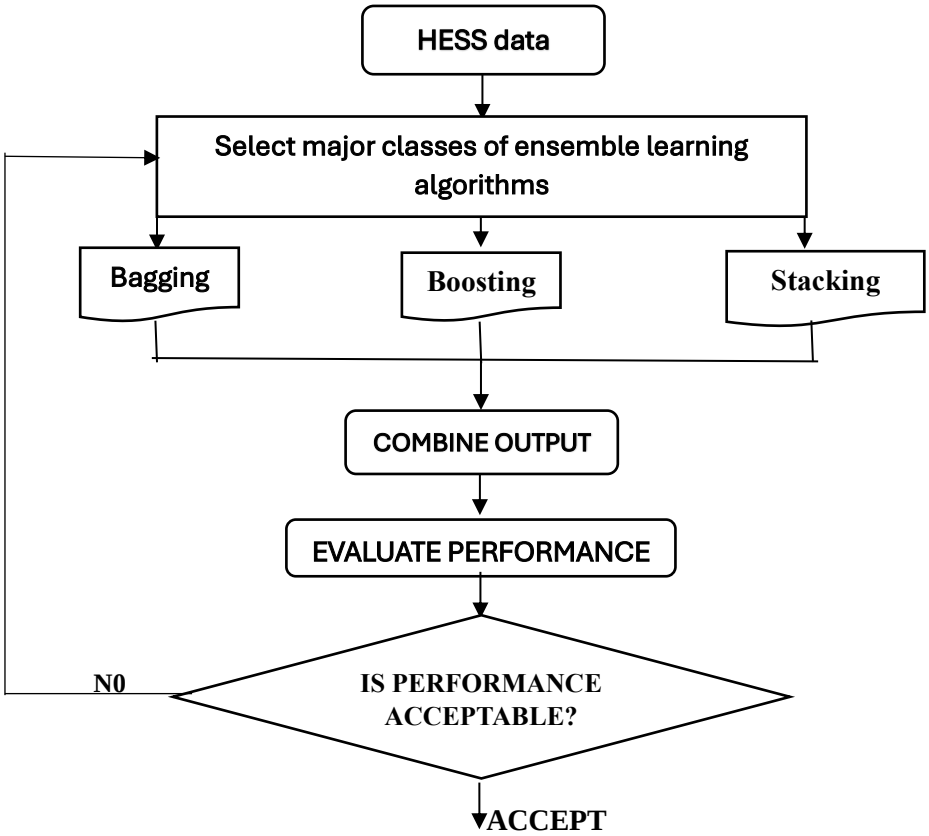
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

enable a HESS system to operate efficiently and effectively, it is essential to monitor the system's overall performance using available predictive tools such as state of charge (SOC), state of health (SOH), temperature, current, and voltage [5]. Predictive tools help researchers identify factors affecting system performance and the lifetime of storage devices by studying health and degradation mechanisms. State of health (SOH) estimation is a technique that plays a fundamental role in studying the overall health of a HESS system, its capacity, aging characteristics, and estimating the remaining lifetime of the devices and the current efficiency of the system [6]. In this study, a complementary approach to the Lipu study will be presented, where a method for estimating the health status of both the battery and supercapacitor together in a hybrid energy storage system based on data using the Ensemble Learning Algorithm will be provided. This technique aims to improve prediction accuracy by combining multiple weak models to form a highly accurate model [7]. The technique has achieved advanced performance in machine learning applications, enabling it to overcome several common problems such as bias and high variance. This study will contribute to the development of a data-driven SOH estimation model for a battery/supercapacitor system, with the aim of reducing complexity and obtaining very low estimation error. It also seeks to explore the practical applicability of this model in electric vehicles [8] [9]. The proposed model will be simulated in MATLAB using a lithium battery and a supercapacitor in parallel. The HESS values are obtained, stored, and subsequently used in the proposed ensemble learning model [10].

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Flow chart

In Figure (1), created a flowchart to explain how to use the ensemble learning algorithm to predict the SOH health status of the hybrid energy storage system (HESS) in a simple and easy way.



Use (EL) model to estimate

Figure 1 Flowchart of the proposed SOH estimation using ensemble learning algorthim for HESS

2.2. HESS

A hybrid energy storage system is a system that combines the use of two components to effectively store energy. In our study have battery and supercapacitor, Batteries offer high energy density and long-term storage capacity and offer high energy density and long lifespan, but are unsuitable for long-term energy storage due to their lower energy density and high self-discharge rate. The HESS system provides an ideal balance, combining the advantages of both components and to comparison between the performance of a lithium battery and a supercapacitor:

Storage device characteristics	Super capacitor	Battery
Charging time	1- 30 S	1 < t < 5 h
Discharging time	1 - 30 S	T > 0.3 h
Energy density (Wh/kg)	1 – 10	10 – 100
Life time (Cycle number)	10^6	1000
Power density (W/kg)	10.000	< 1000
Charge / discharge efficiency	0.85-0.98	0.7 – 0.85

Table **I**. Comparison between the performance of a lithium battery and super capacitor [11]

2.3. SOH Estimation:

SOH is an internal parameter that is difficult to measure with a sensor; strong temporal fluctuations; and irreversibility, as measurements are associated with internal and external chemical fluctuations. We review the most important rules used to estimate SOH related to capacitance and internal resistance. The change in capacitance is the most important factor in determining SOH values:

$$SOH = \frac{Q_m}{Q_r} \times 100\% \qquad (1)$$

Where: Q_m Current maximum available capacity
Rated capacity Q_r
SOH is defined according to the internal resistance as follows:

$$SOH = \frac{R_n - R}{R_{e-R_n}} \times 100\% \qquad (2)$$

Where: R- internal resistance under the current state; R_e—internal resistance of the battery and supercapacitor when it reaches the end of life; and R_n—internal resistance of the new battery and supercapacitor. In our research, we rely on estimating SOH using the Ensemble Learning Algorithm, which is based on deep learning, which is a data-driven method. Ensemble learning algorithms rely on reducing generalization error by diversifying the models involved in the prediction. The greater the diversity between models, the greater the ability of the ensemble model to reduce the influence of noise, variance, and bias, which are among the most prominent causes of discrepancy between actual values and the predictions generated by any machine learning model. The ensemble learning algorithm can learn the relationships between input variables such as voltage, current, and temperature, and between actual capacity and internal

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

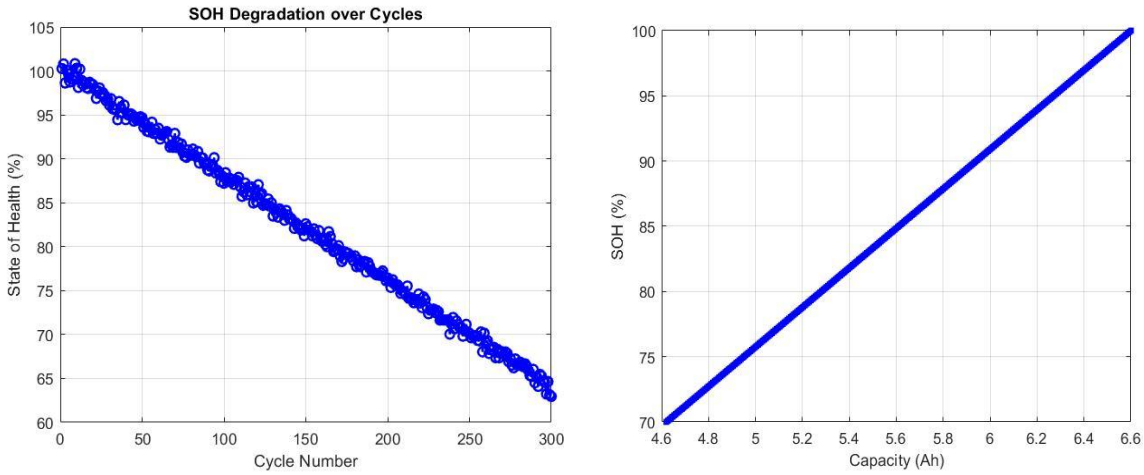
resistance, which is used as an indicator of system degradation. This algorithm's ability to handle complex and nonlinear data characterizes the performance of HESS. The ensemble learning algorithm has main categories, each of which has different characteristics and working mechanisms. we rely on one of the practical applications of Boosting, XGBOOSTING, which is an advanced implementation.

3. Simulation Model and Results

The HESS is modelled as a simulation model is expected to be used during charging and discharging operations in electric vehicles. The battery is connected to a boost converter, while the super capacitor is connected to a boost/buck converter, thereby ensuring the system can meet the requisite electrical load. Additionally, the system incorporates a pulse-width modulation (PWM) control system and several blocks added to handle multiple charge/ discharge cycles and different temper. The model under consideration was designed using MATLAB simulation software. The current and voltage values were collected from the model using the (to workspace) block feature and then used in ensemble learning to estimate the SOH values, which is the goal of the research. The HESS system utilising the MATLAB software is depicted.

3.1 Battery and supercapacitor result

This section is dedicated to the examination of battery and supercapacitor results in relation to current, voltage, and SOC charge state. We present some graphs to study behavior of the SOH and the factors that lead to its decline. In figure 2 (A) shows the relationship between SOH and the number of discharge cycles, (B) shows the effect of capacity on the SOH in



battery.

Figure 2 (A) SOH and discharge cycles (B) effect of capacity on the SOH.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

For supercapacitor Figure 3 represents the relationship between capacity of supercapacitor and both the soh and cycle number over time

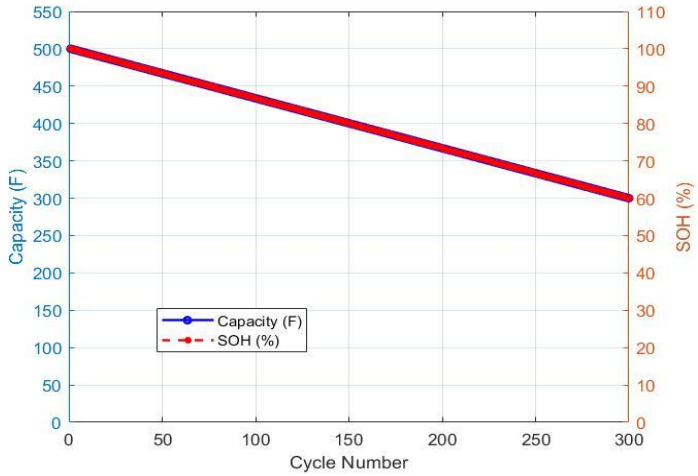


Figure 3 relationship between capacity of supercapacitor and SOH and cycle number

4. CONCLUSION

These minimal error values suggest that the model predictions closely align with the actual values, thereby affirming the model's high degree of accuracy. The model demonstrated notable precision in predicting the SOH of the two components, particularly in the context of electric vehicle applications. In light of these findings, it is anticipated that this model can play a pivotal role in the future of energy management systems in electric vehicles.

5. REFERENCES

[1] I. T. Vadium, R. Das, Y. Wang, G. Putrus, and R. Kotter, “Electric vehicle Carbon footprint reduction via intelligent charging strategies,” in 2019 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS), IEEE, 2019, pp. 1–6.

[2] H. Heubaum and F. Biermann, “Integrating global energy and climate governance: The changing role of the International Energy Agency,” Energy Policy, vol. 87, pp. 229–239, 2015.

[4] J. Salminen, T. Kallio, N. Omar, P. Van den Bossche, J. Van Mierlo, and H. Gualous, “Transport Energy–Lithium Ion Batteries,” in Future Energy, Elsevier, 2014, pp. 291–309.

[13] M. Sellali, A. Betka, A. Djerdir, Y. Yang, I. Bahri, and S. Drid, “A novel energy management strategy in electric vehicle based on H∞ self-gain scheduled for linear parameter varying systems,” IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 36, no. 2, pp. 767–778, 2020.

[14] T. Zhang, N. Guo, X. Sun, J. Fan, N. Yang, J. Song, Y. Zou, A systematic framework for state of charge, state of health and state of power co-estimation of lithium-ion battery in electric vehicles, Sustain 13 (2021) 5166, https://doi.org/ 10.3390/SU13095166.

[19] S. Son, K.Y. Oh, Integrated framework for estimating remaining useful lifetime through a deep neural network, Appl. Soft Comput. 122 (2022) 108879, https:// doi.org/10.1016/J.ASOC.2022.108879.

[34] Mienye, I. D., & Sun, Y. (2022). A survey of ensemble learning: Concepts, algorithms, applications, and prospects. IEEE Access, 10, 99129-99149.

[35] Demirci, O., Taskin, S., Schaltz, E., & Demirci, B. A. (2024). Review of battery state estimation methods for electric vehicles-Part II: SOH estimation. Journal of Energy Storage, 96, 112703.

[36] Saha, P., & Khanra, M. (2020, October). Online estimation of state-of-charge, state-of-health and temperature of supercapacitor. In 2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (pp. 1-5). IEEE.

[37] K. Raut, A. Shendge, J. Chaudhari, R. Lamba, and N. F. Alshammari, "Modeling and simulation of photovoltaic powered battery-supercapacitor hybrid energy storage system for electric vehicles," J Energy Storage, vol. 82, p. 110324, 2024.

[41] F. Rafik, H. Gualous, R. Gallay, A. Crausaz, and A. Berthon, Frequency, thermal and voltage supercapacitor characterization and modeling, J Power Sources, vol. 165, no. 2, pp. 928–934, 2007.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GEMİLERDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARININ ANALİZİ

Arş. Gör. Dr. COŞKAN SEVGİLİ
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi,
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü
coskansevgili@beun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-3929-079X

ÖZET

Denizcilik sektörü, karmaşık operasyonel yapısı, zorlu ve sürekli değişen çevresel koşulları ve yüksek risk içeren çalışma ortamı nedeniyle iş kazalarına oldukça açık endüstri alanlarından biridir. Meydana gelen bu kazalar, yalnızca insan yaşamını tehdit etmekle kalmayıp, aynı zamanda gemi işletmeciliğinin operasyonel verimliliği, ekonomik sürdürülebilirliği ve genel deniz emniyeti üzerinde de ciddi olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, denizcilik sektöründe iş kazalarının nedenlerinin, sıklığının ve eğilimlerinin istatistiksel olarak incelenmesi, etkili önleyici stratejilerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, bu araştırma deniz iş kazalarına etki eden faktörler arasındaki ilişkileri istatiksel açıdan tespit etmeyi amaçlamıştır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (GISIS) veri tabanında raporlanan 2011-2024 yılları arasında gerçekleşen 571 iş kazası ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre “kaza olay türü” ile “gemi bayrağı”, “gemi tipi”, “zaman dilimi” ve “kaza şiddeti” değişkenleri arasında anlamlı ilişki tespit edilmiştir. “Kaza şiddeti” ile ise “gemi bayrağı” ve “kazanın gerçekleştiği yıl” değişkenleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Bunun yanı sıra, “gemi bayrağı” ile “gemi tipi”, “gemi bayrağı” ile “kaza konumu” ve “kaza konumu” ile “zaman dilimi” arasında anlamlı ilişki olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçlarının gemi mürettebatı, gemi sahibi ve operatörleri, bayrak devleti ve liman devleti gibi otoriteler başta olmak üzere deniz iş kazaları ile ilgili denizcilik sektöründeki paydaşların gemilerdeki deniz iş kazalarına önlemeye yönelik alacakları önlemler açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Denizcilik, gemi, iş kazası, ki-kare testi.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DJI MAVİC 3M MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİ İLE EKİLİ ALANLARDA AÇIKLIK (STAND GAP) TESPİTİ VE ANALİZİ

Doç. Dr. YELİZ DURGUN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

yeliz.durgun@gop.edu.tr - 0000-0003-3834-5533

Doç. Dr. MAHMUT DURGUN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

mahmut.durgun@gop.edu.tr - 0000-0002-5010-687X

ARİF ENGİN ÇİNAR

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

arifengin.cinar4224@gop.edu.tr - 0009-0004-9824-275X

ÖZET

Bu çalışma, DJI Mavic 3M insansız hava aracı (İHA) ile elde edilen multispektral görüntüler kullanılarak ekili alanlardaki açıklık (stand gap) bölgelerinin tespiti ve analizini amaçlamaktadır. Tarımsal üretimde verim kaybının başlıca nedenlerinden biri, ekim sıralarındaki düzensizlikler ve bitki örtüsündeki boşluklardır. Bu açıklıklar, bitki yoğunluğunu ve fotosentetik etkinliği azaltarak gelişim sürecini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunu çözmek amacıyla, multispektral uzaktan algılama verileri geleneksel gözlemsel yöntemlere kıyasla hızlı, nesnel ve tekrarlanabilir bir alternatif sunmaktadır. Çalışmada, 40–50 metre yükseklikten alınan DJI Mavic 3M multispektral görüntülerinden NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) haritaları üretilmiştir. NDVI < 0.3 eşiği kullanılarak, piksel tabanlı segmentasyon ve morfolojik filtreleme teknikleriyle açıklık ve zayıf bitki gelişimi gösteren bölgeler otomatik olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çalışma alanının %68.81'inde düşük veya orta yoğunlukta bitki örtüsü bulunmakta olup, ortalama NDVI değeri 0.194 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, bitki gelişiminin alansal olarak heterojen bir dağılım gösterdiğini ve bazı bölgelerde yeniden ekim veya yerel müdahalelere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Tüm analizler açık kaynaklı yazılımlar (Python, QGIS, Jupyter Notebook) kullanılarak gerçekleştirilmiş, böylece yöntemsel şeffaflık ve yeniden üretilebilirlik sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, DJI Mavic 3M gibi taşınabilir multispektral sistemlerin hassas tarım uygulamalarında açıklık tespiti, bitki sağlığı değerlendirmesi ve karar destek süreçlerinde etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Gelecekte, NDRE ve VARI gibi ek spektral indekslerin ve yapay zekâ tabanlı segmentasyon yöntemlerinin (örneğin U-Net, Random Forest) entegrasyonu ile açıklık tespitinde doğruluk ve otomasyonun artırılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler:DJI Mavic 3M, Multispektral Görüntüleme, NDVI, Açıklık Tespiti, Hassas Tarım, Uzaktan Algılama, Bitki Yoğunluğu Analizi, Morfolojik Görüntü İşleme, İnsansız Hava Aracı (İHA)

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte artan gıda talebi ve iklim değişikliğinin etkileri, tarımsal üretimde kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu doğrultuda, hassas tarım (precision agriculture) yaklaşımları, bitki gelişimini izleme, verimliliği artırma ve çevresel sürdürülebilirliği sağlama açısından önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir (Zhang vd., 2025). Hassas tarımın temel bileşenlerinden biri olan uzaktan algılama teknolojileri, bitki sağlığı, stres durumu ve büyüme yoğunluğunun yüksek uzamsal çözünürlükte ve nesnel biçimde belirlenmesine olanak tanımaktadır (Ahn vd., 2024). Tarımsal üretimde verim kaybına neden olan en önemli faktörlerden biri, ekim sıralarındaki düzensizlikler ve bitki örtüsünde oluşan açıklıklardır. Bu açıklıklar, toprak yüzeyinde bitki bulunmayan bölgeleri temsil etmekte olup, fotosentetik etkinliği ve bitki yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir (Gil vd., 2025). Geleneksel gözlem veya arazi ölçüm yöntemleri, bu tür açıklıkların belirlenmesinde zaman alıcı, maliyetli ve kullanıcıya bağlı hatalara açık bir yaklaşım sunmaktadır. Bu nedenle, insansız hava araçları ile elde edilen multispektral görüntüleme sistemleri, son yıllarda tarımsal açıklık ve bitki yoğunluğu analizlerinde giderek yaygınlaşmaktadır (Lin vd., 2023b). Multispektral kameralar, görünür (RGB) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlardan elde edilen veriler aracılığıyla bitki örtüsünün fizyolojik durumunu nicel olarak değerlendirmeye imkân tanır. Bu değerlendirmede en yaygın kullanılan göstergelerden biri, bitki canlılığı ve yoğunluğunun belirlenmesinde etkili olan Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi'dir. NDVI değeri genellikle −1 ile +1 arasında değişmekte olup, 0.3'ün altındaki değerler zayıf veya hiç bitki örtüsü bulunmayan bölgeleri, 0.6 ve üzerindeki değerler ise sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünü temsil etmektedir (Pazhanivelan vd., 2023; Wasif vd., 2022).Son yıllarda yapılan çalışmalar, drone tabanlı NDVI haritalarının, bitki yoğunluğu, stres seviyesi ve gelişim farklılıklarının mekânsal analizinde yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir. Örneğin, (Aplin vd., 2023), mısır tarlalarında erken dönem bitki yoğunluğunu drone tabanlı NDVI haritalarıyla %98 doğrulukla belirlemiştir. Benzer şekilde, (Modica vd., 2020), soğan tarlalarında NDVI analizlerinin bitki stresi ve boşluk tespitinde etkin bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, mevcut literatürde mikro ölçekteki ekim açıklıklarının geometrik olarak otomatik tespitine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır (Modica vd., 2020).Bu noktada, yüksek çözünürlüklü multispektral sistemler, özellikle 40–50 metre yükseklikten alınan drone görüntüleri ile bitki sıraları arasındaki mikro boşlukların belirlenmesini mümkün kılmaktadır. DJI Mavic 3M gibi taşınabilir İHA sistemleri, hem yüksek mekânsal çözünürlük hem de radyometrik doğruluk sunarak, tarımsal alanlarda bitki gelişiminin hassas biçimde izlenmesine katkı sağlamaktadır (Indu vd., 2023).Bu çalışmada, DJI Mavic 3M multispektral kamerasından elde edilen tarla görüntüleri kullanılarak, NDVI tabanlı analiz yöntemiyle açıklık bölgelerinin tespiti ve nicel değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, NDVI < 0.3 eşik değeri esas alınarak açıklık alanları sınıflandırılmış, morfolojik görüntü işleme teknikleri ile bu bölgeler geometrik olarak analiz edilmiştir. Ayrıca, açık kaynaklı yazılım ekosistemi (Python, QGIS, Jupyter Notebook) kullanılarak tüm süreç yeniden üretilebilir biçimde tasarlanmıştır.Elde edilen bulgular, DJI Mavic 3M'in hassas tarım uygulamalarında bitki yoğunluğu izleme, yeniden ekim gereksinimi belirleme ve verim tahmin sistemlerine veri sağlama konularında etkin bir araç olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, hem yerel düzeyde ekim performansının değerlendirilmesine hem de sürdürülebilir tarımsal üretim için veri temelli karar destek sistemlerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2. MATERYAL METOT

2.1. Çalışma Alanı ve Veri Toplama Süreci

Bu çalışma, 02 Temmuz 2025 tarihinde Tokat ili sınırları içerisindeki bir tarımsal üretim alanında gerçekleştirilmiştir. Arazi, homojen bir ekim desenine sahip olup, yüzey topografyası düşük eğimli ve tarımsal üretim açısından tipik Orta Karadeniz koşullarını yansıtmaktadır. Veri toplama işlemi, multispektral görüntüleme yeteneğine sahip DJI Mavic 3M insansız hava aracı (İHA) kullanılarak yürütülmüştür. Uçuşlar, yaklaşık 40–50 metre yükseklik aralığında, otomatik rota planlamasıyla ve sabit uçuş hızında gerçekleştirilmiştir. Uçuş verileri cihazın EXIF meta verilerinden doğrulanmış, çevresel koşulların (ışık şiddeti, rüzgâr hızı) sabit olduğu zaman dilimleri tercih edilmiştir.

DJI Mavic 3M, entegre RGB kamerasına ek olarak dört bantlı multispektral sensör sistemine sahiptir:

- **Yeşil (Green):** 560 ± 16 nm
- **Kırmızı (Red):** 650 ± 16 nm
- **Kırmızı Kenar (Red Edge):** 730 ± 16 nm
- **Yakın Kızılötesi (NIR):** 840 ± 26 nm

Bu bant kombinasyonu, bitki örtüsünün fotosentetik aktivitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) hesaplamalarına olanak sağlamaktadır (Wasif vd., 2022). Görüntüler, cihazın entegre güneş ışığı sensörü yardımıyla radyometrik olarak kalibre edilmiş, bu sayede farklı çekim zamanlarında yansıtım değerlerinin tutarlılığı korunmuştur (Ahn vd., 2024).

2.2. Görüntü İşleme

Elde edilen multispektral görüntüler, Python 3.11 ortamında Rasterio, NumPy ve OpenCV kütüphaneleri kullanılarak işlenmiştir. Öncelikle tüm bantlar geometrik olarak hizalanmış ve yüzey yansıtımı değerlerine dönüştürülmüştür. Veri bütünlüğünü sağlamak amacıyla, kenar bölgelerdeki hatalı pikseller maskeleme yöntemiyle veri dışı bırakılmıştır. Tüm görüntüleme süreci açık kaynak kodlu bir analiz altyapısı üzerinde yürütülmüş, işlemler Jupyter Notebook ortamında kayıt altına alınmıştır.

2.3. NDVI Hesaplaması

Bitki yoğunluğunu ve canlılığını göstermek amacıyla NDVI indeksi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Jelowicki vd., 2020):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NDVI değeri –1 ile +1 arasında değişmekte olup, yüksek pozitif değerler sağlıklı bitki örtüsünü, düşük değerler ise çıplak toprak veya zayıf gelişim alanlarını ifade etmektedir

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

(Pazhanivelan vd., 2023).
Bu çalışmada NDVI < 0.3 eşiği, bitki örtüsünün bulunmadığı veya zayıf gelişim gösterdiği bölgeleri tanımlamak amacıyla "açıklık bölgesi" olarak belirlenmiştir. Bu sınır değeri, benzer araştırmalarda yaygın olarak kullanılan referans aralığına dayanmaktadır (Lin vd., 2023b; Wasif vd., 2022).

2.4. Eşikleme ve Morfolojik Analiz

NDVI haritası üretildikten sonra, piksel bazlı ikili (binary) eşikleme uygulanarak düşük NDVI bölgeleri açıklık maskesi olarak işaretlenmiştir. Gürültü ve küçük lekelerin etkisini azaltmak için 3×3 morfolojik açma-kapama (opening–closing) işlemleri uygulanmıştır (Indu vd., 2023). Elde edilen maskeler bağlı bileşenler analizi (connected component labeling) yöntemiyle poligonlara dönüştürülmüş ve her poligonun alanı metre kare (m^2) cinsinden hesaplanmıştır.

Açıklık oranı, toplam açıklık alanının ekili alanın toplamına oranı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$Açıklık Oranı(\%) = \frac{\sum A_{açıklık}}{A_{toplam}} \times 100$$

Analiz sonucunda, toplam alanın %68.81'inin NDVI < 0.3 değerine sahip olduğu, yani açıklık veya zayıf gelişim bölgesi olduğu belirlenmiştir. Ortalama NDVI değeri 0.194, minimum −0.790 ve maksimum 0.731 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, tarım alanında bitki gelişiminin heterojen olduğunu ve yeniden ekim gerektiren bölgelerin geniş alanlara yayıldığını göstermektedir.

Bu hesaplamalar, Lin vd., 2023 tarafından geliştirilen bitki tespit algoritmalarının mantığıyla benzer şekilde, morfolojik özelliklerin açıklık belirlemede kullanılabileceğini doğrulamaktadır. Ayrıca, Zhang vd., (2025) NDVI ve NDRE indekslerinin birlikte kullanılmasının bitki yoğunluğu analizlerinde doğruluk artışı sağladığını bildirmiştir.

2.5. Görselleştirme ve Veri Sunumu

Tüm analiz sonuçları, açık kaynak kodlu QGIS (GNU GPL v3) yazılımı kullanılarak görselleştirilmiştir. NDVI haritaları, renk aralıkları temelinde dört sınıfa ayrılmıştır:

1. **NDVI < 0.0:** Boş toprak veya çıplak alan
2. **0.0 – 0.3:** Zayıf bitki gelişimi
3. **0.3 – 0.6:** Orta yoğunlukta bitki örtüsü
4. **> 0.6:** Sağlıklı ve yoğun bitki örtüsü

Elde edilen haritalar, açıklık bölgelerinin mekânsal dağılımını gösterecek şekilde katmanlar halinde oluşturulmuş, ayrıca Python'un Matplotlib kütüphanesiyle grafiksel olarak desteklenmiştir. Bu sayede NDVI değer aralıklarının oransal dağılımı ve bitki gelişimi farklılıkları hem sayısal hem de görsel biçimde değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.6. Yazılım ve Görselleştirme

Çalışmada kullanılan tüm kodlama adımları açık kaynaklı araçlarla yürütülmüş ve yeniden üretilebilir bir analiz akışı oluşturulmuştur. Python ortamında kullanılan temel kütüphaneler şunlardır:
NumPy, Rasterio, OpenCV, GeoPandas, Shapely, scikit-image ve Matplotlib.

Tüm analiz süreci Jupyter Notebook üzerinde yürütülmüş ve yeniden üretilebilir (reproducible) şekilde belgelenmiştir. Bu açık kaynaklı yaklaşım, araştırmanın bilimsel şeffaflığını artırmakta ve gelecekte benzer çalışmaların farklı bölgelerde veya farklı bitki türlerinde tekrarlanabilmesine olanak sağlamaktadır (Aplin vd., 2023; Zhang vd., 2025).

3. BULGULAR

3.1. NDVI Analizi Sonuçları

DJI Mavic 3M multispektral verileri kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda, çalışma alanına ait NDVI değerleri –0.79 ile 0.73 arasında değişim göstermiştir. Ortalama NDVI değeri 0.194, minimum değer –0.790, maksimum değer ise 0.731 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, incelenen tarım alanında bitki örtüsünün genel olarak zayıf ve heterojen bir dağılım sergilediğini göstermektedir.

NDVI < 0.3 aralığında yer alan bölgeler “açıklık” veya “zayıf bitki gelişimi” alanı olarak tanımlanmış; bu alanların, toplam ekili yüzeyin %68.81’ini oluşturduğu belirlenmiştir. Bu oran, çalışma alanında ekim sıklığı, toprak nemi veya besin maddesi dağılımındaki dengesizliklerin bitki gelişimini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (Gil vd., 2025).Benzer şekilde Lin vd., (2023), drone tabanlı multispektral görüntüler kullanarak gerçekleştirdikleri analizlerde, düşük NDVI (<0.3) değerlerinin tarımsal açıklık bölgeleriyle yüksek oranda örtüştüğünü bildirmiştir. Mevcut çalışmada da düşük NDVI bölgelerinin çoğunlukla bitki sıraları arasındaki boşluklarda ve tarla merkezinde kümelendiği gözlemlenmiştir. Mevcut çalışmadaki bulgular, benzer şekilde, NDVI tabanlı açıklık haritalarının yeniden ekim planlaması ve bitki yoğunluğu izleme süreçlerinde güvenilir bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

3.2. NDVI Değer Aralıklarının Dağılımı

Açıklık oranlarını daha net göstermek amacıyla Çizelge 1’de NDVI değer aralıkları dört sınıfa ayrılmıştır:

Çizelge 2 NDVI Değer Aralıkları

NDVI Aralığı	Bitki Durumu	Alan (%)	Açıklama
< 0.0	Toprak / Boşluk	12.4	Bitki örtüsü bulunmayan bölgeler
0.0 – 0.3	Zayıf gelişim	56.4	Seyrek bitki veya stresli alan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

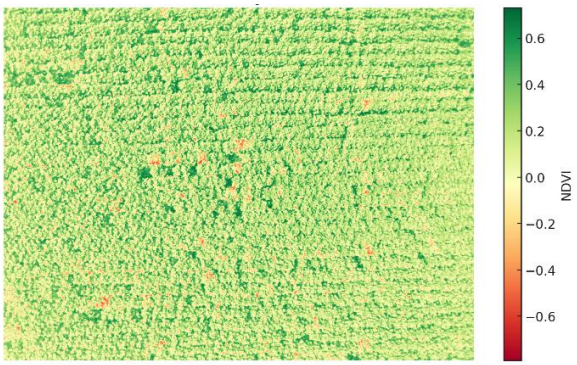
NDVI Aralığı	Bitki Durumu	Alan (%)	Açıklama
0.3 – 0.6	Orta yoğunluk	25.7	Normal gelişim gösteren alan
> 0.6	Yüksek yoğunluk	5.5	Sağlıklı ve yoğun bitki örtüsü

Bu Çizelge, bitki örtüsünün büyük kısmının zayıf veya orta düzeyde gelişim gösterdiğini ve yalnızca küçük bir kısmın (%5.5) yüksek NDVI değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bulgular, NDVI indeksinin bitki yoğunluğu tespiti için güvenilir bir gösterge olduğunu belirten literatürle uyumludur (Pazhanivelan vd., 2023; Wasif vd., 2022).

3.3. Görsel Bulgular

Görsel 1'de RGB görüntüsü, Görsel 2'de ise NDVI haritası gösterilmektedir. NDVI haritasında yeşil tonlar yüksek bitki canlılığını, kırmızı tonlar ise açıklık alanlarını temsil etmektedir. Görsellerde açıklık bölgelerinin genellikle tarla içi su tutmayan veya yoğun ekim yapılmamış alanlarda kümelendiği görülmektedir.

Görsel 7. RGB Görüntüsü (Dji Mavic 3M)



Görsel 8. NDVI Haritası (Dji Mavic 3M)

Açıklıkların mekânsal dağılımı incelendiğinde, düşük NDVI bölgelerinin çoğunlukla tarla merkezinde ve kenar bölgelerde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu durum, topografik farklılıklar ve güneş ışığı düşüm açılarından kaynaklanabilir (Jelowicki vd., 2020).

3.4. Bulguların Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlar, DJI Mavic 3M'in multispektral sensörlerinden elde edilen verilerin, tarımsal açıklık tespitinde yüksek doğruluk ve çözünürlük sağladığını ortaya koymuştur. NDVI tabanlı yaklaşım, hem bitki gelişim yoğunluğunu hem de boşluk alanlarının mekânsal dağılımını başarılı biçimde belirlemiştir. Açık kaynak yazılım araçlarıyla geliştirilen bu analiz süreci, hem tekrarlanabilir (reproducible) hem de ölçeklenebilir (scalable) bir model sunmaktadır.Sonuç olarak, bu çalışma, taşınabilir multispektral sistemlerin hassas tarım uygulamalarında etkin biçimde kullanılabileceğini, özellikle de stand gap tespiti, yeniden ekim

planlaması ve bitki gelişimi izleme süreçlerinde karar destek mekanizmalarına değerli bir katkı sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada DJI Mavic 3M multispektral görüntüleri kullanılarak ekili alanlardaki açıklık bölgeleri NDVI temelli yöntemlerle analiz edilmiştir. Elde edilen ortalama NDVI değeri (0.194) ve açıklık oranı (%68.81), tarla genelinde bitki yoğunluğunun düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, ekim sıklığı, toprak nemi ve besin maddesi heterojenliği gibi agronomik faktörlerin bitki gelişimini etkilediğini düşündürmektedir (Gil vd., 2025; Indu vd., 2023). Ayrıca düşük NDVI bölgelerinin tarla merkezinde ve kenar bölgelerde yoğunlaşması, ışık düşüm açısı ve mikro-topografik değişimlerin bitki örtüsü üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (Jełowicki vd., 2020).

Literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında sonuçların genel eğilimlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Lin vd., (2023), NDVI < 0.3 bölgelerini açıklık olarak sınıflandırmış ve %95 doğruluk bildirmiştir. Aplin vd., (2023), mısır tarlalarında NDVI tabanlı yoğunluk analizinde %98 doğruluk elde etmiştir. Zhang vd., (2025), NDVI ve NDRE indekslerinin birleştirilmesinin bitki yoğunluğu analizinde doğruluğu artırdığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, mevcut araştırmada kullanılan NDVI tabanlı yöntemin açıklık tespiti için güvenilir bir çözüm olduğunu desteklemektedir.

4.1. Literatürle Karşılaştırma

Bu bölümde, çalışmanın bulguları literatürdeki benzer çalışmalarla yöntem, indeks kullanımı ve doğruluk açısından karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3 Literatürdeki Benzer Çalışmaların Karşılaştırılması

Çalışma	Bitki Türü / Alan	Kullanılan İndeks(ler)	Yöntem	Bulgular / Doğruluk
Lin vd. (2023)	Tütün	NDVI	Multispektral İHA + sayım	NDVI < 0.3 ile açıklık tespiti, %95 doğruluk
Aplin vd. (2023)	Mısır	NDVI + CNN	Çok bantlı İHA + derin öğrenme	Erken dönem yoğunluk tahmini, %98 doğruluk
Wasif vd. (2022)	Pirinç	NDVI	Zaman serisi multispektral analiz	NDVI eşik 0.3, fenolojik yoğunluk ölçümü
Pazhanivelan vd. (2023)	Pamuk	NDVI	Biyofiziksel parametre analizi	Stres tespiti, spektral uyum doğrulandı

Çalışma	Bitki Türü / Alan	Kullanılan İndeks(ler)	Yöntem	Bulgular / Doğruluk
Zhang vd. (2025)	Buğday	NDVI + NDRE	İHA multispektral analiz	Birleşik indeks ile doğruluk artışı
Indu vd. (2023)	Tahıllar	NDVI	Nesne tabanlı segmentasyon	Yüksek doğruluklu bitki-ayrımı, açıklık tespiti
Bu çalışma (2025)	Genel Ekili alan	NDVI	Açık kaynaklı morfolojik analiz	%68.81 açıklık, NDVI ort. 0.194

Çizelgedeki çalışmalar incelendiğinde, NDVI < 0.3 eşik değerinin farklı ürünlerde açıklık tespitinde yaygın olarak kullanıldığı ve doğruluğunun literatürde geniş şekilde doğrulandığı görülmektedir. Bu nedenle mevcut çalışmada kullanılan eşik değeri ve yöntem, bilimsel açıdan temellendirilmiş ve uygulanabilir bir yapıya sahiptir.

Açıklık bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan piksel tabanlı eşikleme ve morfolojik analiz yöntemi, Indu vd., (2023) tarafından önerilen nesne tabanlı segmentasyon yaklaşımlarına benzer doğruluk seviyeleri üretmiş, aynı zamanda işlem verimliliği avantajı sunmuştur. Mavic 3M gibi taşınabilir multispektral sistemlerin sağladığı yüksek çözünürlük, özellikle bitki sıklığı düşük alanlarda açıklıkların hassas şekilde belirlenmesini mümkün kılmıştır.

Çalışmanın bir diğer önemli yönü, tüm sürecin Python ve QGIS gibi açık kaynak araçlarla yürütülmüş olmasıdır. Bu yaklaşım yöntemsel şeffaflığı artırmakta ve diğer araştırmacılar tarafından farklı ürünlere kolaylıkla uyarlanabilmesini mümkün kılmaktadır (Aplin vd., 2023; Wasif vd., 2022).

5. SONUÇ

Bu çalışma, DJI Mavic 3M multispektral görüntülerinin ekili alanlarında açıklık tespiti için etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. NDVI < 0.3 eşiğine dayalı açıklık analizi, bitki yoğunluğunun zamansal ve mekânsal değişimlerini tespit etmek için güçlü bir karar destek aracı sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, yeniden ekim, gübreleme ve sulama planlamasının optimizasyonu gibi hassas tarım uygulamalarında önemli katkılar sağlayabilecek niteliktedir (Pawar vd., 2024; Zhang vd., 2025).

Gelecek çalışmalarda NDRE ve VARI gibi ek spektral indekslerin kullanılmasıyla model doğruluğunun artırılması; derin öğrenme tabanlı segmentasyon yöntemlerinin (U-Net, Mask R-CNN) entegrasyonuyla açıklık alanlarının otomatik, hızlı ve yüksek hassasiyetle tespit edilmesi mümkün olacaktır (Modica vd., 2020). Bu tür hibrit yaklaşımlar, veri temelli tarımsal yönetim sistemlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sunabilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada önerilen açık kaynaklı analiz yöntemi, düşük maliyetli, güvenilir ve tekrarlanabilir bir yapıya sahiptir. Multispektral drone görüntülerinin hassas tarımda operasyonel karar süreçlerine entegre edilmesi için güçlü bir temel oluşturmaktadır.

Kaynakça

Ahn, H. Y., Choi, C., Kim, T., Jeong, D., Park, C. W., Ryu, J. H., Han, J. G., & Lee, K. Do. (2024). Development and Application of Multispectral Drone Image Pre-Processing Module for Agricultural Monitoring. *Korean Journal of Remote Sensing*, *40*(6), 1265-1273. https://doi.org/10.7780/kjrs.2024.40.6.1.30

Aplin, O., Famolari, K., Liu, S., Mehta, B., Xiong, M., Mesham, M., & Jafari, M. (2023). Kernelytics: Multispectral Drone Imagery and Deep Learning for Early Corn Assessment. *IEEE MIT Undergraduate Research Technology Conference, URTC 2023 - Proceedings*. https://doi.org/10.1109/URTC60662.2023.10534990

Gil, H. A. P., Marcillo, C. M. D., Alcívar, R. A. D., Zambrano, L. F. F., Suc, N. E. C., & Castro, E. J. J. (2025). Remote sensing applied for the estimation of crop coefficient and detection of forest cover changes. *Revista de la Facultad de Agronomia*, *42*(1). https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v42.n1.XI

Indu, K. C., Manohar Kumar, C. V. S. S., Pankaj, D. S., & Nidamanuri, R. R. (2023). Automatic Object Based Plant-level Crop Segmentation in Drone-based Hyperspectral Imagery. *Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing, Evolution in Remote Sensing*. https://doi.org/10.1109/WHISPERS61460.2023.10431051

Jełowicki, Ł., Sosnowicz, K., Ostrowski, W., Osińska-Skotak, K., & Bakuła, K. (2020). Evaluation of rapeseed winter crop damage using UAV-Based multispectral imagery. *Remote Sensing*, *12*(16). https://doi.org/10.3390/RS12162618

Lin, H., Chen, Z., Qiang, Z., Tang, S. K., Liu, L., & Pau, G. (2023a). Automated Counting of Tobacco Plants Using Multispectral UAV Data. *Agronomy*, *13*(12). https://doi.org/10.3390/agronomy13122861

Modica, G., Messina, G., De Luca, G., Fiozzo, V., & Praticò, S. (2020). Monitoring the vegetation vigor in heterogeneous citrus and olive orchards. A multiscale object-based approach to extract trees' crowns from UAV multispectral imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, *175*. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105500

Pawar, M. M., Pawar, M. M., Pawar, P. M., & Deshmukh, B. M. (2024). *Advancing Sugarcane Farm Management Through NDVI-Based Color Mapping and Drone Imaging*.

Pazhanivelan, S., Kumaraperumal, R., Shanmugapriya, P., Sudarmanian, N. S., Sivamuruhan, A. P., & Satheesh, S. (2023). *Quantification of Biophysical Parameters and Economic Yield in Cotton and Rice Using Drone Technology*.

Wasif, D., Khan, M. Q., Murtaza, R., Ahmad, M. Z., Zafar, Z., Shahzad, M., Berns, K., & Fraz, M. M. (2022). Extraction of Rice Phenological Metrics Using Temporally Correlated Multispectral Drone Imagery. *Proceedings - 16th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2022*, 163-169. https://doi.org/10.1109/SITIS57111.2022.00039

Zhang, D., Qi, H., Guo, X., Sun, H., Min, J., Li, S., Hou, L., & Lv, L. (2025). Integration of UAV Multispectral Remote Sensing and Random Forest for Full-Growth Stage Monitoring of Wheat Dynamics. *Agriculture (Switzerland)*, *15*(3). https://doi.org/10.3390/agriculture15030353

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DİŞLİ ÇARK TASARIM PARAMETRELERİNİ DİŞ DİBİ GERİLMELERİNE OLAN ETKİLERİNİN İSTATİSKİ OLARAK İNCELENMESİ

Makine Mühendisi, Abdurrahman AYDOĞAN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
aaydogann01@gmail.com - 0009-0009-9807-983X

Doç. Dr. Oğuz DOĞAN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
oguzdogan@ksu.edu.tr - 0000-0003-4203-8237

ÖZET

Dişli çarklar günümüzde en sık kullanılan makine elemanlarıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte artan güç ve tork ihtiyaçlarından dolayı, dişli çarklar üzerine uygulanan kuvvet değerleri de artmaktadır. Bu nedenle dişli çarklarda oluşan diş dibi gerilmelerinin doğru bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca dişli tasarımına etki eden farklı tasarım parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler diş dibinde oluşan gerilmelere farklı etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada dört farklı dişli tasarım parametresinin (diş başı yüksekliği, profil kaydırma faktörü, kesici takım uç yarı çapı, basınç açısı), beş farklı seviyesi için diş dibinde oluşan gerilmelere olan etkisi nümerik ve istatistiki olarak incelenmiştir. İncelenen parametre ve seviye sayısı için toplam bin yirmi dört analiz gerekmektedir. Bu durumun aşılması için Taguchi metodu kullanılarak deney sayısı yirmi beşe düşürülmüştür. Oluşturulan deney kümesi için dişli çarklar tasarlanmış ve ANSYS Workbench ortamından statik yapısal analize tabi tutularak diş dibinde oluşan gerilmeler hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen diş dibi gerilme sonuçları kullanılarak ANOVA analizi gerçekleştirilmiş ve her bir parametrenin hangi oranda diş dibi gerilmelerini etkilediği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %47,48 etki oranı ile kesici takım uç yarıçapının diş dibinde oluşan gerilmeler üzerinde en etkili parametre olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık %2,83 etki oranı ile profil kaydırma faktörünün ise diş dibi gerilmelerine en az etkili parametre olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan Taguchi analizi ile optimum dişli tasarım parametreleri de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Diş dibi gerilmesi, Taguchi metodu, ANOVA, Sonlu elemanlar yöntemi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ATOMISTIC INSIGHTS INTO HIGH ENTROPY ALLOYS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF MOLECULAR DYNAMICS SIMULATIONS

Assistant Professor Güldane ATEŞOĞLU
Karabuk University
guldaneertugrul@karabuk.edu.tr- 0000-0001-9690-5573
Assistant Professor Tuğçe YILDIZ
Karabuk University,
tugcekoden@karabuk.edu.tr- ORCID ID
Prof. Dr. İsmail ESEN
Karabuk University
iesen@karabuk.edu.tr- ORCID ID

ABSTRACT

High Entropy Alloys are a notable area of research in materials science due to their superior mechanical properties and unique chemical compositions compared to traditional alloys. These alloys typically contain five or more major elements in equal or near-equal atomic ratios. Molecular Dynamics simulation has emerged as a critical computational tool for understanding the atomic scale behavior of these complex structures. Molecular dynamics simulations use Newtonian mechanics to solve atomic orbitals to study material properties at the atomic level and provide superior computational efficiency in manipulating large atomic systems. Embedded Atom Method or Modified Embedded Atom Method potentials are commonly used to describe interatomic interactions in High Entropy Alloys. Simulations are typically performed using software such as LAMMPS or ATOMSK. Molecular Dynamics simulations play a crucial role in understanding the atomic scale structural evolution, deformation mechanisms, and thermodynamic stability of High Entropy Alloys. However, direct comparison of molecular dynamics with experimental results remains challenging due to the temporal and length scale limitations of current molecular dynamics simulation techniques. These observations emphasize the necessity for combined computational and experimental methods to better represent the multiscale characteristics of High Entropy Alloy behavior. Overall, molecular dynamics simulations provide essential atomic scale insights into High

Entropy Alloys, and this review synthesizes current molecular dynamics based research, highlights emerging trends, and underscores the predictive role of molecular dynamics in advancing the understanding of these complex materials.

Keywords : Molecular dynamic simulation, High Entropy Alloys, Embedded Atom Method, Modified Embedded Atom Method.

1. INTRODUCTION

High-entropy alloys (HEAs) are attracting intense interest from researchers due to their unique and desirable properties compared to conventional alloys and their potential for advanced applications [1,2]. Breaking traditional alloy design paradigms, HEAs typically consist of five or more primary elements in equal or nearly equal atomic ratios [1,3,4]. This compositional structure leads to a high intermetallic entropy, which ensures phase stability [1–4]. This HEAs suppresses intermetallic oxidation and stabilizes the single-phase solid solution (Face-centered cubic (FCC) or body-centered cubic (BCC) lattice) [3,4] HEAs have demonstrated superior properties compared to conventional methods, including high strength, toughness, excellent wear resistance, fracture resistance, and cryogenic toughness[1–3,5,6]. For example, high-entropy Cantor alloys (with FCC crystal structures) have demonstrated high yield strength and fracture toughness compared to nickel superalloys and high-strength steels. This superior performance makes HEAs ideal for harsh environment applications such as exhaust nozzles in gas turbine engines, nuclear components, and details[1,3,6].

Given the complexity of HEAs' compositional storage engines and design, the atomic level is fundamental. Advanced group characterization techniques (e.g., STEM, EXAFS, APT) can encounter difficulties at sub-nanometer scales and in multi-element systems, particularly in separating elements with similar atomic numbers, highlighting the need for high-precision programming equipment[1,5–8].

1.1. The fundamental structural characteristics of HEAs

The defining structural feature of HEAs is the unique combination of a simple single-phase solid solution structure at the macroscopic scale and chemical and geometric disorder at the atomistic level. This complex atomistic disorder is characterized, in particular, by Short-Range Order (SRO) and high atomic-level lattice distortion.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

A detailed analysis of the defining structural features of HEAs is presented below, using an academic approach:

1.1.1. Fundamental Phase Stability and the High Entropy Effect

HEAs differ structurally from traditional alloys. Their key defining feature is their high configurational entropy of mixing (Schem) and the fact that they are typically formed by mixing five or more major elements in equal or nearly equal atomic ratios[1,4]. This high entropy thermodynamically suppresses the formation of intermetallic compounds by lowering the free energy (G=H−TS), thus stabilizing the simple crystal structure (mostly FCC or BCC) as a single-phase solid solution[1,4].

The success of this simple crystal structure (FCC or BCC) is the initial structural definition of HEAs, but the atomistic disorder hidden within this simple lattice is the primary factor that provides the alloy's superior mechanical properties.

1.1.2. Short-Range Chemical Order (SRO)

The most critical and current structural defining feature determining the mechanical and thermodynamic properties of HEAs is the widespread presence of SRO[5].

While traditional views treat HEAs as completely chemically disordered (random) systems, both experimental and atomistic simulations (MD, DFT, MC) have demonstrated, contrary to this assumption, the existence of SRO structures at the nanometer scale[2,5].

SROs are localized chemical arrangements in which atoms exhibit deviations from a completely random distribution within their lattice sites, but not large enough to create long-range periodic order. This occurs because enthalpic effects (chemical interaction tendencies) between elements compete locally against entropic effects that dominate at high temperatures[5].

SRO significantly modulates the mechanical properties and thermodynamic stability of HEAs. For example, the presence of SRO alters generalized stacking fault energy (SFE) and dislocation behavior at the atomic level. Molecular Dynamic simulations(MD) have shown that SROs enhance lattice friction resistance by increasing the energy barriers for both edge and screw dislocation motions[5].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1.1.3. High Atomic-Level Stresses (Lattice Distortion)

Another natural consequence of the structural complexity of HEAs is the presence of high atomic-level stresses (or lattice distortion). Mixing multiple parent elements causes significant lattice distortion, both globally and locally, due to differences in the atomic sizes and chemical interactions of the elements[2,6,7].

Mechanical Effect: This lattice distortion is one of the fundamental mechanisms contributing to solid solution hardening by creating significant internal resistance to dislocation motion (lattice friction)[6].

Atomistic Characterization: Atomistic simulations can quantitatively examine lattice distortion in terms of the mean square displacement of atoms from ideal lattice positions ($<\Delta R^2>$) or elastic strain energy, a critical structural descriptor for understanding the mechanical behavior of solid solutions. This atomic-level distortion observed in refractory HEAs (e.g., BCC structures) has been noted to be more pronounced compared to FCC HEAs [4,6].

In summary, the structural defining feature of HEAs is the subnanometer SRO and high degree of atomic-level lattice distortion, which confer the superior properties of the material, within a simple (FCC/BCC) single-phase solid solution matrix stabilized by high entropy[5–7].

1.2. The Role of Molecular Dynamics (MD) Simulations

Among computational materials science tools, MD simulations stand out as a powerful and effective method for studying the behavior and properties of materials at the atomic scale[3,8]. By solving the equations of motion of atoms (based on Newtonian mechanics) through numerical integration, MD provides information about atomic orbitals, allowing the study of fundamental deformation processes in complex alloys[3,5,8].

MD simulations are an indispensable tool for understanding the mechanical response of HEAs from an atomistic perspective. These simulations can examine the synergistic effects of parameters such as strain, strain rate, temperature, and grain size on mechanical properties at the atomic level. For example, MD simulations have been used to generate datasets for predicting tensile properties such as Young's modulus, yield strength, and ultimate tensile strength of FeNiCrCoCu HEAs. Additionally, MD has been used to investigate deformation behavior (slip and dislocation mobility) in refractory HEAs such as BCC MoNbTaW, providing an atomistic insight into dislocation-based strengthening mechanisms[1,8].

Key applications of MD simulations include:

Deformation Mechanisms: MD helps understand dislocation nucleation, mobility, and interactions, twinning, phase transformations, and SFE at the atomistic level[3,5–8].

SRO: In HEAs, traditionally considered chemically disordered, the presence of nanometer-scale SRO structures significantly influences mechanical properties. MD simulations, combined with Monte Carlo (MC) methods (Hybrid MC/MD) or via Machine Learning Potentials (MLPs), are critical for studying the dynamics of SRO formation and the effects of these structures on deformation[5,7].

High-Temperature Behavior: MD has been used to study the atomistic mechanisms of time-dependent deformation phenomena such as creep in HEAs (e.g., creep behavior of CoCrFeMnNi HEAs). Microstructural evolutions such as increased dislocation density and amorphous structure formation at high temperatures can be analyzed in this way[3].

Integrated Computational Design: MD can be combined with other high-throughput computational tools such as Machine Learning (ML) and Structured Phase Diagram Computing (CALPHAD) by generating large datasets and describing material behavior at the atomistic scale[1,6].

This review aims to comprehensively review how MD simulations are used to understand the atomistic mechanisms of HEAs and the recent advances in this field. The aim is to provide a systematic overview of MD simulation techniques and findings to reveal atomistic insights behind the unique properties of HEAs and to guide future materials design efforts. Specifically, we will focus on the effects of dislocation dynamics, SRO, thermomechanical loading, and different compositions on mechanical behavior at the atomistic level.

2. COMPUTATIONAL METHODOLOGY FOR ATOMISTIC SIMULATIONS

2.1. ATOMSK®

ATOMSK is a free and open source command-line program designed to create, transform, and manipulate atomic data files for computational physics and chemistry, particularly for atomistic simulations and materials science. Literature indicates that ATOMSK's functionality is critical for precisely crafting initial atomistic configurations and identifying defects for complex material structures[9].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ATOMSK is a pre-processing application based on Fortran 90 that operates on multiple platforms and is commonly utilized in atomistic modeling research. Its modular design centers around processing input files, adjusting atomic data in memory through various transformation options, and exporting the altered configuration in different file formats. This setup offers considerable adaptability and compatibility across various computing environments[9].

A key advantage of ATOMSK is its wide-ranging support for file formats. It can read and transform data from first-principles software such as Quantum Espresso, VASP, and SIESTA, in addition to classical MD codes like LAMMPS, DL_POLY, IMD, and GULP. Furthermore, it produces outputs that work well with visualization applications like Atomeye, VESTA, and xCrySDen. Atomic configurations stored in memory keep dynamic details, including atom types, velocities, charges, forces, and, where applicable, core-shell characteristics[1,3,5,9].

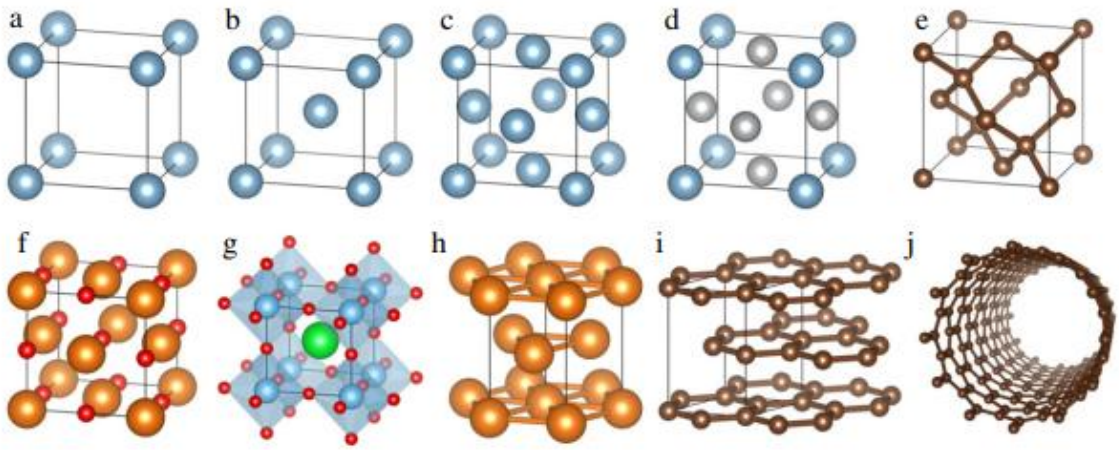


Figure 1. Some examples of lattices that can be generated with ATOMSK[10].

The application features an extensive array of capabilities for structural manipulation. In addition to fundamental operations like duplication, mirroring, and deformation, ATOMSK can create dislocations by integrating isotropic or anisotropic elasticity solutions if the elastic stiffness tensor is provided. It also calculates the stress field related to dislocations and saves this information as additional per-atom data for visualization or subsequent analysis. Several specialized modes facilitate the automated creation of intricate systems, including[9]:

create: generation of crystal lattices such as FCC, BCC, HCP, perovskite, diamond, or nanotubes,

merge: assembly of phase interfaces, heterogeneous boundaries, or tilted dislocation lines by combining multiple configurations,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

polycrystal: construction of 2D/3D polycrystals using Voronoi tessellation with user-defined or random orientations,

nye: calculation of Nye's tensor to quantify local lattice distortions and dislocation density.

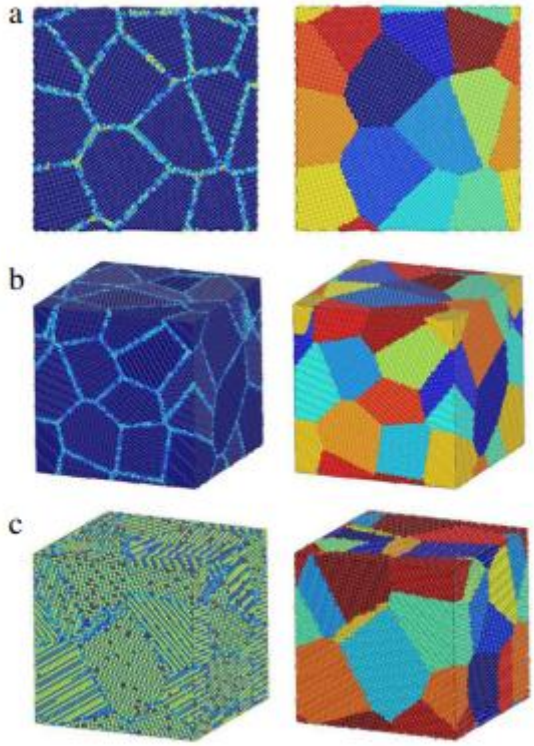


Figure 2. Some examples of polycrystalline systems built with ATOMSK[9].

ATOMSK is key in the atomic-level modeling of HEAs. It allows for the development of polycrystalline structures with multiple components, which can have randomized or specific orientations, and provides control over the number and shape of grains, as well as the addition of defects like point, line, or planar imperfections in the original setup. These features are essential for MD simulations that investigate deformation processes such as the birth, movement, and interaction of dislocations. Additionally, ATOMSK's capability to produce structures that align with EAM/MEAM potential formats guarantees smooth integration with LAMMPS, leading to a dependable and comprehensive computational process[9].

2.2. LAMMPS® Simulations of High-Entropy Alloys and the Role of EAM/MEAM Potentials

High-entropy alloys (HEAs) are systems made up of multiple components, generally containing five or more key elements in equal or nearly equal proportions. Because of their remarkable

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

strength, resistance to heat, and ability to withstand corrosion, they have become a major focus of study in fields like structural engineering, aerospace, and energy. MD simulations conducted with LAMMPS offer a robust method for investigating the atomic-level processes, stability of phases, and deformation characteristics of these complex materials with diverse compositions. The reliability and predictability of these simulations are heavily influenced by the interatomic potentials used, particularly the Embedded Atom Method (EAM) and the Modified Embedded Atom Method (MEAM).

LAMMPS is able to effectively manage extensive atomic systems that exhibit significant chemical disorder, which makes it ideal for simulations of HEAs. Nonetheless, the complicated structure of HEAs, which arises from differences in atomic dimensions, electronegativity, and bonding traits, requires strong and well-defined interatomic potentials.

2.2.1. Embedded Atom Method (EAM)

EAM has been primarily created for metal systems and has shown to work well for FCC and BCC structures that are often found in many high-entropy alloys. It takes into account not only interactions between pairs of atoms but also how the local electron density around each atom affects these interactions.

In the case of high-entropy alloys, EAM offers dependable estimates of cohesive energy, lattice parameters, thermodynamic properties, and general mechanical characteristics. Nevertheless, its effectiveness may reduce in alloys with multiple components where there is a notable difference in atomic sizes or varied electronic structures, especially if the potential does not have thorough parameter settings for all combinations of elements.

2.2.2. Modified Embedded Atom Method (MEAM)

MEAM expands on the EAM model by adding angular dependencies that reflect the effects of directional bonding and crucial for HEAs with elements like Ti, Zr, or Al. This improvement enables MEAM to better simulate alloys with both metallic and covalent interactions as well as the stability of mixed FCC/BCC phases.

MEAM offers enhanced descriptions of mechanisms involved in plastic deformation, such as dislocation movement, twinning processes, and interactions at grain boundaries. However, creating precise MEAM potentials for HEAs is still a complex task due to the extensive parameter range needed for alloys with multiple components [11,12].

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Modeling HEAs with LAMMPS involves a number of inherent difficulties due to the intricate chemical and structural characteristics of these materials. The vast range of compositions in high-entropy alloys, marked by considerable differences in atomic size, electronegativity, and bonding characteristics among the various elements, makes it challenging to create interatomic potentials that accurately depict all interactions within a multi-element setting. This intricacy also influences the ability to forecast phase stability, as effectively simulating changes between FCC, BCC, HCP, or mixed-phase configurations necessitates potential that can detect subtle energy variations across different temperature and pressure conditions. Additionally, examining mechanical properties like yielding, strain hardening, dislocation behavior, and ductility is greatly influenced by the accuracy of the selected potential and the boundary conditions set during MD simulations. Therefore, obtaining meaningful results in LAMMPS requires not only well defined EAM or MEAM potentials but also a thoughtful approach to simulation configurations, system dimensions, and thermomechanical loading strategies[13,14].

Recent research has presented optimization processes enhanced by machine learning that boost the precision and adaptability of EAM and MEAM potentials for HEAs. Comprehensive computational systems that combine LAMMPS with materials genome strategies have sped up the evaluation of extensive compositional ranges. In addition, linking atomic-level simulations with mesoscale and continuum simulations allows for more accurate forecasting of HEA deformation and breakdown.

EAM/MEAM-based MD simulations play a crucial role in creating advanced HEAs that exhibit better mechanical and thermal properties. Upcoming efforts will focus on combining quantum related datasets into potential fitting methods, enhancing compatibility between different elements, and applying machine-learning-based potentials to broaden LAMMPS's ability to predict outcomes in HEA systems[15,16].

2.3. OVITO® for Post Processing and Structural Analysis

OVITO, known as the Open Visualization Tool, is a complete environment for post-processing and visualizing data from atomistic simulations. Its robust analytical features are especially valuable for HEAs, which exhibit significant atomic disarray, intricate phase structures, and various defect types that demand advanced analytical tools. OVITO allows scientists to obtain microstructural, mechanical, and chemical information straight from simulation paths, connecting atomic-level activities with the overall performance of materials.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

2.3.1. Structural Analysis of HEAs

Due to their multi-principal-element nature, HEAs often exhibit significant structural heterogeneity and local disorder. OVITO's interactive visualization interface allows direct inspection of atomic arrangements, facilitating clear differentiation among FCC, BCC, HCP, and amorphous regions. Algorithms such as Common Neighbour Analysis (CNA), Polyhedral Template Matching (PTM), and Voronoi tessellation support quantitative phase identification, enabling accurate evaluation of phase stability and structural transitions under varying thermal or mechanical conditions

2.3.2. Defect Detection

Microstructural defects significantly affect the mechanical properties of HEAs, and OVITO offers powerful options for analyzing these irregularities. The Dislocation Extraction Algorithm (DXA) helps in identifying and displaying complete dislocation networks, highlighting slip phenomena, interactions between dislocations, and paths of deformation. Functions for grain boundary identification measure grain shapes and monitor the movement of boundaries throughout deformation. Moreover, the program is capable of identifying vacancies, interstitials, and variations in composition, providing valuable information about resistance to irradiation and strength enhancements linked to defects.

2.3.3. Thermal and Mechanical Properties Evaluation

OVITO enables efficient analysis of thermomechanical simulation data for HEAs, including nanoindentation response, hardness and modulus extraction, and elastic–plastic transitions. RDF-based evaluations further quantify short-range order and temperature-dependent structural evolution.

2.3.4. Chemical Composition and Phase Separation

Through element-based coloring, filtering, and coordination analysis, OVITO visualizes chemical heterogeneity in HEAs, allowing rapid identification of segregation, clustering, and phase separation phenomena and their links to mechanical behavior.

2.3.5. Dynamic Behavior

OVITO provides time-resolved visualization of HEA simulations, capturing phase transformations, dislocation motion, and atomic diffusion. These capabilities support

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

diffusivity analyses and the assessment of high-temperature stability and deformation mechanisms[17,18].

OVITO is a highly effective tool for interpreting the complex atomic environments characteristic of high-entropy alloys. Its Python-based interface and customizable analysis modules allow researchers to quantitatively assess key microstructural features such as lattice distortion, chemical heterogeneity, and SRO. By enabling the simultaneous visualization of dislocations, strain fields, and phase separation, OVITO plays a central role in linking atomistic processes to material design. While already valuable for modeling service conditions, optimizing alloy composition, and evaluating deformation behavior, its growing integration with machine-learning-assisted materials discovery is expected to further enhance its analytical power for future HEA research

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Overall, the integrated atomistic simulation workflow applied in this study proved highly effective for elucidating the fundamental behavior of high-entropy alloys, a class of materials increasingly recognized for their exceptional mechanical performance, thermal stability, and application potential in advanced structural systems. ATOMSK facilitated the controlled construction of multi-element atomic configurations representative of HEA chemistries, including realistic lattice distortions and defect structures arising from severe compositional disorder. These configurations were subsequently simulated in LAMMPS using EAM and MEAM interatomic potentials, which provided a physically consistent description of metallic bonding and complex atomic interactions in multi-principal-element environments. Post-processing with OVITO enabled high-resolution visualization and quantitative assessment of key microstructural features such as dislocation mechanisms, phase arrangements, and chemical heterogeneity thereby linking atomic-scale phenomena to the macroscopic behaviors that make HEAs scientifically and technologically significant. Collectively, the combined use of ATOMSK, LAMMPS, EAM/MEAM potentials, and OVITO establishes a robust computational framework for advancing the understanding and design of next-generation HEAs.

Future advances are expected to significantly improve atomistic modeling of high-entropy alloys. The development of machine learning-based interatomic potentials will provide

accuracy close to the density functional theory level, even in highly complex HEA systems. Multiscale modeling approaches that combine molecular dynamics with phase field methods and finite element models of crystal plasticity will more directly establish the relationship between atomic mechanisms and macroscopic material response. Simulations conducted under extreme conditions such as irradiation, shock loading, high strain rates, and high temperatures will expand the application of HEAs in challenging operating environments. The use of more realistic microstructures, including experimental grain structures and defect populations, will significantly increase the predictive capacity of models. More precise quantification of chemical complexity and lattice distortion effects, combined with MD databases and materials informatics-based alloy design strategies, will accelerate the discovery of new HEA compositions. Furthermore, functional HEAs exhibiting magnetic, superconducting, or ceramic properties are expected to become important areas of MD research in the future.

REFERENCES

1. Elgack, O., Almomani, B., and Syarif, J., "Molecular dynamics simulation and machine learning-based analysis for predicting tensile properties of high-entropy FeNiCrCoCu alloys", ***Journal Of Materials Research And Technology***, 25: 5575–5585 (2023).
2. Zhang, Y., "New Advances in High-Entropy Alloys", 1–7 (2020).
3. Nettey-oppong, E. E. and Taylor, S. T., "Unravelling the Creep Behavior of Equiatomic CoCrFeMnNi High-Entropy Alloy Foam : A Molecular Dynamics Study", 1–29 (2025).
4. Widom, M., "Modeling the structure and thermodynamics of high-entropy alloys", (2018).
5. Liu, H., Chen, B., Chen, R., He, J., Kang, D., Dai, J., Liu, H., Chen, B., Chen, R., He, J., and Kang, D., "Advances in Physics : X Computational simulation of short-range order structures in high-entropy alloys : a review on formation patterns , multiscale characterization , and performance modulation mechanisms", ***Advances In Physics: X***, 10 (01): (2025).
6. Kumar, J., Jha, S., Raturi, A., Bajpai, A., and Sonkusare, R., "Novel Alloy Design Concepts Enabling Enhanced Mechanical Properties of High Entropy Alloys", 9 (June): 1–13 (2022).

7. Wro, J. S., "Simulation and Modeling in High Entropy Alloys", 69 (11): 2137–2149 (2017).
8. Li, X., Yan, C., Nie, L., and Shen, X., "Molecular dynamics study on friction of low-carbon alloy steel 16MnCr5 Molecular dynamics study on friction of low-carbon alloy steel", (2025).
9. Hirel, P., "Atomsk : A tool for manipulating and converting atomic data files ☆", 197: 212–219 (2015).
10. K. Momma, F. I., "VESTA: A three-dimensional visualization system for electronic and structural analysis", ***Journal Of Applied Crystallography***, 41 (3): 653–658 (2008).
11. Jian CaoZian ChenHaichao LiChang LiuYutong HeHongbin ZhangLina Xu*Hongping XiaoXiao He*Guoyong Fang*, "Intelligent Design and Simulation of High-Entropy Alloys via Machine Learning and Multiobjective Optimization Algorithms", ***Journal Of Chemical Theory And Computation***, Vol 21 (Issue 14): (2025).
12. Wu, L. and Li, T., "Journal of the Mechanics and Physics of Solids A machine learning interatomic potential for high entropy alloys", ***Journal Of The Mechanics And Physics Of Solids***, 187 (December 2023): 105639 (2024).
13. Jiang, D., Xie, L., and Wang, L., "Current application status of multi-scale simulation and machine learning in research on high-entropy alloys", ***Journal Of Materials Research And Technology***, 26: 1341–1374 (2023).
14. Lu, Z., "High-throughput and data-driven machine learning techniques for discovering high- entropy alloys", 1–19 (2024).
15. Zhang, L., Qian, K., Huang, J., Liu, M., and Shibuta, Y., "Molecular dynamics simulation and machine learning of mechanical response in non-equiatomic FeCrNiCoMn high-entropy alloy", ***Journal Of Materials Research And Technology***, 13: 2043–2054 (2021).
16. Hasan, R., Islam, R., Hossen, B., and Rahman, W., "Results in Materials Atomistic simulation of mechanical behavior and deformation mechanism in HfNbTaTiZr high entropy alloy : Influence of strain rate and temperature", ***Results In Materials***, 28 (September): 100779 (2025).
17. Ziomek-Moroz, M., & Rodriguez, A. A., "High Entropy Alloys – Aqueous Corrosion", ***In Encyclopedia Of Materials: Metals And Alloys,Elsevier.***, (pp. 511–521) (2022).
18. Shang, Y., Brechtl, J., Psitidda, C., and Liaw, P. K., "Mechanical behavior of high-entropy alloys : A review", .

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MOLECULAR DYNAMICS INVESTIGATION OF TENSILE BEHAVIOR AND PHASE TRANSITION MECHANISMS IN FE_{40}NICRCOCU HIGH-ENTROPY ALLOY

Assistant Professor Tuğçe YILDIZ
Karabuk University,
tugcekoden@karabuk.edu.tr- 0000-0002-5361-7923

Assistant Professor Güldane ATEŞOĞLU
Karabuk University
guldaneertugrul@karabuk.edu.tr- 0000-0001-9690-5573

Prof. Dr. İsmail ESEN
Karabuk University
iesen@karabuk.edu.tr- 0000-0002-7853-1464

ABSTRACT

This study examines the tensile deformation behavior of nano-scaled single crystal Fe_{40}NiCrCoCu high entropy alloys through molecular dynamics simulations. The HEA model underwent uniaxial stress in the x-direction at a temperature of 300K to examine its mechanical properties, phase transitions, and dislocation evolutions. The findings indicated that specific phase transitions transpire with increasing stress levels, leading to major changes in dislocation types and densities.

Keywords: Molecular dynamics simulation; Fe_{40}NiCrCoCu high entropy alloy; phase transformation; dislocation evolution.

1. INTRODUCTION

High entropy alloys (HEAs) vary from conventional alloy design principles, comprising multicomponent random alloys that contain five or more principal elements in equal or very equal atomic ratios, often with atomic concentrations between 5% and 35% [1]. The main distinguishing feature of HEAs is their high configurational entropy, resulting from the occupation of lattice points by numerous elements. These alloys tend to be solidified as single-phase solid solutions with a simple crystal structure such as face-centered cubic (FCC), body-

centered cubic (BCC), or hexagonal close-packed (HSP/HCP) [2, 3]. The distinctive characteristics of HEAs yield four fundamental effects: significant lattice distortion, the high-entropy impact, sluggish diffusion, and the cocktail effect. These unique attributes confer HEAs with exceptional features, including remarkable mechanical performance, elevated strength and hardness, superior fracture toughness, significant wear and corrosion resistance, and high-temperature stability [4, 5]. Their tunable thermophysical properties and unique functionality position HEAs as potential candidates for next-generation smart metallic materials. These superior qualities have led to broad application potential in fields requiring advanced structural materials, such as aerospace and defense technologies [6]. Molecular Dynamics (MD) simulations offer essential theoretical insights for materials science and engineering by quantitatively and visually clarifying the microscopic processes that are challenging to observe through conventional experimental techniques, including dynamic dislocation, phase transformation mechanisms, defect interactions, and defect evolution at the microstructural level, which are fundamental to the exceptional mechanical properties of HEAs [7] . FeNiCrCoCu, a high-entropy alloy, generally possesses a FCC solid solution structure and demonstrates significant phase stability owing to the comparable atomic radii of its constituent elements and low enthalpy of mixing [8]. This alloy is distinguished by its exceptional qualities, encompassing high strength and ductility, outstanding wear resistance, thermal stability, and radiation resistance [9]. The mechanical qualities are intricately linked to the FCC phase ratio and dislocation density; an increase in the FCC ratio enhances tensile strength and elongation [10]. Although Cu enhances strength at low concentrations, elevated levels lead to segregation at grain boundaries, promoting crack formation and diminishing mechanical characteristics [11] . Iron and nickel enhance strength and phase stability [12, 13], cobalt improves friction and wear resistance [14], while chromium has minimal impact on stacking fault energy [15]. The enhanced performance of the FeNiCrCoCu alloy is attained through the regulation of Cu segregation and the optimization of the Fe-Ni ratio [16].

This study comprehensively investigates the nanoscale single-crystal tensile behavior, phase transitions, and dislocation evolution of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ alloy, a high-entropy alloy notable for its high configurational entropy and superior mechanical and thermophysical properties, through molecular dynamics simulations. The limited literature on atomistic phase transformation mechanisms, dislocation transformations, and their relationship with the mechanical response of $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA highlights the significance of the findings in enhancing the understanding of this alloy system. This study seeks to enhance the rational

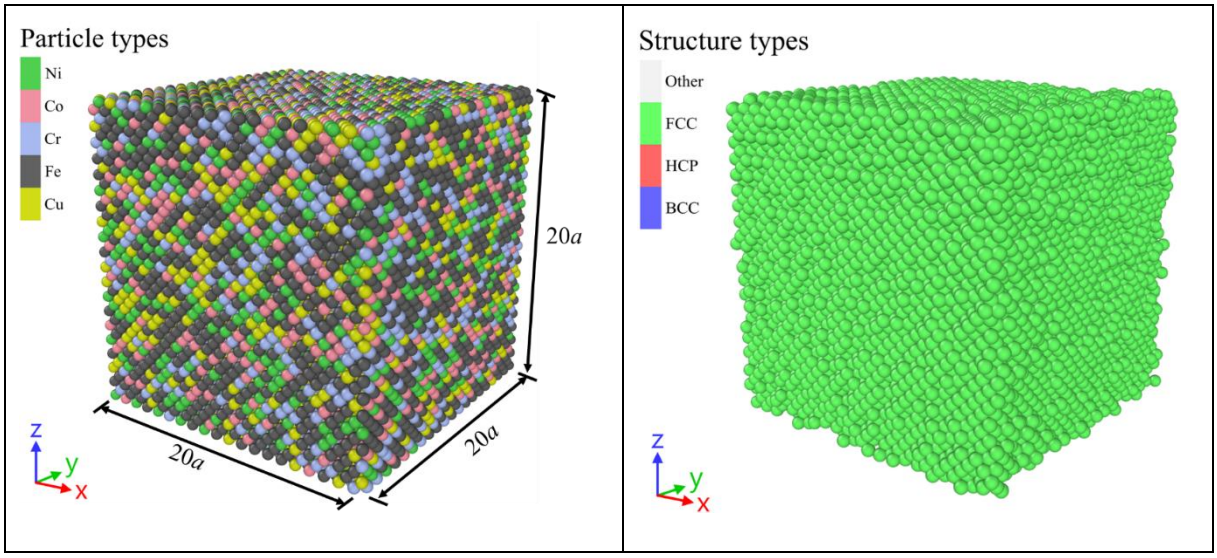
ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

design of $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloys for structural applications and to advance strategies for the development of HEA-based materials.

2. SIMULATION MODEL AND METHODOLOGY

2.1. Construction of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ High-Entropy Alloy Model

The atomic configurations of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloy were generated using the ATOMSK® software package. Initially, a single-crystal FCC lattice composed exclusively of Fe atoms was constructed with a lattice constant (*a*) of 3.552 Å. This parent lattice served as the basis for subsequent compositional randomization. To obtain the target chemical composition, Fe atoms were systematically substituted with Ni, Cr, Co, and Cu atoms according to the prescribed atomic fractions of 40 at.% Fe, 15 at.% Ni, 15 at.% Cr, 15 at.% Co, and 15 at.% Cu, ensuring a representative multi-element solid-solution state characteristic of HEAs.



(a) (b)

Figure 1 Atomistic model of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloy constructed for MD simulations; a) distribution of atomic species; b) local structure classification.

The final model consisted of 32,000 atoms arranged within a cubic simulation cell of dimensions 20*a* X 20*a* X 20*a*, where *a* denotes the lattice constant (Fig. 1a–b). The five constituent elements were randomly distributed across the FCC lattice sites to accurately capture the chemical disorder intrinsic to high-entropy alloy systems. The near-equivalent atomic radii of Fe, Ni, Cr, Co, and Cu at 300 K (0.126, 0.125, 0.129, 0.125, and 0.128 nm, respectively) promote the stability of a single-phase FCC solid solution, consistent with prior theoretical and experimental observations [10]. The crystallographic orientations of the

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

simulation cell were aligned along x: [100], y: [010], and z: [001], enabling precise application of mechanical loading along well-defined crystallographic directions.

2.2. Molecular Dynamics Procedure for Uniaxial Tensile Deformation

Molecular dynamics simulations were conducted using the LAMMPS® package to elucidate the uniaxial tensile deformation behavior of single-crystal $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloy. The initial atomic configuration was constructed by importing a predefined data file in which Fe, Ni, Cr, Co, and Cu atoms were randomly distributed according to the target composition to ensure a representative chemically disordered solid-solution state. All simulations were performed using the metal unit system, and periodic boundary conditions were imposed along the x, y, and z directions to represent bulk material behavior without surface effects. Interatomic interactions were described using the EAM/alloy potential specifically parameterized for the Fe–Ni–Cr–Co–Cu system, enabling an accurate representation of metallic bonding, defect energetics, and lattice distortions inherent to HEAs [17]. Prior to mechanical loading, the system underwent energy minimization via the conjugate-gradient algorithm, followed by isothermal–isobaric equilibration in the NPT ensemble at 300 K and zero external pressure using a timestep of 0.001 ps. The equilibration run was carried out for 40 ps, allowing the system to attain thermal and mechanical equilibrium. The equilibrated simulation cell length in the loading direction was recorded as the reference length L_0 for subsequent strain evaluation. Uniaxial tensile deformation was applied along the x-direction using the fix deform command, while the transverse stresses in the y and z directions were relaxed under zero-pressure NPT conditions. During tensile loading, the temperature was maintained at 300 K to account for thermally activated defect processes. The engineering strain rate was set to $1 \times 10^{10}\ \mathrm{s}^{-1}$, corresponding to $1 \times 10^{-2}\ \mathrm{ps}^{-1}$, which is within the typical range for MD-based deformation studies. The deformation stage was performed for a total duration of 25 ps with a timestep of 0.001 ps. Virial stress components and instantaneous box lengths were used to calculate the engineering stress–strain response. OVITO® software was employed to visualize and qualitatively assess the phase transitions and dislocation evolution occurring during the tensile deformation process.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1 Phase transition mechanism of $Fe_{40}NiCrCoCu$

This section explain the deformation response of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloy was elucidated by integrating strain-dependent phase transitions, dislocation evolution, and

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

microstructural reconfiguration during uniaxial tension. The simultaneous evaluation of these parameters reveals a highly coupled deformation mechanism governed by Shockley-partial–mediated transformation-induced plasticity (TRIP), where dislocation glide is accompanied by deformation-driven phase transitions that contribute directly to plastic strain. This combined action, together with the severe lattice distortion inherent to multi-component HEAs and the continuous strain-driven structural reorganization, defines the complex deformation pathway observed in the alloy. At small strains ($\varepsilon \leq 0.10$), the alloy is observed to retain a nearly ideal FCC lattice (Table 1, Figure 2), exhibiting negligible dislocation activity (Table 2, Figure 3) and no evidence of stacking faults or secondary phase formation. The microstructure remains topologically ordered, fully consistent with purely elastic deformation and the initial linear hardening regime. The FCC phase fraction, remaining close to 100%, confirms the structural stability of the initial configuration prior to the onset of plastic deformation. Between $\varepsilon = 0.10$ and 0.15, a pronounced structural transformation is observed, during which the FCC phase fraction is sharply reduced to approximately 23% (Table 1), while HCP, BCC, and a substantial proportion of disordered atomic configurations are concurrently formed.

Table 1 Strain-dependent evolution of structural phase fractions of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA obtained by PTM analysis

Phase types	**Fractional (%)**					
	Strain (ε)					
	0	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**	**0.25**
Other	0	0	1.05	53.73	26.45	11.00
FCC	100.00	100.00	98.95	23.50	39.00	63.52
HCP	0	0	0	4.42	32.27	25.45
BCC	0	0	0.01	18.36	2.28	0.03

This transition is found to coincide with the attainment of the peak stress, indicating that the maximum load-bearing capacity is governed by deformation-induced lattice instability. In parallel, a marked increase in the total length of Shockley partial dislocations is detected (Table 2), demonstrating that extensive partial dislocation activity and stacking-fault formation are responsible for initiating the FCC→HCP/BCC transitions. The dominance of these defect-mediated mechanisms is thus confirmed to constitute the early stage of Shockley-partial-

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

assisted TRIP behavior, wherein strain-induced phase transformations contribute directly to plastic deformation.

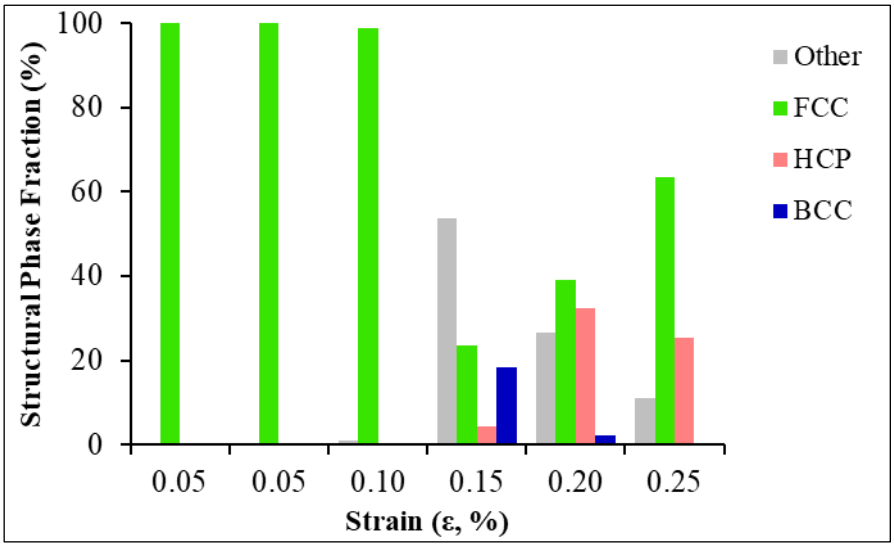


Figure 2 Graphical representation of strain-dependent phase fractions of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA obtained from PTM analysis

In the strain interval between ε = 0.15 and 0.20, the alloy is observed to enter a mechanically softened state characterized by extensive defect proliferation and severe microstructural destabilization. During this stage, the total length of Shockley partial dislocations increases drastically to more than four times its value at ε = 0.15 (Table 2), while significant populations of Hirth, stair-rod, and other sessile dislocation types are simultaneously generated.

Table 2 Strain-dependent evolution of total dislocation lengths for different dislocation types in the $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA

Dislocation types	**Dislocation Length (Å)**					
	Strain (ε)					
	0.0	**0.05**	**0.10**	**0.15**	**0.20**	**0.25**
Other	0	0	0	15.73	747.45	208.95
Perfect	0	0	0	6.11	123.29	60.79
Shockley	0	0	0	743.37	3168.11	1993.45
Stair-rod	0	0	0	0.00	75.05	51.08
Hirth	0	0	0	106.37	249.30	46.57
Frank	0	0	0	0	0	30.64

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

This rapid multiplication of mobile partials, together with the formation of complex junctions, results in the development of interconnected shear pathways throughout the lattice. Consistent with these defect-driven processes, the microstructure becomes highly disordered, exhibiting widespread shear localization and a heterogeneous mixture of FCC, HCP, BCC, and heavily distorted atomic configurations, as reflected in the corresponding microstructural images. The dominance of shear-mediated disordering during this interval accounts for the pronounced softening observed in the stress–strain response, as the alloy undergoes extensive plastic flow with reduced resistance to deformation.

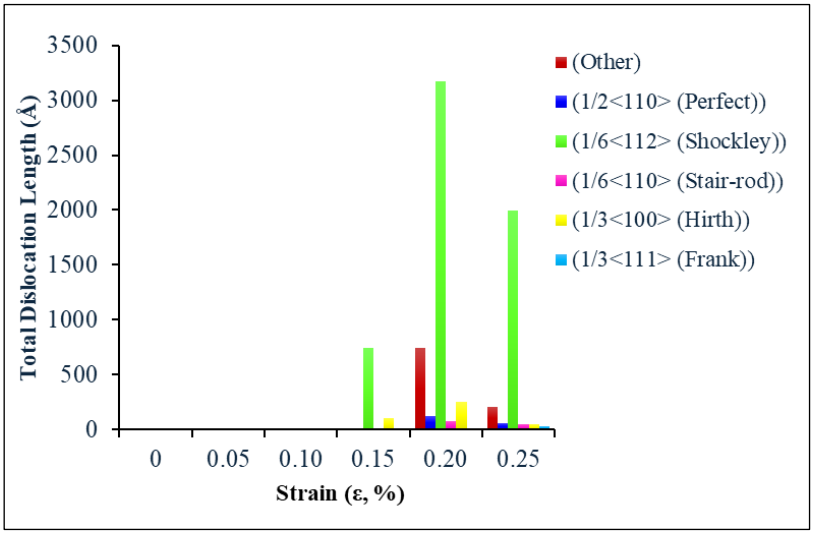


Figure 3 Graphical representation of the strain-dependent evolution of total dislocation lengths for individual dislocation types in the $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA.

Beyond ε = 0.20, a partial structural reorganization is observed, during which the lattice undergoes a progressive restoration of order that is not typically attainable in real tensile experiments. In this stage, the FCC phase fraction increases markedly from approximately 39% at ε = 0.20 to more than 63% at ε = 0.25, while the proportions of disordered and BCC configurations are substantially reduced (Table 1). Concurrently, the total length of mobile Shockley partial dislocations decreases, and a relative increase in sessile dislocation components such as stair-rod and Frank dislocations is detected (Table 2). This evolution indicates that partial dislocation annihilation, junction formation, and defect rearrangement collectively contribute to a more mechanically stable configuration. As a result, a secondary increase in flow stress is recorded in the stress–strain curve, reflecting a re-hardening behavior induced by the re-stabilization of the defect structure. It must be emphasized, however, that this post-softening stress increase represents a simulation-specific artifact associated with periodic boundary conditions, the absence of geometric instability such as necking, and the lack of void

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

or crack nucleation conditions under which the atomic network remains continuous and cannot undergo physical separation. Consequently, the re-hardening behavior observed beyond ε = 0.20 is attributed to intrinsic limitations of the MD framework rather than to experimentally realizable deformation physics.

3.2 Mechanical performance of $Fe_{40}NiCrCoCu$

The mechanical response of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ high-entropy alloy under uniaxial tension is characterized by a distinct non-monotonic stress–strain behavior, as shown in Figure 3. An initial linear increase in stress is observed up to approximately ε ≈ 0.10, corresponding to elastic deformation followed by the onset of plasticity within a fully FCC lattice. Beyond this point, the stress continues to rise until a maximum value is reached at ε ≈ 0.14, indicating the point at which the alloy attains its peak load-bearing capacity. The attainment of this peak stress is found to coincide with the strain range in which significant microstructural instability emerges, as evidenced by the sharp reduction in the FCC phase fraction and the rapid activation of Shockley partial dislocations (Figure 4) This correlation confirms that the maximum stress is governed not solely by conventional dislocation-mediated hardening but by the onset of transformation-induced plasticity, where the FCC→HCP/BCC transitions contribute directly to the strengthening process.

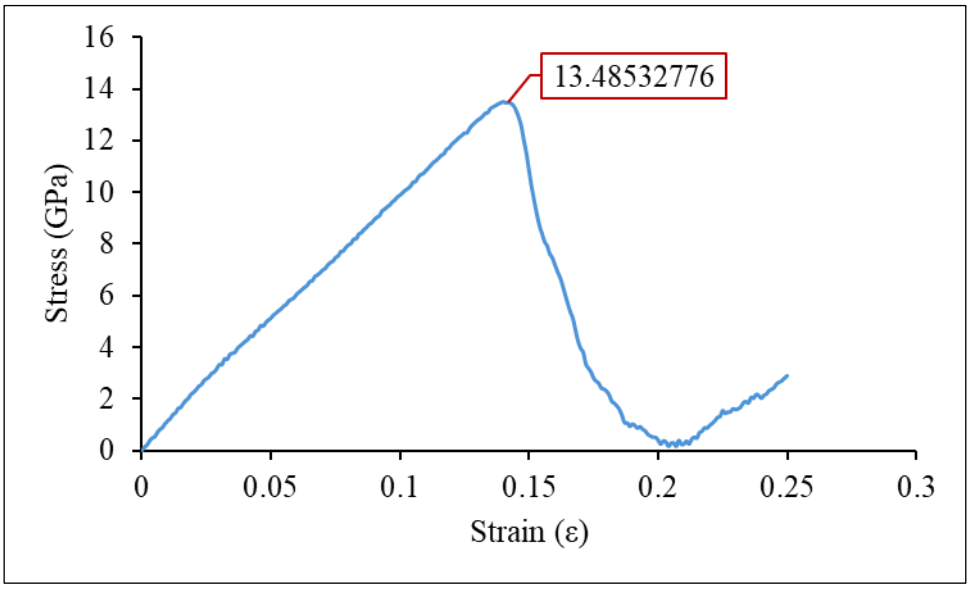


Figure 3 Stress–strain response of the $Fe_{40}NiCrCoCu$.

A pronounced softening stage follows immediately after the peak stress, extending from ε ≈ 0.14 to ε ≈ 0.20. This region is defined by a steep decline in stress, which is attributed to the substantial increase in mobile partial dislocations and the development of interconnected shear pathways throughout the lattice. The emergence of a heterogeneous microstructure consisting

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

of FCC, HCP, BCC, and highly disordered atomic configurations (Figure 4) further supports the view that the alloy enters a shear-dominated plastic flow regime. The reduction in flow stress during this interval is thus explained by the combined effects of severe lattice distortion, dislocation multiplication, and local structural amorphization, consistent with deformation-induced softening mechanisms previously reported in HEAs exhibiting low-to-medium stacking-fault energies. At strains exceeding $\varepsilon \approx 0.20$, a gradual increase in stress is recorded, giving rise to an apparent re-hardening stage. This behavior, however, is interpreted as an artifact of the molecular dynamics framework rather than a physically realizable response in experimental tensile specimens. The increase in FCC ordering and the reorganization of dislocation structures specifically the reduction of mobile Shockley partials and the formation of sessile junctions suggest that the simulated system undergoes strain-induced structural recovery (Figure 4). In real materials, geometric softening phenomena such as necking, as well as damage processes including void nucleation and crack initiation, would prevent any post-softening increase in stress. The continuous atomic connectivity imposed by periodic boundary conditions in MD simulations precludes these mechanisms, resulting in a re-hardening effect that reflects numerical constraints rather than intrinsic material behavior. Taken together, the mechanical performance of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA is governed by a sequential interplay of elastic deformation, dislocation-mediated hardening, TRIP-assisted strengthening, shear driven softening, and MD specific structural recovery. This multistage response captures the intrinsic deformation physics up to $\varepsilon \approx 0.20$, while the behavior beyond this strain level must be interpreted with careful consideration of the limitations inherent to atomistic simulations.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

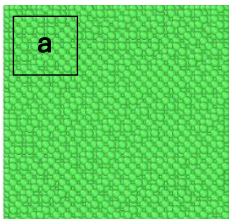
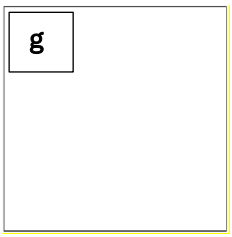
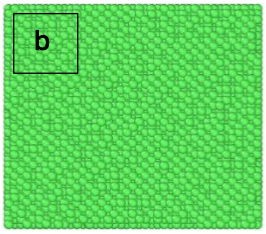
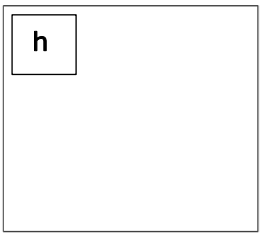
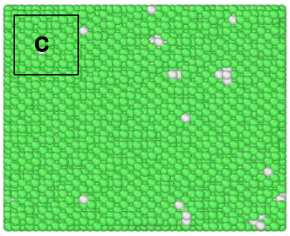
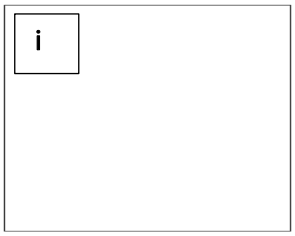
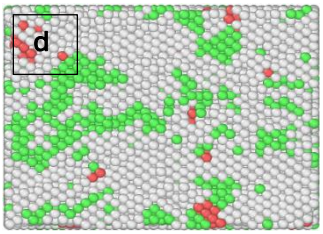
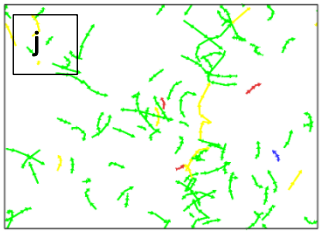
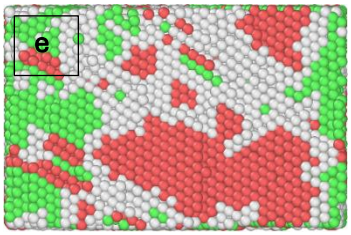
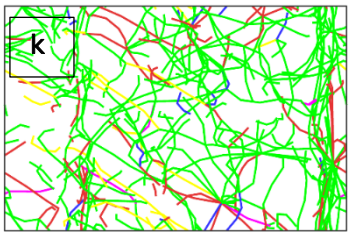
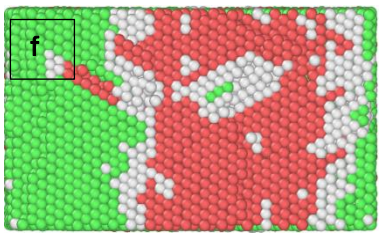
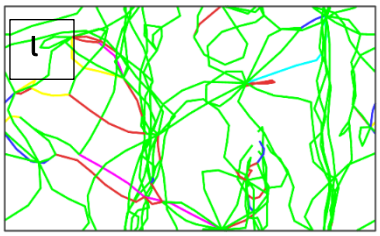
ε=0.0		
ε=0.05		
ε=0.10		
ε=0.15		
ε=0.20		
ε=0.25		

Figure 3 Nanostructure of $Fe_{40}NiCrCoCu$ HEA; (a-f) structure phase arrangement; (g-l) dislocation arrangement.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

4. CONCLUSION

This study presents a comprehensive molecular dynamics investigation of the tensile deformation behavior of the $Fe_{40}NiCrCoCu$ high entropy alloy, focusing on its phase transitions, dislocation evolution, and microstructural transformations under loading. The results provide an atomistic understanding of the alloy's multistage deformation pathway and reveal how microstructural evolution governs strengthening, softening, and the onset of instability in this FCC-based system. The primary findings of the present work are summarized below.

- A stable single phase FCC lattice is observed at small strains ($\varepsilon \leq 0.10$), where dislocation activity remains negligible and no stacking faults or secondary phases are detected. This microstructural stability is found to be consistent with a linear elastic response, confirming that the initial atomic configuration maintains its structural integrity prior to the onset of plastic deformation.
- Between $\varepsilon = 0.10$ and 0.15, a pronounced structural transformation is observed, during which the FCC lattice is destabilized, and HCP, BCC, and disordered configurations are formed. This transition is determined to coincide with the peak stress and is identified as being driven by the activation of partial dislocations, indicating that strain-induced phase transformations contribute significantly to the initiation of plastic deformation.
- In the softening regime between $\varepsilon = 0.15$ and 0.20, a substantial increase in dislocation density is detected, accompanied by extensive lattice disorder and the coexistence of multiple metastable phases. This microstructural degradation is found to reduce the alloy's resistance to deformation, indicating that shear-dominated plastic flow governs the mechanical response within this strain interval.
- Beyond $\varepsilon = 0.20$, an apparent re-hardening behavior is detected, arising from strain-induced structural rearrangement within the simulation cell. During this stage, an increase in FCC ordering and the stabilization of sessile dislocation structures are observed. This response is determined to be a simulation-specific artifact associated with the constraints of molecular dynamics, as such re-hardening does not occur in real tensile experiments where necking, void nucleation, and crack formation inevitably lead to a loss of load-bearing capacity.

REFERENCE

1. Doan, D.Q.: Effects of crystal orientation and twin boundary distance on mechanical properties of FeNiCrCoCu high-entropy alloy under nanoindentation. Mater. Chem. Phys. 291, 126725 (2022). https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.126725

2. Gao, T., Song, H., Wang, B., Gao, Y., Liu, Y., Xie, Q., Chen, Q., Xiao, Q., Liang, Y.: Molecular dynamics simulations of tensile response for FeNiCrCoCu high-entropy alloy with voids. Int. J. Mech. Sci. 237, 107800 (2023). https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107800

3. Liu, Y.Z., Sun, J., Li, H.L., Song, Y.Y., Hu, S.P., Song, X.G., Guo, N., Long, W.M.: Molecular dynamics simulations for nanoindentation response of metastable high entropy alloy. J. Mater. Res. 38, 2838–2851 (2023). https://doi.org/10.1557/s43578-023-01011-y

4. Roco, F.R., Valencia, F.J., Rogan, J., Ramirez, M., Cartellone, F.A., Bringa, E.M.: Mechanical properties of High Entropy Alloy nanoparticles obtained by nanoindentation: A BCC HfNbZrTaTi and FCC FeNiCrCoCu case. Mater. Today Commun. 43, 111628 (2025). https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2025.111628

5. Liu, S., Feng, G., Xiao, L., Guan, Y., Song, W.: Shock-induced dynamic response in single and nanocrystalline high-entropy alloy FeNiCrCoCu. Int. J. Mech. Sci. 239, 107859 (2023). https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107859

6. Shen, Y., Yang, S., Yan, X., Yang, P.: Stress-thermal synergistic strengthening for FeNiCrCoCu high-entropy alloy endowed by graphene. Surfaces and Interfaces. 72, 107290 (2025). https://doi.org/10.1016/j.surfin.2025.107290

7. Wang, R., Chen, Z., Shu, Y., Lin, Y., Liu, Z., Deng, H., Hu, W., Yang, T.: Molecular dynamics simulation of effects of Al on the evolution of displacement cascades in AlxCoCrFeNi high entropy alloys. J. Nucl. Mater. 577, (2023). https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2023.154342

8. Wang, X., Liu, H., Mo, J., Wang, S., Li, H., Yang, W.: Atomic-level understanding of enhanced mechanical properties in FeNiCrCoCu high-entropy alloy. Mater. Today Commun. 36, 106759 (2023). https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106759

9. Elgack, O., Almomani, B., Syarif, J., Elazab, M., Irshaid, M., Al-Shabi, M.: Molecular dynamics simulation and machine learning-based analysis for predicting tensile

properties of high-entropy FeNiCrCoCu alloys. J. Mater. Res. Technol. 25, 5575–5585 (2023). https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.07.023

10. Su, Z., Zhang, Y.: Microstructure Effects on Mechanical Properties of FeNiCrCoCu Nanoporous High-Entropy Alloy with Bicontinuous Characteristics. J. Mater. Eng. Perform. 32, 5653–5665 (2023). https://doi.org/10.1007/s11665-022-07467-z

11. He, T., Qi, Y., Ji, Y., Feng, M.: Grain boundary segregation-induced strengthening-weakening transition and its ideal maximum strength in nanopolycrystalline FeNiCrCoCu high-entropy alloys. Int. J. Mech. Sci. 238, 107828 (2023). https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107828

12. Shen, Y., Yang, P.: Fe contents regulate thermal transport of FeNiCrCoCu high-entropy alloys. Chem. Eng. Sci. 321, 122777 (2026). https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.122777

13. Wang, F., Iwanicki, A.G., Sose, A.T., Pressley, L.A., McQueen, T.M., Deshmukh, S.A.: Experimentally validated inverse design of FeNiCrCoCu MPEAs and unlocking key insights with explainable AI. npj Comput. Mater. 11, (2025). https://doi.org/10.1038/s41524-025-01600-x

14. Qiu, J., Xu, Z., Song, J., Hu, C., Miao, L., He, X.: Molecular dynamics simulation of a new inhomogeneous concentration distribution model based on frictional behavior of FeNiCrCoCu high-entropy alloy. Mater. Today Commun. 35, 106337 (2023). https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106337

15. Yu, J., Yu, F., Fu, Q., Zhao, G., Gong, C., Wang, M., Zhang, Q.: Combining Machine Learning and Molecular Dynamics to Predict Mechanical Properties and Microstructural Evolution of FeNiCrCoCu High-Entropy Alloys. Nanomaterials. 13, (2023). https://doi.org/10.3390/nano13060968

16. Huang, W., Farkas, D., Bai, X.M.: High-throughput machine learning - Kinetic Monte Carlo framework for diffusion studies in Equiatomic and Non-equiatomic FeNiCrCoCu high-entropy alloys. Materialia. 32, 101966 (2023). https://doi.org/10.1016/j.mtla.2023.101966

17. Farkas, D., Caro, A.: Model interatomic potentials and lattice strain in a high-entropy alloy. J. Mater. Res. 33, 3218–3225 (2018). https://doi.org/10.1557/jmr.2018.245

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

POLİAMİD-6 (PA6) MALZEMELERDE SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI (FSSW) ÜZERİNE GELİŞMELER: PROSES PARAMETRELERİ, BİRLEŞME KALİTESİ VE HASAR DAVRANIŞI

Dr. Öğr. Üyesi Emre KAYGUSUZ
Bingöl Üniversitesi,
emrekaygusuz@bingol.edu.tr - 0000-0001-9356-2149

ÖZET

Otomotiv, tekstil, mekanik parçalar, elektrik elektronik ve tüketici ürünleri sektörlerinde sıklıkla kullanılan bir polimer malzeme olan PA6 için yeni birleştirme yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır. PA6, iyi darbe dayanımı, kimyasal direnç ve maliyeti uygun olması nedeni ile hafif yapı gerektiren uygulamalarda yaygın kullanılan bir temoplastik olarak öne çıkmaktadır. PA6, geleneksel kaynak yöntemlerine ek olarak Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK) gibi katı hal kaynak yöntemi ile de başarılı şekilde birleştirilebilen, yarı kristalin yapısı sayesinde viskoelastik akış davranışı kontrollü bir mühendislik termoplastiğidir. SKNK yöntemi ile PA6'nın birleştirilmesinde, kaynak bölgesinde termal bozulma, gevrekleşme, gözeneklilik gibi kaynak sorunları en aza indirgenmekte ve malzemeler güvenilir bir şekilde birleştirilmektedir. Bu çalışma, PA6 malzemelerin SKNK ile birleştirilmesine ilişkin güncel gelişmeleri incelemekte; takım geometrisi, takım devri, dalma derinliği, bekleme süresi ve sıcaklık kontrolü gibi işlem parametrelerinin kaynak oluşumuna ve mikro-yapısal değişimlere etkisini değerlendirmektedir.

Anahtar Kelimeler : Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı, SKNK, PA6, Polyamid-6

ADVANCES IN FRICTION STIR SPOT WELDING (FSSW) OF POLYAMIDE-6 (PA6): PROCESS PARAMETERS, JOINT QUALITY AND FAILURE BEHAVIOR

ABSTRACT

Polyamide-6 (PA6), a polymer material frequently used in the automotive, textile, mechanical component, electrical–electronic, and consumer product industries, is the subject of ongoing research for new joining methods. Owing to its high impact strength, chemical resistance, and favorable cost-performance ratio, PA6 stands out as a widely used thermoplastic in applications

requiring lightweight structural components. In addition to conventional joining techniques, PA6 can also be successfully joined using solid-state processes such as Friction Stir Spot Welding (FSSW), and its semi-crystalline structure enables controlled viscoelastic flow behavior during welding. When PA6 is joined by the FSSW process, typical bonding issues such as thermal degradation, embrittlement, and porosity in the weld region are minimized, allowing reliable joining of the material. This work reviews the recent advancements in the FSSW joining of PA6 and evaluates the effects of process parameters such as tool geometry, rotational speed, plunge depth, dwell time, and temperature control on joint formation and microstructural evolution.

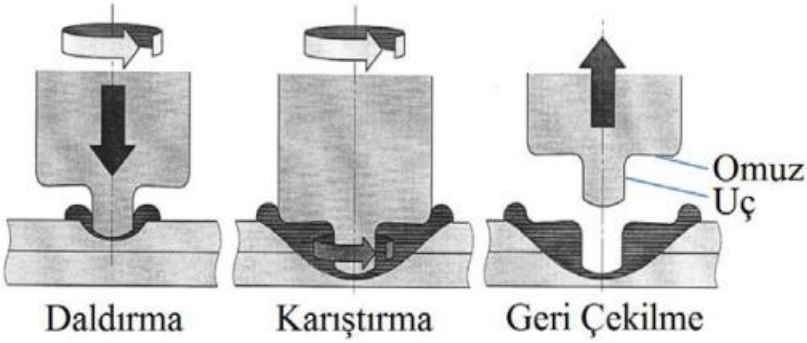
Keywords : Friction Stir Spot Welding, FSSW, PA6, Polyamıde-6

1. GİRİŞ

Yüksek çekme ve darbe dayanımına sahip bir plastik olan polyamid 6 (PA6), geniş sıcaklık aralığında yapısal kararlılığını koruyabilmektedir ve bir çok çözücüye karşı güçlü dirence sahip bir mühendislik plastiği olarak öne çıkmaktadır (1). Son yıllarda, otomotiv, tekstil, mekanik parçalar, elektrik elektronik ve tüketici ürünleri sektörlerinde sıklıkla kullanılan bir polimer malzeme olan PA6 için yeni birleştirme yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır. PA6, sahip olduğu öne çıkan malzeme özellikleri nedeni ile birbirinden farklı malzemeler ve kompozitler ile de birleştirilmektedir (2).

The Welding Institute (Kaynak Enstitüsü) tarafından Kullanılmaya başlanan Sürtünme Karıştırma Kaynağı'nın varyantı olan Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı yöntemi ile konvansiyonel yöntemler ile birleştirilmesi problemli olan malzemelerin birleştirilmesi sağlanabilmektedir. Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı işleminde dönen takımın üst üste bulunan plakalara daldırılması, daha sonra karıştırması ve takımın geri çekilmesi işlem adımları ile gerçekleştirilmektedir (Görsel 1.). Günümüzde otomotiv, havacılık gibi farklı malzemelerden oluşan kompleks mühendislik gereksinimli tasarımlarda sıklıkla kullanılan hafif ve dayanıklı malzemelerin birleştirilmesinde SKNK gibi yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (3).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 1. SKNK işlem adımları. (4, 5)

Alüminyum, bakır, magnezyum, titanyum gibi hafif metallerde kullanılan SKNK yöntemi, son yıllarda termoplastikler için de uygulanmaktadır. Termoplastikler ile metallerin de birleştirilmesi ile ilgili çalışmalar da araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, PA6 malzemelerin literatürde hangi parametreler ile hangi malzemelerle birleştirildiği, birleşim kalitesi ve kırılma davranışı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde PA6 malzemeler birbirleri ile, farklı termoplastikler ile veya farklı hafif metal alaşımları ile birleştirilmiş olup, kaynak parametrelerinin kaynak kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği gözlemlenmiştir. Yan vd. (6), ABS ve PA6 malzemelerin SKNK ile birleştirilmesi işlemini gerçekleştirmiştir. 5.2 mm plakaların birleştirilmesi işleminde 250 rpm takım dönme devri, 30 saniye karıştırma süresi parametreleri ile 15 MPa mukavemet değeri elde edilmiştir.

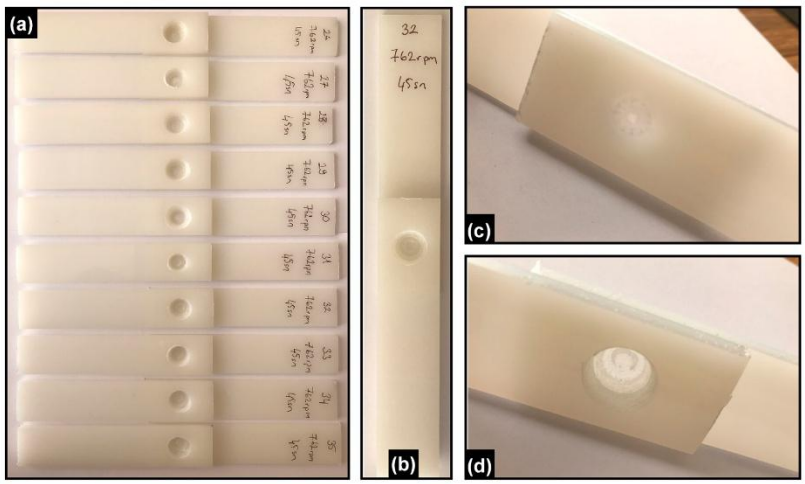
Guo vd. (2), gerçekleştirdikleri çalışmada Al 6061 ve CFRTP PA6 malzemeler SKNK ile birleştirilmiştir. Bu çalışmada optimal parametreler olan 2000 rpm dönme hızı, 3 mm et kalınlığı kullanılarak 10s bekleme süresinde 51.2 Mpa çekme dayanımı elde edilmiştir.

Pereira vd. (7), yaptıkları çalışmada AA6082-T6 ile PA6 malzemelerin SKNK ile birleştirilmesi gerçekleştirmiştir. 1 mm AA6082-T6 ve 6mm PA6 malzemeler için, 1500 rpm takım dönme hızı parametresi, 30 saniye bekleme süresi ile 30 MPa mukavemet değeri elde edilmiştir.

Danış Bekdemir ve Karagöz (1), yapmış oldukları çalışmada 5 mm et kalınlığında 30mmx150mm ölçülerinde PA6 plakaları Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

yöntemi ile birleştirmişlerdir (Görsel 2.). 1146 rpm dönme hızı parametresi, bekleme süresinin 15 saniyeden 60 saniyeye çıkarılması ve pin boyutunun M12 değerinde kullanılması ile 72.4 MPa mukavemet değeri elde edilmiştir.



Görsel 2. Kaynaklı bağlantıların kesit ve yüzey görünümleri: (a) seçili işlem parametreleri altında üretilen bağlantıların genel görünümü, (b) tek kaynaklı bağlantı, (c) bağlantının arka yüzeyi ve (d) bağlantının ön yüzeyi (1).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, PA6 malzemelerin FSSW işleminde dönme hızı, bekleme süresi, takım eğim açısı, pim çapı , takım geometrisi gibi parametrelerin önemli ölçüde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bunlardan en önemli parametrelerden birisinin, ısı miktarını ve dağılımını etkileyen takım dönme hızı olduğu görülmektedir. Bu parametreler malzemenin mukavemetini doğrudan etkilemekte olup ısı dağılımının kontrol edilmesinin işlemin istenen performansta gerçekleşmesi için gerekmektedir. Kopma ve kırılma davranışı incelendiğinde düşük ısı girdisi veya yüksek ısı girdisi içeren deneylerde yeterli kaynak kalitesinin sağlanamadığı ve kaynak bölgesinde kırılmalar oluştuğu gözlemlenmiştir. PA6 için, SKNK işleminin, mühendislik uygulamalarında kullanımı mümkündür, ancak işlem parametrelerinin titizlikle seçilerek gerçekleştirilmesi, birleşim kalitesi için oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

[1] Danış Bekdemir, A., ve Karagöz, İ. Optimizing friction stir spot welding parameters for enhanced mechanical, thermal, and microstructural properties of PA6. *Polymers*, 17(18), 2025.

[2] Guo, Y., Zhao, H., Ai, C., Zhao, J., Su, H., Chen, J., ve Zhao, G. Parameter optimization of friction stir spot welded Al 6061 and CFRTP PA6 with surface treatment and interfacial adhesion. *Thin-Walled Structures*, 197, 111585, 2024.

[3] Arumugam, A., Basak, A. K., Pramanik, A., ve Littlefair, G. Tool geometries and design of friction stir spot welding (FSSW) tools and effect on weld properties—a comprehensive review. *Materials*, 18, 3248, 2025.

[4] Mert, Ş., ve Mert, S. Sürtünme karıştırma nokta kaynak yönteminin incelenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 2(1), 26–35, 2013.

[5] Çevik, B. Termoplastik polimerlerin sürtünme karıştırma nokta kaynağına bakalit ara tabaka tozunun etkisi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1–7, 2014.

[6] Yan, Yinfei, Shen, Yifu, Huang, Guoqiang, Hou, Wentao, ve Ruiyang Ni. Friction stir spot welding of dissimilar ABS and PA6 by a tool with newly designed tooth-shaped flat pin. *Journal of Manufacturing Processes*, 66, 521–531, 2021.

[7] Pereira, M. A. R., Galvão, I., Costa, J. D., Leal, R. M., ve Amaro, A. M. Friction stir spot welding of thin aluminium sheets to polyamide 6: A study of the welding parameters and strategies. *Journal of Composites Science*, 8(1), 21, 2024.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

POLİPROPİLEN (PP) LEVHALARIN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİNDEKİ (SKNK) SON GELİŞMELER

Dr. Öğr. Üyesi Emre KAYGUSUZ
Bingöl Üniversitesi,
emrekaygusuz@bingol.edu.tr - 0000-0001-9356-2149

ÖZET

Termoplastik polimer malzemeler otomotiv, havacılık gibi sektörlerde geniş çapta kullanılan mühendislik malzemeleridir. Özellikle otomotiv sektöründe taşıt ağırlığının düşürülmesi, yakıt tasarrufu ve emisyon azaltılması gibi günümüz mühendislik gereksinimlerinin karşılanması için bu malzemelerin tercih edilmesi bir zorunluluk haline gelmektedir. PP malzemeler sıcak plaka kaynağı, titreşim kaynağı, ultrasonik kaynak, gaz kaynağı, ekstrüzyon kaynağı gibi yöntemler ile birleştirilmektedir. Son yıllarda, alüminyum alaşımları, magnezyum alaşımları, çelik, bakır ve titanyum gibi metal alaşımlarının yanında PP plakalarının birleştirilmesinde de Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (Friction Stir Spot Welding/ SKNK) yöntemi, düşük ısı girdisi, ergime olmaması, çevre dostu oluşu ve yüksek işlem tekrarlanabilirliği gibi avantajları sayesinde önemli bir yöntem haline gelmektedir. Literatürde PP malzemelerin FSSW ile birleştirilmesinde kaynak parametrelerinin (takım dönme devri, takım geometrisi, pin geometrisi, eğim açısı ve dalma derinliği) etkisi ile ilgili çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmada, PP malzemelerin geçmişten günümüze hangi parametreler kullanılarak FSSW yöntemi ile başarılı bir şekilde birleştirilmiş olduğu belirtilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı, SKNK, Polipropilen, PP

RECENT ADVANCES IN FRICTION STIR SPOT WELDING OF POLYPROPYLENE (PP) SHEETS

ABSTRACT

Thermoplastic polymer materials are widely used engineering materials in industries such as automotive and aerospace. Particularly in the automotive sector, meeting modern engineering requirements such as vehicle lightweighting, fuel efficiency, and emission reduction makes the

use of these materials increasingly essential. PP materials are commonly joined through methods such as hot plate welding, vibration welding, ultrasonic welding, gas welding, and extrusion welding. In recent years, alongside metal alloys such as aluminum, magnesium, steel, copper, and titanium, the Friction Stir Spot Welding (FSSW) method has also emerged as an important technique for joining PP sheets due to its advantages of low heat input, absence of melting, environmental friendliness, and high process repeatability. In the literature, the number of studies investigating the effects of welding parameters such as tool rotation speed, tool geometry, pin geometry, tilt angle and plunge depth on the FSSW joining of PP materials has been increasing. In this study, the parameters that have been successfully employed in the FSSW joining of PP materials from past to present are identified and discussed.

Keywords : Friction Stir Spot Welding, FSSW, Polypropylene, PP

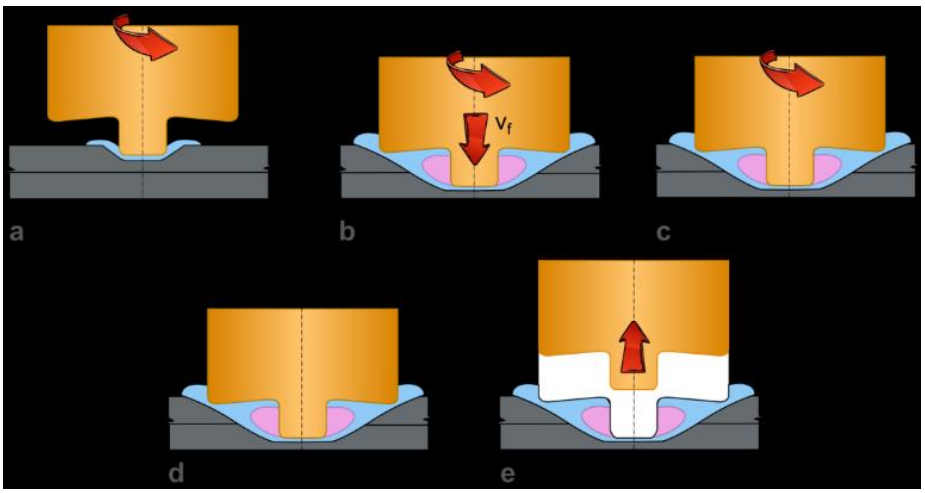
1. GİRİŞ

Termoplastik polimer malzemeler birçok sektörde oldukça yoğun miktarda kullanılan mühendislik malzemeleridir. Hafif ve mukavemetli olması, düşük maliyetli olması, işlenebilir olması, korozyona ve kimyasallara olan direnci, kaynaklanabilir ve geri dönüştürülebilir bir malzeme olması gibi özellikleri ile geniş kullanım alanına sahiptir (1-6). Polypropylene malzemeler otomotiv, havacılık, inşaat ve madencilik gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak düşük darbe dayanımı, düşük sertlik ve aşınmaya olan eğilimi gibi dezavantajlara da sahiptir (7,8). PP malzemelerin birleştirilmesi için sıcak plaka kaynağı, ultrasonik kaynak titreşim kaynağı gibi konvansiyonel yöntemlerden faydalanılmaktadır.

Son yıllarda, genelde alüminyum, titanyum, magnezyum gibi hafif ve geleneksel yöntemlerle birleştirilmesi zor olan malzemeler için tercih edilen Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK) ile birleştirme tekniği, PP malzemeler üzerinde de kullanılmaktadır. SKNK yönteminde pime sahip bir takımın dönmesi ile malzeme ergime noktasının altında birleştirilmektedir. SKNK yöntemi, gerekirse ön ısıtma, daldırma, karıştırma, bekleme ve takımın geri çekilmesi (Görsel 1.) şeklinde PP malzemelere uygulanabilmektedir. SKNK yönteminde etkili olan parametreler: takım omuz çapı, takımın pim ölçüleri ve geometrisi, takım dönme devri, karıştırma işlemi sırasındaki bekleme süresi (sıcaklığı devir ile birlikte etkiler) ve takım eğim açısıdır (karıştırma nüfuziyet alanını etkiler).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Bu çalışmada, polipropilen (PP) levhaların sürtünme karıştırma nokta kaynağında (FSSW) gerçekleşen son gelişmeler incelenmiştir.



Görsel 1. SKNK yönteminin aşamaları: a) ön ısıtma, b) daldırma, c) karıştırma, d) bekleme, e) geri çekme (9).

2. MATERYAL VE METOD

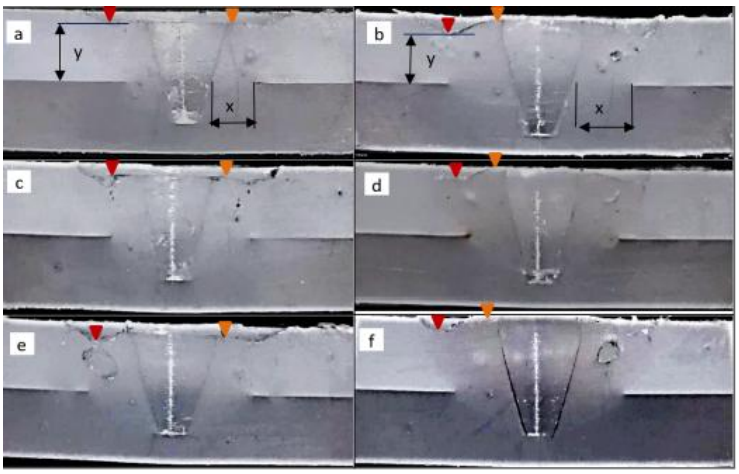
PP malzemeler, araştırmacılar tarafından SKNK yöntemi ile birbirine veya farklı malzemeler (genellikle hafif metaller, kompozitler veya termoplastikler) ile birleştirilmiştir.

Nughoro ve ark. (10) yaptıkları çalışmada 150 x 30 x 5 mm ölçülerinde PP plakaların SKNK ile birleştirilmesi işlemini gerçekleştirmiştir. 2350 rpm devir, 5° takım açısı ile maksimum çekme kesme yük gerilmesi olan 2350 N değerine ulaşılmıştır. Takım eğim açısına ek olarak 15° pim açısı da seçilen pin geometrisi için, kaynak çekirdek bölgesi artırılarak bu kapasiteye ulaşılmasına katkı sağlanmıştır (10). Görsel 2.'de farklı pin geometrileri ve devir değerleri (bekleme süresi gibi diğer değerler sabit tutulmuş) ile elde edilen kaynak bölgesi kesiti gösterilmiştir.

Sidhom ve ark. (11) yapmış olduğu çalışmada PP malzeme ile HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) malzemeleri, birbirine ve ayrı ayrı (PP-PP, HDPE-PP, HDPE-HDPE) Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile birleştirmişlerdir. 4mm PP ve HDPE plakalar, 7mm pim uzunluğuna sahip bir takım ile 800-3500 rpm takım dönme hızı aralıklarında ve 40-120s bekleme süresi aralıklarında birleştirilmişlerdir. PP-HDPE birleşimleri için 2300 rpm dönme devri ve 80s bekleme süresi optimum parametre olarak belirlenmiş, 800rpm dönme devrinde

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

başarılı birleşim elde edilememiştir. PP-PP SKNK birleşimi için 800 rpm ve 120s bekleme süresinin optimum parametreler olduğu belirtilmiştir (11).



Görsel 2. SKNK ile birleştirilen bölgelerin enine kesit alanının gösterimi bu devir değerlerinden elde edilmiştir: (a)985 rpm, (b)1160 rpm ve (c)2350 rpm'de takım 1 ile, (d)985 rpm, (e)1160 rpm ve (f)2350 rpm'de takım 2 ile (10)

Nugroho ve ark (12) 120×40×3 mm ölçülerinde PP levhalar için SKNK işlemi uygulamıştır. Yapılan çalışmada 10000 rpm devir kullanılarak maksimum yük kuvveti olan 5.9 kgf'e ulaşılmıştır. Yüksek devirde gerçekleştirilen bu işlemde %50 birleşim verimliliğine ulaşılabilmiştir (Nugroho ve ark, 2023)

Movahedi ve ark. (13) yaptıkları çalışmada, AA5052-H32 alüminyum alaşımı ile talc ve elastomer takviyeli polipropilen (PP) kompozit levhalar SKNK yöntemiyle birleştirilmiş; dönme hızı 300–1100 rpm aralığında değiştirilmiş ve alüminyum yüzeyine HCl + $FeCl_3$ ile kimyasal pürüzlendirme uygulanmıştır. Kimyasal yüzey işlemi uygulanmamış birleşimde en yüksek yük kapasitesi 383 N, yüzey işlemli numunede ise 694 N olarak ölçülmüş; bu da yüzey pürüzlendirme ile bağlantı dayanımının yaklaşık %80 arttığını göstermektedir. Çalışmanın sonucu olarak, PP'nin viskoplastik akış davranışı sayesinde kaynak sırasında alüminyum yüzeyindeki mikro boşluklara girerek mekanik bir ankraj oluşturduğu ve en uygun kaynak performansının 700 rpm civarında elde edildiği belirtilmiştir; buna bağlı olarak baskın bağlantı mekanizmasının yapışma (adhesion) değil, mekanik kilitlenme (mechanical interlocking) olduğu vurgulanmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda literatürde yer alan çalışmalar, PP tabanlı sistemlerde sürtünme karıştırma nokta kaynağının (FSSW), viskoplastik malzeme davranışı sayesinde uygulanabilir ve yapısal olarak güvenilir bir birleştirme yöntemi olduğunu açıkça göstermektedir. Özellikle takım geometrisinin kaynak kalitesi için kritik olduğu; omuz açısı, pin geometrisi ve omuz yüzey profilinin çekirdek oluşumu ve mekanik performans üzerinde doğrudan belirleyici olduğu görülmüştür. Takım tasarımı ve özel pin yaklaşımı üzerine odaklanan güncel çalışmalar; konkav omuzlu ve dişli pin tasarımlarının PP'de malzeme akışını iyileştirdiğini ve kaynak bütünlüğünü artırdığını ortaya koymuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde; PP'nin FSSW ile birleştirilmesinde en kritik parametreler takım geometrisi, dönme hızı ve yüzey durumudur. PP tabanlı kaynaklarda bağlantı mekanizmasının temel olarak mekanik kilitlenme olduğu ve PP'nin metal veya diğer polimerlere bağlanmasında difüzyon veya kimyasal yapışmadan çok plastik akış-tabanlı mekanik kilitlemenin rol oynadığı literatürde rapor edilmiştir. Sonuç olarak, PP levhaların FSSW ile birleştirilmesine ilişkin son gelişmeler, yöntemin hem polimer-polimer hem de polimer-metal yapısal uygulamalarda yüksek potansiyel taşıdığını göstermektedir. Gelecekteki çalışmaların, PP'de sıcaklık dağılımı, viskozite davranışı ve takım-malzeme etkileşiminin daha ayrıntılı termomekanik modellemesi ile prosesin tamamen optimize edilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Deisenroth, D. C., Neely, A. J., Maffeis, T. G. G., ve Dowling, D. P. Review of heat exchangers enabled by polymer and polymer composite additive manufacturing. *Heat Transfer Engineering*, 39, 1652–1668, 2018. doi:10.1080/01457632.2017.1384280

[2] Hussain, A. R. J., Kayfeci, M., Kılıç, M., ve Mohanraj, M. Review of polymers for heat exchanger applications: Factors concerning thermal conductivity. *Applied Thermal Engineering*, 113, 1118–1127, 2017. doi:10.1016/j.applthermaleng.2016.11.041

[3] T'Joen, C., De Jaeger, E., Huisseune, H., Schampheleire, S., ve De Paepe, M. A review on polymer heat exchangers for HVAC&R applications. *International Journal of Refrigeration*, 32, 763–779, 2009. doi:10.1016/j.ijrefrig.2008.11.008

[4] Iftikhar, S. H., Mourad, A. H. I., ve Thekkuden, D. T. Friction stir welding of tube-to-tubesheets for thermoplastic shell and tube heat exchangers. *Manufacturing Letters*, 34, 82–86, 2022. doi:10.1016/j.mfglet.2022.09.009

[5] Rao, D. K., Sharma, P., Kumar, V., Agarwal, P. K., ve Kaithwas, C. K. Introduction to thermoplastic polymer composites: Applications, advantages, and drawbacks. *Dynamics and Mechanical Creep-Recovery Behaviour of Polymer Composites*, 1–9, Elsevier, 2024.

[6] Mourad, A. H. I., Omira, S., Al-Ali, S. I., Alsbeihi, A. K., Alketbi, M. S. A., Iftikhar, S. H., Shahid, I., Aljarrah, O. M., ve Cherupurakal, N. A framework for friction stir multi-spot welding for thermoplastics. *Scientific Reports*, 15, 27943, 2025. doi:10.1038/s41598-025-13076-2

[7] Arumugam, A., Basak, A. K., Pramanik, A., ve Littlefair, G. Tool geometries and design of friction stir spot welding (FSSW) tools and effect on weld properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1858, 012007, 2025. doi:10.1088/1742-6596/1858/1/012007

[8] Prasad, R. V. FSW of polypropylene reinforced with Al_2O_3 nano composites: Effect on mechanical and microstructural properties. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(6), 288–296, 2012.

[9] Paoletti, A., Lambiase, F., ve Di Ilio, A. Analysis of forces and temperatures in friction spot stir welding of thermoplastic polymers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2015. doi:10.1007/s00170-015-7669-y

[10] Nugroho, A. W., Dika, O. H. D., Budiyantoro, C., ve Himarosa, R. A. Characterization of polypropylene sheet friction stir spot welded joint. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858, 012007, 2021. doi:10.1088/1742-6596/1858/1/012007

[11] Sidhom, A. A. E., Naga, S. A. R., ve Kamal, A. M. Friction stir spot welding of similar and dissimilar high density polyethylene and polypropylene sheets. Advances in Industrial and Manufacturing Engineering, 4, 100076, 2022. doi:10.1016/j.aime.2022.100076

[12] Nugroho, A. W., Fathurahman, A., ve Rahman, M. B. N. The effect of welding parameter and tool geometry on polypropylene sheet friction stir spot welded joint. *AIP Conference Proceedings*, 2865(1), 040010, 2023. doi:10.1063/5.0182368

[13] Movahedi, M., Mohsenirad, M., ve Ozlati, A. Aluminum surface treatment and process optimization: Boosting mechanical performance in aluminum/polypropylene composite friction stir lap joints. *Journal of Advanced Joining Processes*, 11, 100297, 2025. doi:10.1016/j.jajp.2025.100297

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

REUSABLE AUTOMATION TEMPLATES FOR SPECIMEN IDENTIFICATION IN ADDITIVE MANUFACTURING DESIGN OF EXPERIMENTS

Res. Asst., AHMET DAYANÇ
Kutahya Dumlupinar University,
ahmet.dayanc@dpu.edu.tr - 0000-0002-5214-9021

Prof. Dr., İSMET ÇELİK
Kutahya Dumlupinar University,
ismet.celik@dpu.edu.tr - 0000-0002-6564-0880

ABSTRACT

This study demonstrates how the processes of part labelling and serialization for a Design of Experiments (DoE), comprising test specimens generated via automation in an implicit modelling-based software environment, can be automated through a systematic workflow. The focus of the work is on the automatic generation of specimen codes, consisting of text and number-based identifiers that uniquely define a large set of additively manufactured test specimens, and on their automatic application onto specimen surfaces by means of various custom blocks. By using a set of basic and customized function blocks, the text can be mapped onto planar or mildly curved surfaces as either “engraved” or “embossed” features along a single surface normal direction, while being confined to a predefined text region. Furthermore, the placement of text along curves on the body, while preserving alignment with the local surface normal direction, is demonstrated. In addition to this, the workflow can be extended by a bitmap-based approach in which PNG-format logos or special fonts are extruded onto the surface, supported where necessary by smoothing and grid parameter adjustments. Finally, for numerical serialization, scalar lists generated via sequence blocks are converted into text, these text labels are automatically distributed over the specimens, and 2D grid or 2D nesting based placement strategies on the build plate of a given additive manufacturing system are presented. In this way, labelling and layout operations in design of experiments (DoE) studies and multi-specimen production are transformed into a reusable and scalable automation template.

Keywords: Design of Experience, Part Labeling, Serialization

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INTRODUCTION

Cellular lattice structures offer advantages such as high specific strength (strength-to-weight ratio) and energy absorption owing to their internal architecture composed of repeating unit cells [1]. Due to these properties, lattice-filled structures can be preferred in weight-critical industries such as aerospace and automotive, as well as in biomedical applications where biocompatible materials are used (for example, in certain orthopedic implants) [2]. The advancement of additive manufacturing technologies facilitates the production of these complex lattice geometries and provides designers with greater freedom. However, in a Design of Experiments (DoE) study that involves numerous parameter variations, modelling and defining each specimen individually can be significantly time-consuming. When conducting a large number of similar experiments, it is essential that each specimen can be tracked without confusion, which requires that the parts carry unique labels (e.g., serial numbers or text-based codes). Using conventional CAD software, manually applying such serialized labels to dozens of parts is both labor-intensive and prone to error.

To address this issue, in the present study an advanced implicit modeling software, nTopology (nTop), was employed to enable the automatic design and labeling of a large number of test specimens. nTop is a new-generation design tool that allows the definition of repeatable workflows, which can be easily regenerated by modifying input parameters. In this way, once a template workflow is created, tens or even hundreds of different variations can be rapidly obtained by changing the parameters of this workflow, benefitting from the computational speed of implicit modeling [3]. The parametric and innovative design capabilities offered by this software open the way for automatically generating and testing a large number of design variations for physical experiments or simulations with minimal time and effort [4]. In this study, the methodology of a holistic workflow is presented that automatically generates lattice-structured test specimens and, more importantly, engraves a unique text/number label on each specimen and arranges them on the build plate for production. Through this automation approach, “part labeling” and “serialization” operations for test specimens intended to be manufactured via additive processes are implemented in a scalable manner. The proposed method aims to accelerate the design and pre-production preparation stages in comprehensive DoE studies involving lattice structures.

MATERIALS AND METHODS

In this study, the nTop software was used for the design and labeling of the test specimens. Within nTop, a parametric workflow based on the implicit modeling approach was constructed and compiled into a dedicated function block (custom block). This custom block enables certain geometric details of the specimens (for example, the lattice structure, top/bottom caps, and surface text) to be controlled through a simple interface using input parameters encapsulated within a single function block. When the parameter values are changed (in a manner consistent with the input type), the specimen body dimensions, lattice properties, and surface inscriptions

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

are automatically updated. In this way, a large number of design variants can be rapidly generated from a single template workflow.

The basic geometry of the specimens was designed on the basis of a cylindrical reference body. For each specimen, fully solid cylindrical end caps were retained at the bottom and top in order to ensure flat contact surfaces during compression testing. The volume between these two caps was filled with a lattice structure. An octet lattice was selected as the unit cell in the lattice region. Octet-truss lattice structures are known in the literature as cell types that are mechanically robust while being very lightweight [5]. In the present study, octet-type lattice unit cells were used in such a way that they form a periodically repeating structure following a cylindrical cell map within the interior of the specimens. While the lattice cell size and topology were kept constant for all specimens, the lattice beam thickness was varied as a single geometric design factor. In the first specimen, the lattice beam thickness was set to 0.5 mm, and in each subsequent specimen this thickness was increased by 0.1 mm, yielding 20 distinct thickness values in total. At the end of this series, the beam thickness of the last specimen reached 2.4 mm. A total of 20 specimens were designed using this thickness parameter, numbered from 0 to 19. The indices associated with each design variation were generated using a sequence function block in nTop and were automatically instantiated with respect to the output list.

For the part labeling operation, the modeling was carried out by engraving text onto the bottom surface of each specimen. The label content consists of a common text prefix and an incrementing serial number for all specimens. The text portion was defined as “Kutahya DPU”, followed by the “-” character to separate it from the numbers. The serial number was then appended as a two-digit number, starting from 0 and increasing to 19, analogous to an array index. For example, the first specimen was labeled “Kutahya DPU – 0”, whereas the last specimen was labeled “Kutahya DPU – 19”. These inscriptions were applied by parametrically generating text geometry in nTop and engraving it onto the specimen body. In order to ensure that the text lies properly on the bottom cylindrical surface, a confined text region was defined on the relevant surface; the text was then projected onto this region along the surface normal direction and engraved. Special blocks in nTop such as “Text to Implicit” and “Text on Part” allow the text to be created directly as a geometric entity and placed on curved surfaces, which makes it possible to integrate this step into the overall automation workflow. In addition, the same workflow can be extended, if desired, to apply text as embossed features or to incorporate different fonts and logo images. nTop can extrude a bitmap image in PNG format onto a surface, thereby converting a logo or custom shape into a label [6]. Within the scope of this study, text labels were implemented in the form of engraved features.

All automatically designed specimens were arranged on the build plate of the metal additive manufacturing machine in a layout appropriate for fabrication. The EOS M270 metal powder bed fusion system planned to be used for production provides a build volume of 250 × 250 × 215 mm. The automation template also parametrically controls the position and arrangement of

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

each specimen. For example, the specimens were positioned in a 5 × 4 matrix configuration, spaced uniformly from each other and from the build plate boundaries. For other studies as well, in order to manufacture all specimens in a single build, each specimen should be assigned an orientation that ensures both the readability of the labels and sufficient spacing between parts. Finally, the group of specimens prepared in this way can be exported from nTop and imported into the EOS M270 build preparation software, thereby making the entire set ready for production.

RESULTS AND CONCLUSIONS

By means of the automation-based workflow whose methodology is presented in this study, all 20 lattice-structured specimens were designed and labeled in a single operation and made ready for fabrication within the scope of a Design of Experiments (DoE) study. The geometry of each iterated specimen was updated according to the predefined beam thickness parameter and processed with the corresponding label value. For instance, the first specimen with a beam thickness of 0.5 mm was successfully modeled as “Kutahya DPU – 0”, the fifth specimen with a beam thickness of 1.0 mm as “Kutahya DPU – 4”, and the last specimen as “Kutahya DPU – 19”. Since all parts were automatically arranged on the build platform of the EOS M270 metal additive manufacturing system, not only the design plan but also the production plan of this experimental set was generated without the need for human intervention at intermediate stages. Altogether, these outputs constitute a practical example of the production of a large number of specimens with multiple design iterations that can be manufactured via additive processes. Figure 1 below illustrates the design iterations and their placement within the EOS M270 build volume.

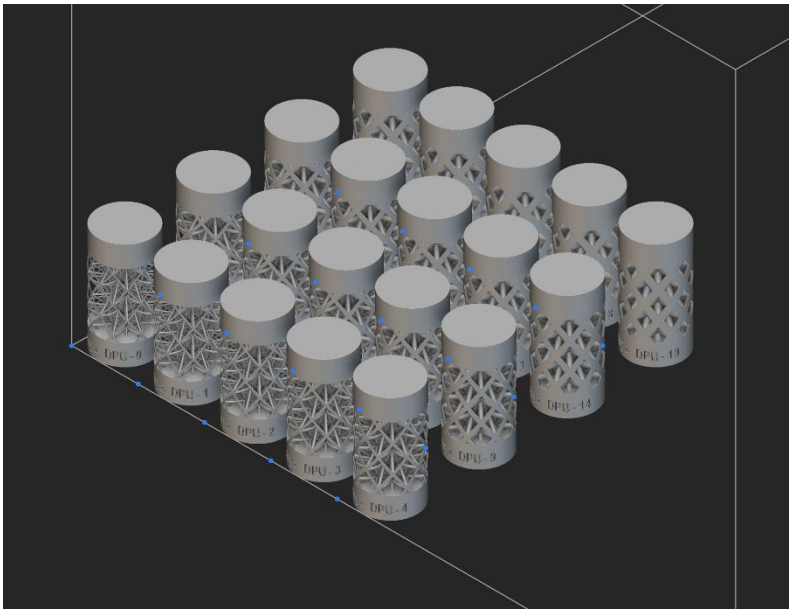


Figure 1: The design iterations and their placement within the EOS M270 build volume.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Considering the results obtained and the fact that new geometries can be generated within seconds as the parameters are varied, the proposed automation approach clearly demonstrates substantial time savings in the design phase of a DoE-oriented workflow. In conventional practice, each variation would have to be modeled individually, separate CAD files would need to be created, and text labels would have to be added manually to every single part. By contrast, thanks to the batch processing capabilities available in nTop, these tasks were executed collectively and in a repeatable manner. By automating the repetitive modeling and labeling operations, the design time was dramatically reduced. In addition, the explicit encoding of the specimen identity on each part effectively eliminates the risk of mix-ups during experimental testing. A customizable, automated, and consistent naming scheme enables the researcher to track each design variation with ease. In these respects, the present work shows that a serial-number-based part labeling strategy can provide critical and practical benefits in experimental programs that involve large numbers of specimens.

Another advantage of this automation workflow is that it enables the rapid generation of different design iterations, thereby facilitating the exploration of a wide design space. Through parametric modeling, a designer can evaluate hundreds of virtual variants without increasing the number of physical prototypes, and can then optimize resource usage by fabricating and testing only those designs that demonstrate the most promising performance. In future work, the current workflow presented in this study could be extended to include finite element analysis (FEA). For example, the finite element mesh for each lattice specimen could be generated automatically and its mechanical performance simulated. With the aid of additional scripting, nTop can automatically record the simulation results of each design iteration (e.g., von Mises stress and displacement values) into an Excel spreadsheet. Such an integration would allow experimental measurements and numerical analysis results to be compared directly. Thus, nTop can be used to rapidly generate various design variants not only for experimental testing but also for numerical analysis.

In conclusion, the automation-based part labeling and serialization method introduced in this study represents an innovative approach that can enhance the efficiency of experimental investigations carried out using additive manufacturing. The ability to consistently design numerous complex lattice-structured specimens via a single workflow and to label each one accurately and reliably can provide researchers with significant savings in time and effort. Automating design processes reduces the amount of repetitive work required from engineers and allows them to devote more attention to creativity and the interpretation of results. The fact that this workflow is reusable and scalable, and can be readily adapted in future studies to different geometries, materials, or optimization objectives, is of particular importance. In this respect, the study highlights the potential benefits of a digital automation pipeline for comprehensive experiment design and multi-specimen production involving lattice structures. Through this approach, an integrated and accelerated progression throughout the design cycle can be achieved.

REFERENCES

[1] K. Ráž, Z. Chval, and M. Pereira, "Lattice Structures—Mechanical Description with Respect to Additive Manufacturing," *Materials 2024, Vol. 17, Page 5298*, vol. 17, no. 21, p. 5298, Oct. 2024, doi: 10.3390/MA17215298.

[2] ABCorp, "Metal 3D Printing: Strength, Speed, and Sustainability for Modern Manufacturing." Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://abcorp.com/3d-insights/metal-3d-printing-for-efficient-production/

[3] nTop, "Additive manufacturing automation for industrial hardware." Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.ntop.com/resources/blog/how-design-automation-with-additive-manufacturing-is-changing-the-game-for-industrial-hardware/

[4] nTopology, "Labeling design variations for experimental testing." Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.ntop.com/resources/videos/ntop-live-labeling-design-variations-with-serial-numbers/

[5] P.-T. Doutre, C. Grandvallet, L. Gobet, F. Vignat, and R. Dendievel, "Influence of fillets onto mechanical properties of octet-truss lattice structures," Mar. 2023, Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://arxiv.org/pdf/2303.03866

[6] J. Walles, "How to label parts." Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/18683788336531-How-to-label-parts

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BEST PRACTICES FOR GENERATING FINITE ELEMENT MESHES FROM IMPLICIT BODIES IN NTOP

Res. Asst., AHMET DAYANÇ
Kutahya Dumlupinar University,
ahmet.dayanc@dpu.edu.tr - 0000-0002-5214-9021

Prof. Dr., İSMET ÇELİK
Kutahya Dumlupinar University,
ismet.celik@dpu.edu.tr - 0000-0002-6564-0880

ABSTRACT

This study systematically presents an end-to-end workflow for obtaining high-quality surface and volume meshes from geometries represented implicitly in the nTop software. The impact of representational differences between implicit bodies and conventional CAD bodies on the mesh generation process is investigated, and the steps for constructing surface, volume, and finite element (FE) volume meshes via the “Mesh from Implicit Body” and “Mesh from CAD Body” function blocks are detailed. Within an analytical framework, the decisive roles of various input parameters associated with these functions, such as target mesh edge length and span angle, on the resulting mesh’s element quality, "edge manifold" property, and suitability for finite element analysis (FEA) are elucidated. Furthermore, the use of various function blocks to remedy issues, frequently observed in complex topologies, such as non-manifold configurations, sharp-edge capture problems, and local distortions, frequently observed in complex topologies, is presented in detail in the context of mesh editing and clean-up. The study also sets out practical procedures for reliably exporting the generated meshes to widely used data formats, primarily 3MF. Overall, by compiling best practices, parameter-selection strategies, and troubleshooting approaches for generating accurate, topologically consistent, and FEA-grade meshes for complex part geometries within the nTop environment, this work contributes to the standardization of implicit-modeling-based numerical engineering workflows. In this regard, it can serve as a reference and practical guide both for entry-level nTop users and for advanced FEA practitioners.

Keywords: Implicit Modeling, Mesh Parameters, Mesh Quality

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INTRODUCTION

In this study, the focus is on the key considerations required to obtain high-quality surface and volume meshes from a complex geometry composed of implicit data and designed using "nTop," an engineering software based on implicit modeling. As a reference geometry, the Diamond TPMS (Triply Periodic Minimal Surface) lattice structure is investigated. It has been selected because, as a continuous minimal surface with high curvature and with sharp features at the boundaries of the design domain, it constitutes a highly challenging and representative example for mesh generation from an implicit model. nTop is a software tool used particularly in sectors such as aerospace, aviation, automotive, and implants, as well as in certain consumer products, for purposes such as achieving high specific strength and lightweight designs through topology optimization and complex structures with porous cavities (for example, lattice structures composed of spatially graded unit cells or TPMS geometries).

In the sectors where nTop is employed, lightweight design and Finite Element Analysis (FEA) are two fundamental and closely related elements. While lightweight design seeks to minimize material usage as far as possible, FEA is used to predict whether the component still meets the required strength levels. For FEA to be applied to a component, the volume of the model must be represented by a suitably discretized mesh. There are significant differences between a mesh generated for FEA purposes and a mesh generated for additive manufacturing (AM) and used as manufacturing data. For a mesh created for FEA, properties such as the number of elements and element quality (for example, aspect ratio, skewness, orthogonality, and the mesh being edge-manifold) are critical for consistency and accuracy of the solution, whereas for a mesh used in AM, the primary objective is to obtain a geometrically accurate, watertight surface mesh free of self-intersections. Consequently, even for the same implicit geometry, the optimal mesh parameters vary depending on the design of the part and on whether the ultimate goal is FEA or manufacturing.

In nTop, various function blocks operating with different approaches are available to generate meshes both from an implicit model and from a CAD model based on Boundary Representation (B-Rep) technology [1]. "Mesh from CAD Body," "Mesh from Implicit Body," and "Mesh from Implicit Body by DC" are examples of such function blocks. Parameters such as tolerance, target mesh edge length, minimum feature size, and span angle within these function blocks directly affect both the geometric accuracy and the quality of the resulting mesh. Particularly for complex geometries such as the Diamond TPMS lattice, careless selection of these parameters may lead to meshes that are unsuitable such as non-manifold meshes and that exhibit problems in capturing sharp edges as well as local distortions [2]. By analytically examining the behavior of these function blocks, this study proposes a set of practical approaches and recommendations for generating meshes from implicit models that are either suitable for manufacturing or of FEA quality.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MATERIALS AND METHODS

In nTop, the "Mesh from CAD Body" block converts B-Rep-based CAD bodies into a triangular surface mesh by means of the tolerance and maximum edge length parameters. The tolerance specifies the maximum admissible deviation of the mesh from the true CAD surface, while the maximum edge length constrains the size of triangular mesh elements on large and flat surfaces. The "Mesh from Implicit Body" block, on the other hand, employs a more robust algorithm that converts nTop's implicit representation (Signed Distance Fields – SDF) into a surface mesh that is, in most cases, watertight, manifold, and free of self-intersections. For this function block, the primary control parameter is a global tolerance value, which must be chosen as a single value valid throughout the model, and it is recommended to select it to be approximately one third of the smallest feature size in the model. Since halving the tolerance can lead to an increase in the number of elements by up to a factor of about four, this parameter is also the main determinant of mesh density per unit volume.

Because implicit representations are inherently smooth, nodal regions and sharp geometric transitions may appear "rounded" when the resolution is insufficient. The "Sharpen" parameter in the "Mesh from Implicit Body" block identifies regions of high curvature, repositions the mesh nodes, and attempts to reconstruct sharp edges on the mesh [3]. In this way, it may be possible to achieve the desired geometric accuracy without excessively reducing the global tolerance. In an alternative version of this function block, the "Sharpen Extents" and "Sharpen Iteration" parameters allow control over the spatial extent of the edge-capturing operation and the number of iterations with which it is applied. In practical applications, it has been observed that a sharpening of 1 to 3 iterations is sufficient and that the marginal benefit decreases for higher iteration counts. For a Diamond TPMS lattice, increasing the number of sharpening iterations beyond 1, in order to better represent nodal intersection regions, improved both the mesh quality and the captured geometric accuracy.

In the "Mesh from Implicit Body" block, the boolean input parameter "Simplify" triggers an adaptive mesh simplification process that reduces the number of mesh elements at appropriate locations while remaining within the tolerance limits. Although assigning a value of "true" to this parameter (by checking the corresponding box) reduces file size and computation time, it can cause geometric loss in some regions and, in particular, lead to the formation of mesh elements that are unsuitable for FEA. Therefore, it is recommended to disable the "Simplify" option when generating meshes for FEA and, if simplification is required, to perform it via a separate remeshing operation where the process is more controllable, thereby adopting a safer strategy.

Another alternative, which generates meshes more rapidly but is less robust (with a higher probability of errors), is the "Mesh from Implicit by DC (Dual Contouring)" function block. This function block converts the implicit field into a mesh using a grid-based dual contouring algorithm and, while capturing sharp features relatively well, carries the risk of producing

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

meshes with self-intersections and non-manifold edges or vertices. The two main parameters of this function block are “Min. Feature Size” and “Adaptivity.” The “Min. Feature Size” parameter defines a characteristic length corresponding to the smallest geometric feature to be resolved, whereas the “Adaptivity” parameter implements an adaptive coarsening strategy by generating larger mesh elements in flat regions and smaller elements in curved regions. In this study, when “Adaptivity” was set to 0 (i.e., when a nominally uniform mesh was targeted), pronounced geometric losses were observed on the Diamond TPMS lattice, particularly in surface regions with curvature. This observation indicates that, in a function block employing a dual contouring algorithm, if the grid-based resolution (“Min. Feature Size”) is not chosen sufficiently small, then with “Adaptivity” set to 0 the mesh elements cannot be locally refined enough and certain geometric features cannot be represented. In Figure 1a below, the effect of the “Simplify” parameter is shown, and in Figure 1b the output of the “Mesh from Implicit by DC” function block is presented.

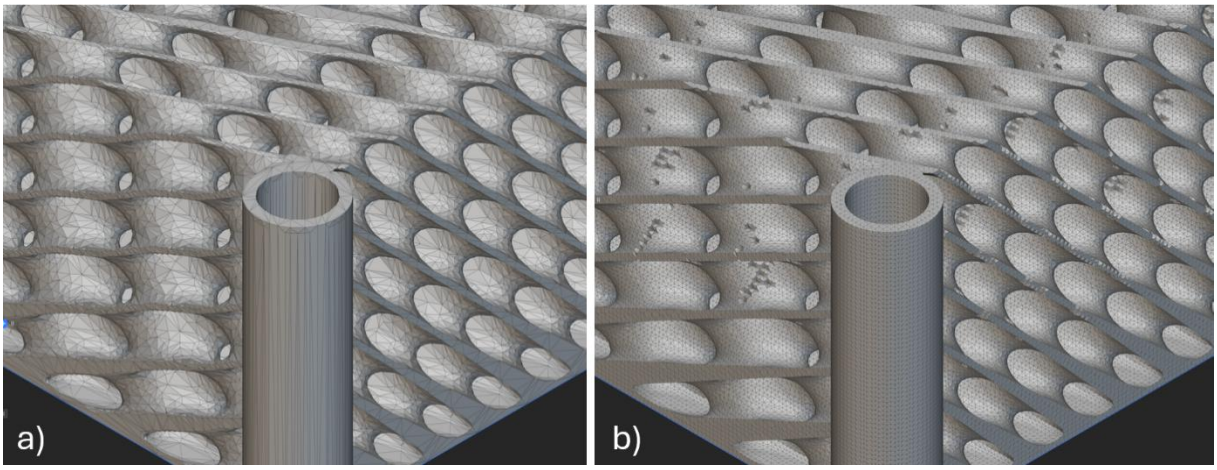


Figure 1: a) The effect of the “Simplify” parameter **b)** The output of the “Mesh from Implicit by DC” function block

Once the reference surface meshes were obtained, the “Remesh Surface” function block was used to make the elements of a mesh intended for FEA more uniform [4]. This function block resamples the input mesh and thus allows control over element quality and size distribution. The “Edge Length” parameter specifies the target edge length of the triangles, and a constant value can be chosen for a uniform mesh. As this value decreases, the number of elements increases; as it increases, the number of mesh elements decreases. The “Span Angle” parameter limits the maximum angular variation that a single mesh element may span on curved surfaces. As the “Span Angle” parameter is reduced, more and smaller mesh elements are generated in curved regions, thereby capturing curvature on TPMS surfaces more accurately. The “Growth Rate” parameter expresses the ratio that governs how much the sizes of neighboring mesh elements are allowed to change. Values close to 1 yield more uniform meshes, whereas values greater than 1 produce meshes in which the transition from small to large elements occurs more rapidly. From an FEA standpoint, a “Growth Rate” value in the range of 1.2 to 1.5 provides more balanced results in terms of both quality and the total number of mesh elements. The

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

"Feature Angle" parameter defines the threshold for the angle between the normals of neighboring mesh elements. A low "Feature Angle" value tends to polygonize curved surfaces more aggressively, whereas a high "Feature Angle" value represents curved surfaces more faithfully and treats only sharp geometric discontinuities as "corners" [5]. For continuously curved structures such as the Diamond TPMS, the use of relatively high "Feature Angle" value is recommended. The "Chord Height" parameter specifies the maximum admissible deviation between the remeshed surface and the original input surface. A small "Chord Height" value increases geometric accuracy but requires more mesh elements, whereas larger values lead to a coarser representation of the surface. To preserve the details of curved TPMS surfaces, it is advisable to keep the "Chord Height" value small. The "Min. Feature Size" parameter, in turn, defines the smallest geometric scale to be preserved during remeshing and helps remove or suppress small elements and details below this threshold. Selecting this parameter at approximately 5% of the target "Edge Length" generally ensures the removal of very small mesh elements that are not meaningful from an FEA perspective. Finally, the "Preserved Nodes" parameter allows specific nodes to retain their positions during remeshing. This feature is critically important in cases where the coordinates of regions where boundary conditions will be applied, assembly interfaces, or structural connection points must remain unchanged. In Figure 2 below, the output of the "Remesh Surface" function block is shown.

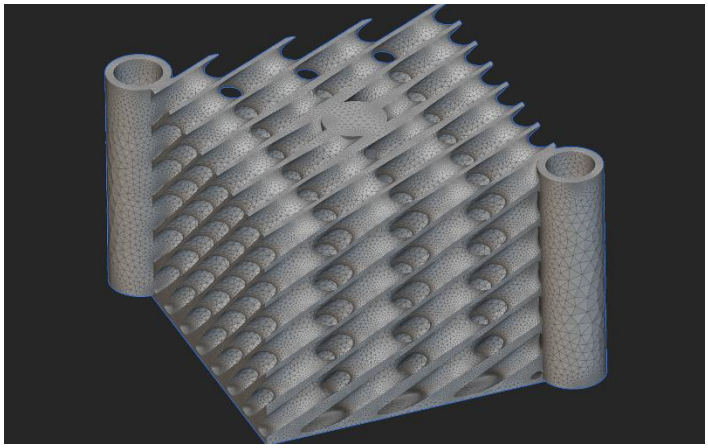


Figure 2: The output of the "Remesh Surface" function block.

RESULTS AND CONCLUSIONS

This study has shown that the proper adjustment of the function blocks used to generate a mesh from an implicit model, together with the various input parameters, is a decisive factor for both the geometric accuracy and the quality of the mesh, which constitutes the output of the function. In particular, in the "Mesh from Implicit Body" block, the fact that reducing the tolerance leads to an increase in the number of mesh elements by up to approximately a factor of four has concretely demonstrated the sensitivity of the parameters. Activating the "Sharpen" option significantly improved sharpness in certain regions of the Diamond TPMS lattice, but also increased the mesh generation time. Conversely, the use of the "Simplify" parameter reduced

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

the number of mesh elements, yet caused the loss of certain geometrical features and the formation of mesh elements that are undesirable from an FEA standpoint. In the “Mesh from Implicit by DC” function block, when the Adaptivity parameter was set to 0, it was observed that the TPMS surfaces were under-represented if “Min. Feature Size” was not chosen sufficiently small, thereby revealing the critical role of the underlying grid resolution.

For the same Diamond TPMS geometry, two different meshes were generated—one intended as manufacturing data and the other for FEA—thus making the differences in requirements explicit. In the mesh targeted for manufacturing, the tolerance was selected at a level that satisfies manufacturing tolerances, and the file size was minimized. The resulting surface mesh was watertight, manifold, and sufficiently representative of fine details, but relatively sparse. In the FEA-oriented mesh, by contrast, the target “Edge Length” parameter was prescribed via “Remesh Surface,” the “Growth Rate” was reduced to make the element size distribution more uniform, and geometric accuracy was preserved through the “Feature Angle” and “Chord Height” parameters. Consequently, for the same geometry, the number of elements in the FEA mesh turned out to be higher than in the manufacturing mesh. In this context, even when the geometry is identical, very different mesh structures may emerge depending on the intended application.

The resulting meshes can be exported in “.stl”, “.obj”, and “.3mf” formats, depending on the application requirements [6]. For complex lattice structures, the 3MF format provided a substantial file-size advantage over STL and was able to produce a more compact file at the same level of detail. In this way, starting from a complex implicit geometry such as the Diamond TPMS in nTop, a detailed workflow has been established that includes robust implicit meshing, fast meshing based on the DC algorithm, surface remeshing, and, where necessary, transition to a volume mesh [7]. By jointly addressing parameter selection strategies and mesh-generation approaches tailored to the intended purpose, this study contributes to the standardization of numerical engineering workflows based on implicit modeling and can serve as a practical guide both for entry-level nTop users and for advanced FEA practitioners.

REFERENCES

[1] J. Walles, "What is a mesh? – nTop Support." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/1500002958561-What-is-a-mesh

[2] nTop Support, "Input Mesh must be Manifold." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360052000554-Input-Mesh-must-be-Manifold

[3] A. Prasad, "How to create a surface mesh – nTop Support." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360038828913-How-to-create-a-surface-mesh

[4] nTop, "How to mesh complex parts." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360040769654-How-to-mesh-complex-parts

[5] J. Walles, "Methods for refining meshes – nTop Support." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360061372374-Methods-for-refining-meshes

[6] J. Walles, "How to export multiple mesh objects as a single STL – nTop Support." Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/1500002149622-How-to-export-multiple-mesh-objects-as-a-single-STL

[7] J. Walles, "Methods for creating solid meshes – nTop Support." Accessed: Nov. 23, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/1500003107542-Methods-for-creating-solid-meshes

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INVESTIGATION OF CUTTING PARAMETERS, TEMPERATURE, SURFACE ROUGHNESS, AND ENERGY CONSUMPTION IN AISI 304 STEEL FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MANUFACTURING

Assoc. Prof. Dr. Abidin ŞAHİNOĞLU

Manisa Celal Bayar University, Technical Sciences Vocational School,

Department of Machinery and Metal Technologies

abidinsahinoglu@gmail.com

ORCID /0000-0003-0040-442X

ABSTRACT

Stainless steel is a material with high corrosion resistance and strength. It is widely used in industry. Stainless steels are used in the food, automotive, chemical, and medical sectors. Stainless steels have high thermal resistance. They maintain their mechanical properties at temperatures of 300-800°C. AISI 304 austenitic stainless steel has excellent corrosion resistance and machinability. However, appropriate cutting conditions must be determined for its processing. Therefore, this experimental study investigated the effects of different cutting conditions. Materials were machined at three different cutting speeds, three different feed rates, and three different depths of cut. Surface roughness, temperature, and energy consumption were investigated according to cutting conditions. According to ANOVA results, the most influential parameter on surface roughness was the feed rate. The instantaneous current value increased with increasing cutting parameters. However, energy consumption decreased due to the shorter processing time. Temperature values were observed to increase with increasing cutting parameters. Furthermore, regression equations were generated for surface roughness, temperature, and instantaneous current values based on cutting parameters. The resulting mathematical models allowed for high-accuracy final predictions. Finally, the relationship between temperature and instantaneous power consumption was explained. A mathematical model was created to correlate temperature and power consumption.

Keywords: AISI 304, environmentally friendly production, temperature, energy consumption

INTRODUCTİON

Stainless steel has a wide range of applications. It has high corrosion resistance. A protective chromium oxide layer forms on the surface. This layer resists oxidation. Its tensile strength is 500-1000 MPa. Its yield strength is 250-700 MPa. Its hardness is 150-300 Hrb. It has high thermal resistance and maintains its corrosion resistance at 300-800 degrees Celsius. Stainless steel is processed using the machining method. High surface quality is achieved with stainless

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

steel. It has high chemical stability. Stainless steel has poor electrical conductivity, but it is resistant to flame and high temperatures. Austenitic stainless steels are AISI 304 and AISI 316. Ferritic stainless steel AISI 430 has high thermal resistance. Martensitic stainless steels are AISI 410 and AISI 420, which provide high hardness and durability. Stainless steel is widely used in construction, automotive, food and medical sectors[1].

AISI 304 stainless steel is an austenitic stainless steel. It is used in food processing, tanks, and pipes. It has corrosion resistance and hygienic properties. It is used in chemical reactors and pipelines. It is used in fuel tanks in the automotive sector. It is used in hospitals, laboratories, kitchenware, pots, and sinks. It can also be used in marine equipment.

Surface quality is an important parameter. The surface quality of the workpiece affects friction. Surface roughness is the most important indicator of surface quality. Rough surfaces develop nicks, which can lead to fractures. Smooth surfaces are more resistant to fatigue. Surface roughness results in more friction and wear. Rough surfaces generate more heat. Heat generation leads to energy loss. Heat generation causes the workpiece to lose its mechanical and chemical properties, thus reducing its lifespan[2]–[7].

In recent years, increasing energy consumption has become a significant problem. To meet this increasing energy demand, more fossil fuels are being consumed, leading to environmental pollution. Increased carbon dioxide emissions contribute to global warming. Therefore, reducing energy consumption is of paramount importance. To reduce energy consumption and achieve environmentally friendly manufacturing, it is necessary to determine appropriate cutting conditions[3], [4], [6], [8]–[11].

Temperature is a key factor in machinability. It affects both workpiece quality and tool life. Machining occurs as a result of friction between the tool and workpiece. This friction generates temperature. Cutting parameters have an impact on temperature. High temperatures cause tool wear. High temperatures change the chemical properties of the workpiece, altering its mechanical properties. This can lead to thermal cracking on the surface. Coolant is used to control temperature. Optimum cutting conditions are determined[12][13][14][15].

A review of the studies conducted reveals numerous studies on stainless steel. It is necessary to examine the energy consumption, temperature, and surface roughness values of stainless steel together. This aims to determine appropriate cutting conditions for environmentally friendly manufacturing.

MATERIAL METHOD

In this experimental study, the workpiece surface was cleaned to ensure homogeneous measurement. Cutting conditions were determined for each experiment. Preliminary experiments were conducted. Appropriate cutting parameters were determined. The tool's catalog values were used when determining the cutting parameters. Studies in the literature were reviewed. The experiments were performed on a TAKSAN TTC 630 CNC lathe. The machine's high rigidity increased the reliability of the experiments. The workpiece material was selected as 150 mm long and 60 mm in diameter. The workpiece was clamped between the chuck and the center. The cutting conditions specified for machining stainless steel as the

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

cutting tool were met. Surface roughness was measured at three different points with a Mitutoyo SJ 210 surface roughness meter. Measurements were taken at a 120-degree angle. The average of the three separate values was taken. Surface roughness was measured immediately after the experiments. This prevented the oxide layer on the surface from affecting the test results. The surface roughness was measured parallel to the axis. Energy consumption was measured instantly. Three separate values were averaged. This prevented potential fluctuations at the current. The temperature on the workpiece surface was measured. Measuring chip temperature is a bit more difficult. Measuring tool temperature requires manipulation of the tool itself. Experimental results were analyzed using Minitab. Statistical significance was measured. ANOVA results were compared. Predictive models were created using regression analysis.

EXPERIMENTAL RESULTS

Surface roughness values may vary depending on the workpiece's intended use. For hydrodynamic lubrication, a surface roughness value below 0.4 µm is desired. However, a value significantly below this value results in a very shiny surface. Highly shiny surfaces make it difficult for the oil film to adhere. For jointed surfaces, an Ra of ≤0.8 µm is required. In hydraulic equipment, this value is required. For cylindrical parts that fit together, an Ra of ≤1.6 µm is required. For precision fits, the Ra value is between 0.4 and 0.8 µm. ANOVA results for Ra are shown in Table 1.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	107,309	21,4618	486,94	0,000
Linear	3	3,910	1,3034	29,57	0,000
a (mm)	1	3,074	3,0744	69,75	0,000
V (m/min)	1	0,101	0,1013	2,30	0,144
f (mm/rev)	1	0,734	0,7344	16,66	0,001
Square	2	0,497	0,2484	5,64	0,011
V (m/min)*V (m/min)	1	0,135	0,1349	3,06	0,095
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	0,362	0,3620	8,21	0,009
Error	21	0,926	0,0441		
Total	26	108,234			

Table1. Analysis of Variance for Ra

Surface roughness in machine parts is important for efficiency. Higher roughness increases friction. Friction and temperature rise. Increasing temperature causes the parts in contact to expand. This expansion makes it more difficult for the parts to move. Straining the parts further increases the friction force. Increasing temperature causes the oil between the rubbing parts to lose its properties. This loss of oil properties, in turn, causes a further increase in temperature. Heat generation increases energy consumption. Surface roughness increases wear. Roughness on the rough surface causes pressure to increase in this area. This increased pressure increases friction and wear. Consequently, it creates a gap between the parts moving in contact with each other. This gap creates vibration and vibration in the machine parts. Wear shortens the lifespan of the machine parts.

ANOVA results for the Current (A) Current value are shown in Table 2.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	411,526	45,7251	217,12	0,000
Linear	3	0,130	0,0434	0,21	0,891
a (mm)	1	0,022	0,0224	0,11	0,748
V (m/min)	1	0,084	0,0842	0,40	0,536
f (mm/rev)	1	0,020	0,0201	0,10	0,761
Square	3	2,185	0,7284	3,46	0,040
a (mm)*a (mm)	1	1,757	1,7574	8,34	0,010
V (m/min)*V (m/min)	1	0,171	0,1710	0,81	0,380
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	0,257	0,2568	1,22	0,285
2-Way Interaction	3	7,500	2,5000	11,87	0,000
a (mm)*V (m/min)	1	2,783	2,7828	13,21	0,002
a (mm)*f (mm/rev)	1	2,248	2,2478	10,67	0,005
V (m/min)*f (mm/rev)	1	2,470	2,4696	11,73	0,003
Error	17	3,580	0,2106		
Total	26	415,106			

Table 2. Analysis of Variance for Current

Cutting temperature is a critical parameter affecting machinability, and high temperatures can negatively impact both tool life and workpiece quality. Therefore, appropriate cooling methods and optimization of cutting parameters are crucial for both productivity and environmental sustainability. ANOVA results for temperature are presented in Table 3.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	105,939	11,7710	65,11	0,000
Linear	3	3,823	1,2743	7,05	0,003
a (mm)	1	0,070	0,0698	0,39	0,543
V (m/min)	1	0,160	0,1603	0,89	0,360
f (mm/rev)	1	3,366	3,3662	18,62	0,000
Square	3	1,517	0,5055	2,80	0,072
a (mm)*a (mm)	1	0,501	0,5007	2,77	0,114
V (m/min)*V (m/min)	1	0,002	0,0018	0,01	0,921
f (mm/rev)*f (mm/rev)	1	1,014	1,0141	5,61	0,030
2-Way Interaction	3	6,514	2,1714	12,01	0,000
a (mm)*V (m/min)	1	4,089	4,0889	22,62	0,000
a (mm)*f (mm/rev)	1	2,341	2,3408	12,95	0,002
V (m/min)*f (mm/rev)	1	0,084	0,0844	0,47	0,504
Error	17	3,073	0,1808		
Total	26	109,012			

Table 3. Analysis of Variance for Temperature

Cutting temperature accelerates tool wear. The risk of tool brittleness and fracture increases. High temperatures occur in materials such as stainless steel, resulting in BUE. The chemical and mechanical properties of the workpiece change due to temperature.

Cutting temperature depends on cutting power. Cutting power, in turn, is related to depth of cut, feed rate, and cutting speed. If cutting parameters increase, cutting power increases, and therefore, cutting temperature increases.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Total energy = mechanical cutting energy + thermal energy

Some of the heat generated is transferred to the chip, some to the tool, and some to the workpiece material. The majority of the heat is removed by the chip because the hot chip separates quickly. Greater depth of cut and feed rate require more plastic deformation energy. More plastic deformation energy generates more thermal energy. Since $P = Fc \times Vc$, increasing cutting speed increases power. However, increasing speed causes the chip to move away more quickly. The significant and non-significant parameters and regression equations are shown in Figure 1.

Ra= 23,0+ 1,148 a - 0,000799 V - 228 f + 0,000000 V *V + 485 f *f

Current=86,6- 29,8 a - 0,00224 V - 357 f + 4,18 a *a + 0,000000 V *V + 409 f *f - 0,001088 a *V + 53,4 a *f + 0,01640 V *f

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

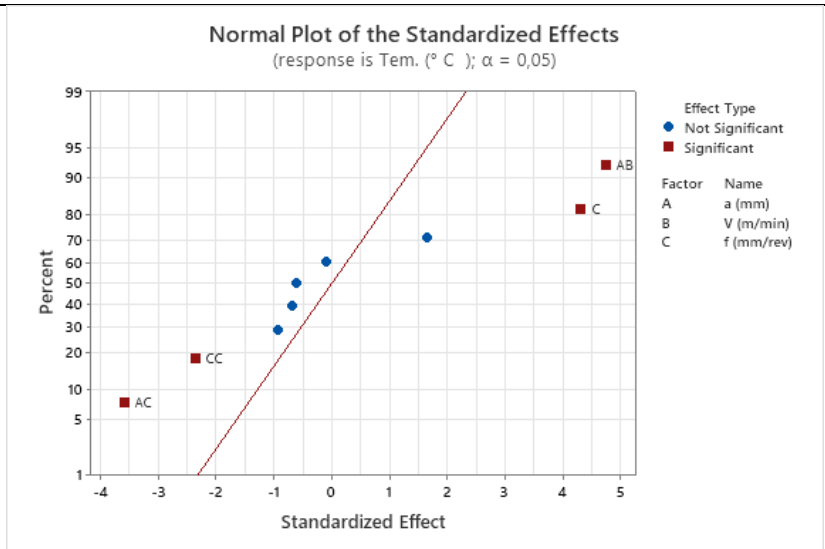
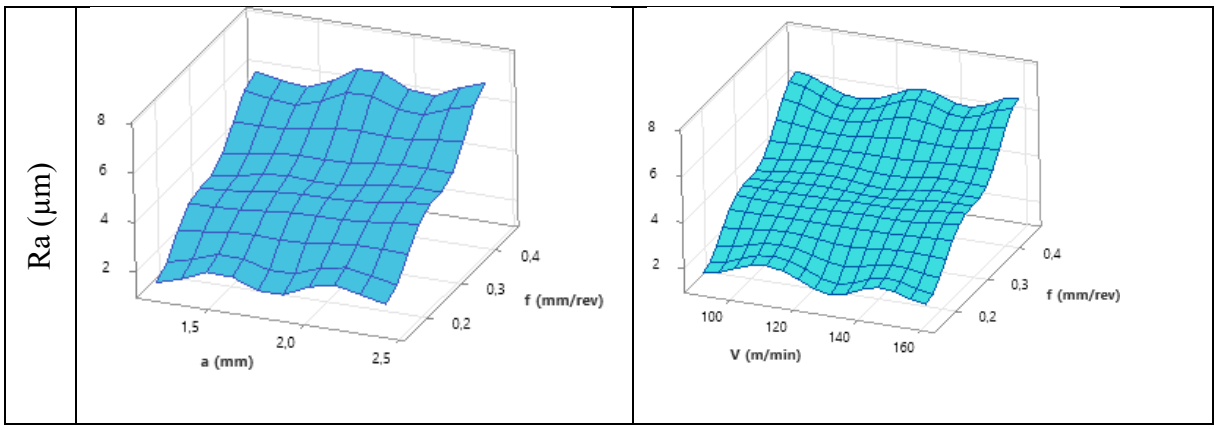


Figure 1. Regression equations and significance of factors

As the feed rate increases, the cutting insert removes more material. The depth of the surface marks increases.

Ra = f 2 / 32Re (f is the feed rate, Re is the tool tip radius)

As shown, the tip radius increases with increasing feed rate. If the feed rate doubles, the Ra value increases by a factor of four. If the feed rate increases by a factor of four, the cutting force increases by approximately two times. The increase in cutting force increases vibration. Increased vibration increases surface roughness. Vibration causes micro-tears, thus deteriorating surface quality. If the feed rate increases by a factor of four, the temperature increases. The chip softens. The softened chip adheres to the tool. The chip adhered to the tool scratches the surface. The surface deteriorates. The Ra value increases. At higher feed rates, the volume of chip removed increases. The cutting insert is subjected to greater stress. Wear occurs on the cutting insert. Micro-fractures occur in the cutting tool. In this case, the surface quality deteriorates. Figure 2 shows the effects of cutting conditions.



ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

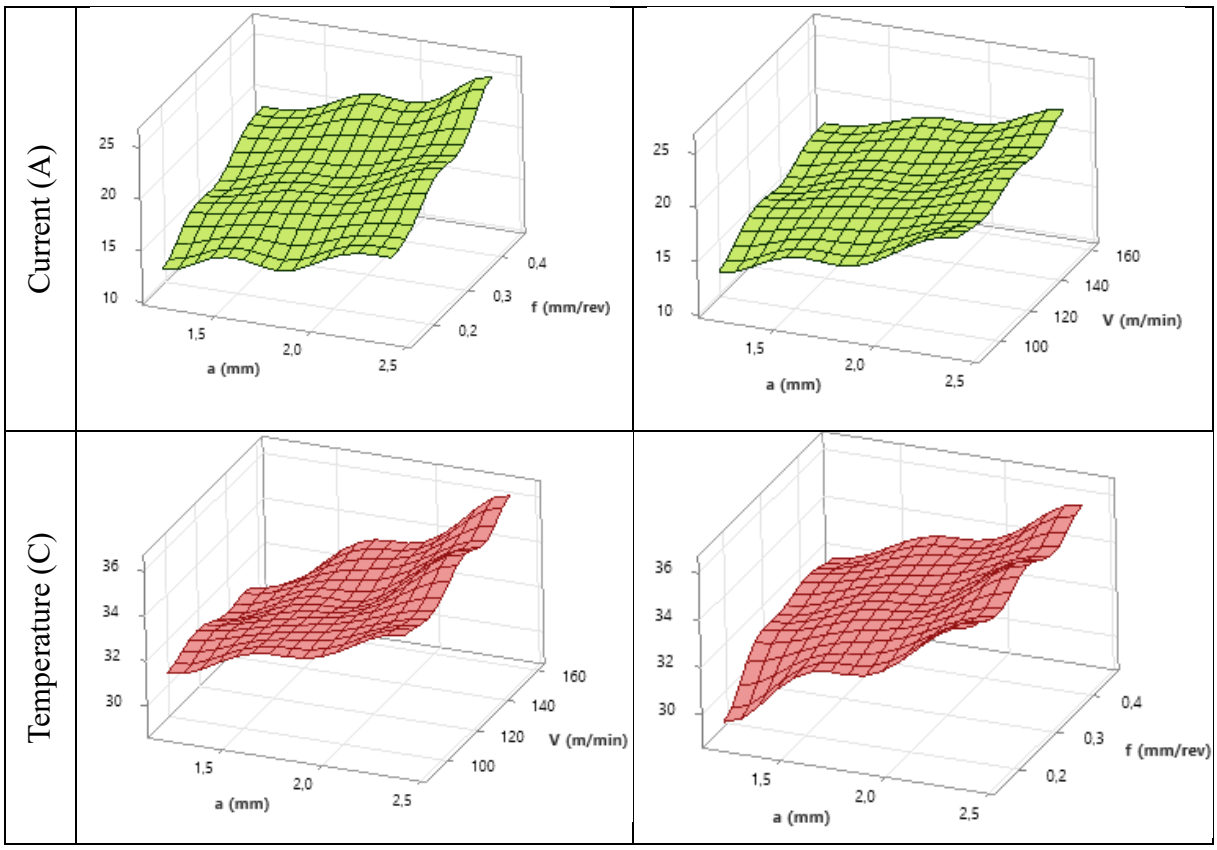


Figure 2: Relationship between cutting parameters, Ra, Current, and Temperature

CONCLUSION

In this experimental study, the cutting parameters, surface roughness, temperature, and current were investigated in the turning of AISI 304 stainless steel. To summarize the experimental results, the following can be seen

Surface roughness increases with increasing feed rate. The number of helical flutes increases with feed rate. No significant effect of increasing depth of cut and cutting speed was observed. According to the regression equation obtained, the surface roughness value could be predicted with high accuracy.

The current value increased with increasing depth of cut and feed rate. Depth of cut is the most influential parameter on the current value. Cutting speed has a partial effect. Cutting forces decrease with increasing cutting speed, resulting in a better cut. Therefore, no significant increase in the current value was observed.

The temperature increased with increasing depth of cut. Because the machining time was shortened with increasing feed rate and cutting speed, the temperature increase was not significant.

The resulting regression equation predicted highly accurate results. High cutting conditions may be preferred for optimal cutting conditions. However, high cutting speeds increase surface roughness, so they are not preferred. Therefore, for low temperatures and low surface roughness, low feed rates, high cutting speeds, and high depths of cut are preferable.

REFERENCES

[1] B. Boswell, M. N. Islam, I. J. Davies, Y. R. Ginting, and A. K. Ong, "A review identifying the effectiveness of minimum quantity lubrication (MQL) during conventional machining," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 92, no. 1–4, pp. 321–340, 2017, doi: 10.1007/s00170-017-0142-3.

[2] M. Rafighi, M. Özdemir, S. Al Shehabi, and M. T. Kaya, "Sustainable Hard Turning of High Chromium AISI D2 Tool Steel Using CBN and Ceramic Inserts," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 74, no. 7, pp. 1639–1653, 2021, doi: 10.1007/s12666-021-02245-2.

[3] A. Şahinoğlu, M. Rafighi, and R. Kumar, "An investigation on cutting sound effect on power consumption and surface roughness in CBN tool-assisted hard turning," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part E J. Process Mech. Eng.*, vol. 236, no. 3, pp. 1096–1108, 2022, doi: 10.1177/09544089211058021.

[4] J. Airao, C. K. Nirala, R. Bertolini, G. M. Krolczyk, and N. Khanna, "Sustainable cooling strategies to reduce tool wear, power consumption and surface roughness during ultrasonic assisted turning of Ti-6Al-4V," *Tribol. Int.*, vol. 169, p. 107494, 2022, doi: 10.1016/j.triboint.2022.107494.

[5] V. S. Sharma, S. Dhiman, R. Sehgal, and S. K. Sharma, "Estimation of cutting forces and surface roughness for hard turning using neural networks," *J. Intell. Manuf.*, 2008, doi: 10.1007/s10845-008-0097-1.

[6] F. Karaaslan and A. Şahinoğlu, "Determination of Ideal Cutting Conditions for Maximum Surface Quality and Minimum Power Consumption During Hard Turning of AISI 4140 Steel Using TOPSIS Method Based on Fuzzy Distance," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 45, no. 11, pp. 9145–9157, 2020, doi: 10.1007/s13369-020-04635-y.

[7] F. Bertolotti *et al.*, "Analysis of the effect of part geometry and cutting parameters over tool vibration and surface integrity on hard turning," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, pp. 4065–4077, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-10162-x.

[8] A. Sahinoğlu and E. Ulas, "An investigation of cutting parameters effect on sound level, surface roughness, and power consumption during machining of hardened AISI 4140," *Mech. Ind.*, vol. 21, no. 5, 2020, doi: 10.1051/meca/2020068.

[9] N. Khanna, P. Shah, M. Sarikaya, and F. Pusavec, "Energy consumption and ecological analysis of sustainable and conventional cutting fluid strategies in machining 15–5 PHSS," *Sustain. Mater. Technol.*, vol. 32, no. February, p. e00416, 2022, doi: 10.1016/j.susmat.2022.e00416.

[10] S. Padhan, L. Dash, S. K. Behera, and S. R. Das, "Modeling and Optimization of Power Consumption for Economic Analysis, Energy-Saving Carbon Footprint Analysis, and Sustainability Assessment in Finish Hard Turning Under Graphene Nanoparticle–Assisted Minimum Quantity Lubrication," *Process Integr. Optim. Sustain.*, vol. 4, no. 4, pp. 445–463, 2020, doi: 10.1007/s41660-020-00132-9.

[11] A. H. Gutierrez-Osorio, L. Ruiz-Huerta, A. Caballero-Ruiz, H. R. Siller, and V. Borja, "Energy consumption analysis for additive manufacturing processes," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 105, no. 1–4, pp. 1735–1743, 2019, doi: 10.1007/s00170-019-04409-3.

[12] H. Vachhani, M. Rathod, and R. Shah, "Dissolution and erosion behavior of AISI H13 shot sleeve in high pressure die casting process," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 101, no. September 2017, pp. 206–214, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.02.021.

[13] A. Adler *et al.*, "Catheter-associated bloodstream infections in pediatric hematology-oncology patients: Factors associated with catheter removal and recurrence," *J. Pediatr. Hematol. Oncol.*, vol. 28, no. 1, pp. 23–28, 2006, doi: 10.1080/10910340500534282.

[14] A. Das, N. Tirkey, S. K. Patel, S. R. Das, and B. B. Biswal, "A Comparison of Machinability in Hard Turning of EN-24 Alloy Steel Under Mist Cooled and Dry Cutting Environments with a Coated Cermet Tool," *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 19, no. 1, pp. 115–130, 2019, doi: 10.1007/s11668-018-0574-6.

[15] J. Díaz-Álvarez, A. Díaz-Álvarez, H. Miguélez, and J. L. Cantero, "Finishing turning of Ni superalloy haynes 282," *Metals (Basel).*, vol. 8, no. 10, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3390/met8100843.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TÜTÜN BAĞIMLILIĞI VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI

Doç. Dr., Mahmut EVLİ

Erciyes Üniversitesi,

mahmutevli@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-5113-7619

ÖZET

Halk sağlığını küresel çapta etkileyen önemli bir sorun olan tütün bağımlılığı, erken ölüme yol açan, engellenebilir ve maliyeti yüksek bir problem olup, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi pek çok ciddi hastalığın ana nedenidir. Bu bağımlılık, sadece dünyada değil, ülkemizde de yaygın bir problem olarak varlığını sürdürmektedir. Özellikle e-sigara gibi yeni nesil nikotin ürünleri, gençler arasında yeni bağımlılık kuşakları oluşturma riski taşımaktadır. Tütün bağımlılığının gelişimi karmaşık bir süreçtir. Tütünün temel bağımlılık etkeni olan nikotin, beyindeki nöroanatomik yapıları etkileyerek ödül mekanizmasını hızla aktive eder ve fiziksel ve psikolojik bileşenlere sahip kronik bir hastalık olarak ortaya çıkar. Bu durum, bireysel çabaların ötesinde kapsamlı sağlık politikaları ve profesyonel müdahaleleri zorunlu kılmaktadır. Tütünle mücadele, Dünya Sağlık Örgütü'nün MPOWER stratejileri (izleme, koruma, yardım sunma, uyarma, yasaklama, vergi artırma) ile koruyucu halk sağlığı ilkeleri doğrultusunda yürütülmelidir. Tütün bağımlılığı tedavisinde, tek başına yaklaşımlar yerine farmakoterapi (NRT, Vareniklin) ile psikososyal müdahalelerin (BDT, motivasyonel görüşme, danışmanlık) kombine edildiği, kişiye özgü ve uzun süreli tedavi süreçleri benimsenmelidir. Sağlık sistemindeki stratejik konumları sebebiyle hemşirelerin, tütün bağımlılığıyla mücadelede kritik bir rolü olduğu kabul edilmektedir. Hemşireler, tütün kullanım geçmişini öğrenerek ön değerlendirme yapmalı ve bağımlılık düzeyini saptamalıdır. Standart ve etkili bir yöntem olan 5A Yaklaşımını (Sorma, Tavsiye Etme, Değerlendirme, Yardım Etme, Düzenleme) uygulayarak kısa ve hızlı danışmanlık hizmetleri sunmalıdır. Ayrıca, motivasyonel görüşme gibi özel teknikleri kullanarak bireyin bırakma kararlılığını ve öz yeterliliğini artırmalı, bırakmaya yönelik kararsızlıklarını yönetmelidir. Planlanacak psikoeğitimlerle tütün bağımlılığının riskleri, yoksunluk belirtileriyle başa çıkma ve BDT temelli uygulamalarla tetikleyicileri tanıma becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmalıdır. Hemşireler müdahalelerini planlarken, farmakolojik tedavilerin takibi ve psikiyatrik komorbiditesi olan bireylere entegre destek sunma gerekliliği nedeniyle multidisipliner koordinasyonun önemini göz önünde bulundurmalıdır. Bu koordinasyon, nüksü önlemede hayati öneme sahiptir. Sonuç olarak, tütün bağımlılığıyla mücadelede hemşirelerin aktif rol alması; bireylere duygusal destek sağlama, bırakma başarısını artırma ve toplumsal tütün kontrol çalışmalarına katkıda bulunma açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tütün Bağımlılığı, Önleme, Hemşirelik Uygulamaları

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TOBACCO ADDICTION AND NURSING APPROACHES

ABSTRACT

Tobacco addiction is a major global public health concern, impacting countless individuals worldwide. It is a high-cost, preventable global problem, acting as a leading cause of numerous diseases such as cardiovascular diseases and cancer, and resulting in premature death. As in the rest of the world, tobacco addiction is a pervasive issue in our country, with new nicotine products (like e-cigarettes) carrying the potential to create new generations of addiction, particularly among youth. The progression of tobacco addiction is complex. Nicotine, the key addictive agent in tobacco, affects numerous neuroanatomical structures in the brain, rapidly activating the reward mechanism. It is a chronic disease with complex physical and psychological components. This reality necessitates not only individual effort but also mandatory, comprehensive health policies and professional intervention. The fight against tobacco must be conducted in alignment with the World Health Organization's MPOWER strategies (Monitor, Protect, Offer help, Warn, Enforce bans, Raise taxes) and protective public health principles. It is crucial to remember that the treatment process for tobacco addiction should not rely on single approaches. Instead, it must be personalized, long-term, and combine pharmacotherapy (NRT, Varenicline) with psychosocial interventions (CBT, motivational interviewing, counseling). Nurses hold a critical role in the fight against tobacco addiction due to their strategic position within the healthcare system. Their responsibilities include conducting a preliminary assessment by gathering the patient's tobacco use history and determining their level of dependence. They should utilize the effective and standard 5A Approach (Ask, Advise, Assess, Assist, Arrange) to deliver brief and rapid counseling services. Furthermore, they should employ special techniques, such as motivational interviewing, to boost the individual's resolve and self-efficacy to quit, while helping them manage their ambivalence. Nurses must also plan psychoeducation to develop skills in recognizing the health risks of addiction, coping with withdrawal symptoms, and identifying triggers through CBT-based practices. When planning interventions, nurses must consider the necessity of multidisciplinary coordination. The follow-up of pharmacological treatments and providing integrated support for individuals with psychiatric comorbidities are essential for preventing relapse and require a collaborative, multidisciplinary approach. Nurses must actively participate in this struggle, as their emotional support, contribution to quitting success, and involvement in community control efforts are of great importance.

Keywords: Tobacco Addiction, Prevention, Nursing Practices

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GİRİŞ

Küresel sağlık yükünün en önemli ve önlenebilir bileşenlerinden biri olan tütün bağımlılığı sadece bireysel bir davranış problemi değil, aynı zamanda sağlık sistemleri ve toplumlar için maliyeti yüksek bir halk sağlığı sorunudur (Le Foll ve ark., 2022). Tütün bağımlılığının morbidite ve mortalite üzerindeki etkisi kapsamlıdır. Tütün bağımlılığına bağlı hastalıkların, kardiyovasküler ve solunum sistemi rahatsızlıklarından çeşitli kanser türlerine kadar uzanan geniş bir yelpazede ölüm ve sakatlıklara neden olduğu bildirmektedir (Cai ve ark., 2025). Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü'ne (World Health Organization (WHO)) göre son yıllarda dünyanın bazı bölgelerinde tütün kullanımının azalmasına rağmen tütün ve tütün ürünleri hâlâ dünya genelinde yüz milyonlarca kişiyi etkilemekte ve yıllık milyonlarca erken ölüme katkıda bulunmaktadır. Nitekim yetişkin nüfusun yaklaşık beşte birinin hâlen tütün ürünleri kullandığı ve gençler arasında e-sigaralar, nikotin poşetleri gibi yeni tütün kategorilerinin bağımlılık için risk oluşturduğu bildirilmektedir. Bu bağlamda tütün bağımlılığının kontrol edilmesinde hem yeni ürün kategorilerini dikkate alınması hem de sağlık politika uygulanmalarındaki boşlukların giderilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (WHO, 2025).

Epidemiyolojik açıdan dünya genelinde 1.3 milyar insan tütün ve tütün ürünü kullanmakta ve buna bağlı 7-8 milyon insan hayatını kaybetmektedir. Bu veri tütün ve tütün ürünlerine bağlı ortaya çıkan bağımlılıkları da en yaygın bağımlılık türü olarak karşımıza çıkarmaktadır (Kaygısız, 2025). Bu bağımlılık türünde demografik ve coğrafi açıdan da önemli bir heterojenlik olduğu bilinmektedir. Nitekim global olarak bakıldığında erkeklerde tütün kullanım oranları genellikle kadınlardan yüksek olduğu bildirilse de bazı bölgelerde kadın kullanımında artış olduğu bildirilmektedir. Türkiye'de yetişkinler arasında tütün ve tütün ürünlerinin kullanım oranın yaklaşık %30 civarında olduğu ve bu oranın hala yüksek yaygınlığı gösterdiği bildirilmektedir (Tobacco Atlas, 2022; Global Action to End Smoking in Turkey, 2024). Ülkemiz özelinde bu yüksek yaygınlık eğilimlerinin, sosyo-kültürel değişimler, ekonomik faktörler, vergi ve fiyat politikalarındaki dalgalanmalar ile tütün endüstrisinin pazarlama stratejilerinin etkileriyle ilişkilendirildiği görülmektedir (Dagli Guner ve ark.,, 2024). Bu durum tütün bağımlılığına yönelik müdahalelerin yerelleştirilmesi ve politika paketlerinin (fiyat ve vergi, reklam yasağı, paketleme düzenlemeleri, erişim kısıtları, eşlik eden bulaş önleme programları) bağlama göre uyarlanması gereğini ortaya koymaktadır.

Tütün bağımlılığının yaygınlığını etkileyen faktörlerden bir tanesi olan yeni nikotin ürünlerinin (e-sigaralar, ısıtılmış tütün ürünleri, nikotin poşetleri) yükselişidir. Ancak bu ürünlerin bir fırsat mı yoksa risk mi olduğu net değildir. Çünkü yeni nikotin ürünlerinin sigarayı bırakmaya yardım edebileceğini öne sürüldüğü (Lindson ve ark., 2025) gibi, bu ürünlerin gençler arasında e-sigara gibi yeni nikotin ürünlerinin kullanımında artışa neden olduğu ve bunun yeni bağımlılık kuşakları yaratma potansiyelinin olduğu da bildirilmektedir (WHO, 2025). Bu nedenle tütün politikaları artık yalnızca geleneksel sigara kullanımını değil, nikotin tüketimini geniş bir perspektifte ele almak zorundadır.

Nikotin bağımlılığı olarak adlandırılan tütün bağımlılığı mekanizması oldukça hızlı ve karmaşık bir şekilde işlemektedir. Tütün ürünü içildiğinde veya dumanı solunduğunda, bağımlılık yapıcı diğer faktörlerle birlikte en temel faktör olan nikotin hızla akciğerlere, oradan kana karışarak yaklaşık 15-20 saniye içerisinde beyne ulaşmakta ve bağımlılık mekanizmasını

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

harekete geçirmektedir (Kamışlı, 2025). Bu mekanizma dopaminerjik ödül yolakları, nöronal plastisite, glial etkileşimler ve bağışıklık-enzimatik yolaklar vasıtasıyla beyin ödül mekanizmasını etkileyerek tütün bağımlılığının pekişmesine neden olmaktadır. Ek olarak tütün ve tütün ürünleri, moleküler ve sistemsel düzeyde nikotinin nöronlar arası iletişimini, reseptör duyarlılığını ve ödül beklentisini uzun dönemde değiştirerek bağımlılığın hem başlama hem de sürdürülme süreçlerinde merkezi bir rol oynadığını desteklemektedir (Tiwari ve ark., 2020; Le Foll ve ark., 2022). Bu nörobiyolojik bulgular, bağımlılıkta farmakolojik ve davranışsal tedavilerin geliştirilmesinde komplike tedavilerin önemli olduğunun bir göstergesidir. Bu müdahalelerin hem akut yoksunluk belirtilerinin azaltılmasını hem de ödül sistemindeki uzun dönem adaptasyonları hedeflemesi gerektiği vurgulanmaktadır (Le Foll ve ark., 2022).

Nörobiyolojik mekanizmaların tetiklenmesinde temel faktör olan nikotinin yarılanma ömrü iki saat civarında olmasına rağmen bu süre genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Nikotin bağımlılığı olan bireyde kan nikotin seviyesi gün boyunca sabit kalma eğiliminde olup birey bu sabit düzeyi sağlamak için belli aralıklarla tütün veya tütün ürünü kullanma ihtiyacı duymaktadır. Ek olarak gece boyu düşen kan nikotin düzeyine bağlı bireyler sabah uyandıklarında nikotin alma istekliliğinin arttığını hissetmektedir. Günlük içilen sigara sayısı ile sabah uyanır uyanmaz sigara içme süresi bağımlılık seviyesinin tespiti açısından önemli olduğu gibi bağımlılık döngüsü açısından da önem taşımaktadır. Birey sabah uyandıktan sonra otuz dakika içerisinde ilk sigarasını içiyorsa ve gün içerisinde içilen sigara sayısı on beş ve daha fazla ise ileri düzeyde bir tütün bağımlılığından söz edilebilir. Bağımlılığın ileri düzeye ulaşmasındaki temel neden bireyin sürekli olarak nikotine maruz kalmasına bağlı tolerans gelişmesidir. Bu nedenle birey gün geçtikçe daha fazla nikotin alma ihtiyacı duymaktadır (Bilir ve Özcebe, 2014; Kamışlı, 2025).

Tütün ve tütün ürünü kullanımı, morbidite ve mortalite ile doğrudan ilişkilidir; kullanıcılar, kullanmayanlara kıyasla daha sık ve şiddetli hastalıklara maruz kalır. Tütün bağımlılığını genç yaşta edinip düzenli sürdüren bireylerin yaklaşık yarısı tütün kaynaklı nedenlerle hayatını kaybeder, bu ölümlerin çoğu orta yaşta gerçekleşerek beklenen yaşam süresini 20-25 yıl kısaltır. Bırakma ise, akut ve kronik hastalık riskini düşürerek günlük aktivite kısıtlılıklarını ve devamsızlıkları belirgin ölçüde azaltır (Kario ve ark., 1992). Tütün ve tütün ürünü kullanımına bağlı ölümlerin temelini kanser, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) ve koroner kalp hastalıklarının oluşturduğu ve hastalıkların tütün ve tütün ürünü kullanımı ile ilişkili olduğu güçlü epidemiyolojik kanıtlarla kesinleşmiştir (Bilir, 2008). Tütün ve tütün ürünlerinin kanserojen etkisi, içeriğindeki benzen, polonyum-210 ve nitrosaminler gibi kimyasalların DNA yapılarını bozması ve krom/nikel gibi bileşenlerin DNA onarım mekanizmalarına müdahale etmesi biyolojik yollarıyla açıklanmaktadır (Canser Research, 2023). Bu biyolojik hasar mekanizmaları, tütün ve tütün ürünleri ile ölümcül hastalıklar arasındaki güçlü bağı teyit etmektedir.

Tütün Bağımlılığının Önlenmesi

Tütün bağımlılığının önlenmesi halk sağlığının temel felsefesi olan "korunma tedaviden üstündür" ilkesine dayanmaktadır. Bu ilke doğrultusunda tütün ürünleri kullanımı ile mücadelenin temel unsurları tütün endüstrisi ve tütün kontrol politikalarıdır. Bu unsurlara odaklanmanın nedeni tütün kullanımının mevcut hızla devam etmesi halinde 2040 yılında tütün

kaynaklı ölümlerin yıllık on milyona ulaşacağı tahmin edilmedir (Kamışlı, 2025; Karaca, 2019). Tütün kullanımına bağlı oluşan sağlık sorunları ve bu durumun oluşturduğu ekonomik yük, tütün bağımlılıklarının önlenmesinin hem sağlık hem de sosyoekonomik açıdan önem arz ettiği görülmektedir. Bu nedenle tütün bağımlılığının önlenmesi, bireysel farkındalığı artırmaktan, kapsamlı yasal düzenlemelere kadar uzanan çok boyutlu bir strateji gerektirmektedir.

Bu stratejiler, özellikle gençlere odaklanarak bu grubun tütün ürünlerine hiç başlanmamasını amaçlamaktadır. Gençlerin amaçlanmasının nedeni ise şu anda sigara içen her on yetişkinden dokuzunun tütün ürünlerini 18 yaşından önce denemeye başlaması ve bu yaş grubunda tütün ve tütün ürünlerinin kullanımının giderek yaygınlaşması olduğu bildirilmektedir (Karaca, 2019; U.S. Centers For Disease Control and Prevention, 2024). Bu bağlamada tütün bağımlılığının önlenmesi noktasında, aile, okul ve toplum temelli önleme programları hayati önem taşımaktadır. Okul tabanlı programlar gençlerde tütün kullanımının başlamasını geciktirmek için yaygın olarak uygulansa da, etkinlikleri uzun vadede (12–36 ay) azaldığı bildirilmektedir (Alsahli ve ark., 2025; Lindson ve ark., 2024). Gençlere eğitim süreçlerinde tütün ve tütün ürünlerinin zararları, bağımlılığın gelişimi ve sosyal baskılara yönelik başa etme becerileri konusunda bilgi verilmesi gerekmektedir. Ayrıca anne ve babalar, çocuklarına olumlu bir rol model olmalı ve tütün ve tütün ürünlerinin kullanımı konusunda tutarlı, zarar vermeden sınırlar koyarak önemli bir rol üstlenmedir. Bu konuda nasihat, öneri, tavsiye yerine, açık ve doğru bilgi paylaşımı tercih edilmelidir (Yeşilay, 2025).

Tütün ve tütün ürünleriyle etkin bir şekilde mücadele etmek için, öncelikle hem sigara içenlerin hem de potansiyel içicilerin kimler olduğunun saptanması ve belirlenen gruplarla tütün şirketlerinin nasıl bir ilişki kurduğunun netleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu uluslararası şirketlerin, sigarayı 'modernlik' veya 'stres giderici' gibi gösteren normalleştirici mesajları hangi yollarla tüketici ya da risk gruplarına ulaştırdığı iyi analiz edilmelidir. Bu analizlerden elde edilen net veriler tütünle mücadele politikaları için temel alınarak daha güçlü mücadele zemini oluşturulmalıdır. Tütün ve tütün ürünleri ile mücadele politikalarını belirlerken dikkat edilmesi gereken diğer bir önemli nokta da özellikle gençler olmak üzere birey tarafından bu politikaların özgürlüklere müdahale kapsamında değerlendirilme riskinin bulunmasıdır. Bu nedenle tütün ve tütün ürünleri ile mücadele politikaları oluşturulurken özellikle gençler olmak üzere bireylerin çeşitli araçlarla aktif katılımını sağlanması, görüşlerinin alınması ve bu politikanın geleceği iyileştirmek için yapıldığını çeşitli kitle iletişim araçlarıyla anlatmak oldukça önemlidir (Karaca, 2019). Ayrıca tütün kontrol politikalarına toplumsal düzeyde önleme uygulamaları için WHO tarafından 2003 yılında Tütün Kontrol Çerçeve Sözleşmesi kapsamında MPOWER adı altında yol gösterici bir model geliştirilmiştir (WHO, 2025). Bu model, tütün kullanımını izlemeyi (Monitor), tütün dumanından korunmayı (Protect), bırakma yardımı sunmayı (Offer), tehlikeler konusunda uyarmayı (Warn), reklam ve tanıtımı yasaklamayı (Enforce) ve vergileri artırmayı (Raise) gibi müdahaleleri içermektedir. Ayrıca kapalı alanlarda tütün kullanımının yasaklanması ve tütün ürünlerinin reklam ve tanıtım faaliyetlerinin tamamen önlenmesi, tütün kullanımının toplumsal kabulünü azaltmada ve cazibesini kırmada etkilidir. Ek olarak, tütün ürünlerinin satışının denetlenmesi ve kapalı dolaplarda tutulması gibi düzenlemeler, ürünlere erişimi zorlaştırmakta ve özellikle gençler olmak üzere bireylerin merakını azaltmayı hedeflemektedir (Akter ve ark., 2023; Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel

Müdürlüğü, 2010; WHO, 2025). Ülkemizde sigara bırakma poliklinikleri, danışma hattı, görsel uyarılar, kamu spotları ve "Dumansız Hava Sahası" denetim sistemi gibi etkili uygulamalar hayata geçirilmiştir. Bu çok yönlü yaklaşım, bireylere destek olmanın yanı sıra, farkındalık yaratmayı ve pasif içiciliği önlemeyi hedeflemektedir (Kamışlı, 2025).

Tütün Bağımlılığının Tedavisi

Tütün bağımlılığı, kronik tekrarlayıcı bir beyin hastalığı olarak ele alınmalı ve tedavi planları biyolojik, psikolojik ve sosyal bileşenleri hedef alacak şekilde kanıta dayalı müdahaleleri içermelidir. Farmakoterapi ile psikososyal müdahalelerin kombine edilmesi, tek başına yaklaşımlardan üstündür (Kamışlı, 2025; Rigotti ve ark., 2022). Farmakoterapiler nikotin içeren ve içermeyen ürünler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Nikotin içeren tedaviler, Nikotin Replasman Tedavisi (NRT) (bant, sakız, pastil, sprey, inhaler vb.) olarak adlandırılır. Nikotin içermeyen tedaviler ise Vareniklin ve Bupropion adlı ilaçların yanısıra psikiyatrik komorbiditeye göre başlanan bazı antidepresan ve anksiyolitik ilaçlardır. Farmakolojik tedavilerin temel amacı, sigara içme isteğini azaltmak ve yoksunluk belirtilerinin şiddetini hafifleterek bırakma sürecini sürdürülebilir kılmaktır. (Kamışlı, 2025; Weeks ve ark., 2024).

Psikososyal müdahaleler arasında bireysel/grup danışmanlığı, stres yönetimi, psiko-eğitimsel müdahaleler, bilişsel davranışçı terapiler (BDT) ve motivasyonel görüşmeler yer almaktadır (Kamışlı, 2025). Bireysel ve grup danışmanlığında BDT ve motivasyonel görüşme etkilidir; davranışsal müdahaleler tek başına fayda sağlasa da ilaçla birliktelik başarıyı belirgin biçimde artırır (Rigotti ve ark., 2022; Kumar ve ark., 2025). Hemşirelik temelli kısa müdahaleler (5A yöntemi: Ask, Advise, Assess, Assist, Arrange) klinik pratikte hızlı uygulanabilir ve bırakma oranlarını iyileştirebilir (Zhang ve ark., 2025). Ayrıca Tele-sağlık, mobil uygulamalar ve SMS destek programları gibi dijital ve uzaktan müdahaleler, ulaşılması zor popülasyonlarda etkinlik gösterdiği bildirilmektedir (United States Public Health Service Office of the Surgeon General, & National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (US) Office on Smoking and Health, 2020)). Depresyon, anksiyete gibi eşlik eden psikiyatrik hastalıkların varlığı bireylerin tütün ve tütün ürünlerini bırakma şansını düşürdüğü için, entegre bakım (psikiyatrik tedaviyle eş zamanlı sigara bırakma desteği) önerilmektedir (Gelenberg ve ark., 2008). Tedavi türünün seçimi bireyin kişisel özellikleri, sosyal çevresi, sağlık durumu ve bağımlılık düzeyi gibi birçok etmene göre değişir; bu nedenle müdahaleler kişiye özgü belirlenmelidir.

Tütün Bağımlılığının Önlenmesinde ve Tedavisinde Hemşirelik Yaklaşımları

Sağlık profesyonelleri arasında yoğun bir nüfusa ve benzersiz bir konuma sahip olan hemşirelerin diğer sağlık çalışanları ile birlikte yapacakları sigara gibi tütün ve tütün ürünü bıraktırma danışmanlığının bu ürünleri kullananların sayısında önemli bir düşüşe neden olabileceği bildirilmektedir. Çünkü hemşireler bireylerle sürekli ve düzenli olarak iletişim halinde ve yeterli klinik uzmanlığa sahip oldukları için tütün bırakma çabalarının ilerlemesinde önemli rol oynayabilir. Bireylere duygusal destek sağlama, daha sağlıklı yaşam tarzlarını teşvik etmede ve uzun vadeli sağlık sonuçlarını iyileştirmede katkıda bulunabilir. Bu bağlamda hemşireler, sağlık koruma hizmetlerinin birincil, ikincil ve üçüncül basamaklarında çalışmalar yürüttükleri için tütün bağımlılığının önlenmesi ve tedavisinde etkin bir rol üstlenebilir ve

bireylerin tutum kontrolüne ciddi katkılar sağlayabilirler (Abdelkader ve ark., 2024; Kamışlı, 2025).

Tütün ve tütün ürünlerini bırakma konusunda hemşirelik uygulamaları hem fiziksel hem de psikolojik zorlukları ele alan pek çok stratejiyi kapsamaktadır. Bu stratejiler hemşirelerin bireyin tütün ve tütün ürünlerini kullanma alışkanlıklarını, geçmişini ve bırakmaya yönelik motivasyonlarını içeren kapsamlı bir hasta değerlendirme ile başlamaktadır. Bu değerlendirmeye ek hemşireler tarafından uygulanacak motivasyonel görüşme, bireyin tütün ve tütün ürünlerine yönelik bırakma kararsızlıklarını fark etmelerine ve bırakmaya yönelik inançlarını güçlendirmelerine yardımcı olabilir. Bu davranışsal uygulamalar diğer farmakolojik müdahalelerle kombine edilirse tedavinin başarı şansını artırabilir. Hemşireler sigaranın sağlık üzerine riskleri ve bırakmanın faydaları hakkında bilgiye ek olarak hasta takibi ve bakımı, hastaların yoksunluk belirtileriyle başa çıkmaları ve nüksetmeyi önlemeleri için ihtiyaç duydukları desteğe sahip olmaları konusunda psikoeğitim verebilir. Ayrıca hemşireler hem bireysel hem de toplumsal düzeyde tütün kontrol politikalarını savunarak tütün kullanımını azaltmayı amaçlayan halk sağlığı çalışmalarına daha fazla katkıda bulunabilir (Abdelkader ve ark., 2024). Ek olarak tütün bağımlılığı, psikiyatrik tanı almış bireylerde genel nüfus oranına göre daha yüksek görülmektedir. Bu nedenle başta psikiyatri hemşireleri olmak üzere bütün hemşirelerin, ruh sağlığı hizmetlerinde bu konuya daha fazla önem vermeleri gerekmektedir. Psikiyatrik kliniklerde çalışan hemşireler, çeşitli uyarı sistemleri ve hastaların aktif olabilecekleri faaliyetlere ağırlık vererek tedavi sürecine katkıda bulunabilirler. Örneğin; resim, el işi yapma, yürüyüş, egzersiz gibi aktivitelerin sayısını artırarak, hastaların bu etkinliklere katılımını teşvik edebilirler. Bu yaklaşım, hem tütün kullanımının azaltılmasına yardımcı olur hem de hastaların genel ruh sağlığı ve yaşam kalitesini destekler (Kamışlı, 2025).

Tütün bağımlılığından korunmaya yönelik olarak hemşireler, öncelikli olarak sağlık hizmetleri sundukları her bireyin sigara kullanım geçmişine yönelik bir ön değerlendirme yapma, bireyin ambivalans yaşadığı durumları dikkate alarak, bu çelişkileri büyütmeden motive edici görüşmeler yapma, sağlık profesyonelleri arasında tütün taraması yapma, tütün bağımlılığını önleme ve tedavi girişimlerini başlatma, öncelikle hemşirelerin öğrencilik döneminde, stres yönetimi, duygu kontrolü ve sağlıklı yaşam alışkanlıkları gibi bilgi ve becerilerini artırma ve hemşirelere, sağlık hizmeti sunma, sağlığı savunma ve bu konuda liderlik yapma bilinci kazandırma gibi rol ve sorumluluklar üstlenebilir. Hemşirelerin bu konuda yeterliliğini geliştirmek için sigara bırakma konusunda standart bir yöntem olan 5A (Ask, Advise, Assess, Assist, and Arrange) eğitiminin, tüm lisans ve lisansüstü hemşirelik eğitimlerinde zorunlu hale getirilmesi, Sağlık Bakanlığı ve üniversiteler bünyesinde yürütülen sigara bırakma eğitimleri ve sertifika programlarına katılımın sağlanması ve çalıştıkları birimlerde bu bilgileri uygulayabilir konuma gelmeleri, bilişsel-davranışçı terapi temelli uygulama eğitimleri alarak hastaların duygusal, durumsal veya sosyal boyutta etkili başa çıkma stratejileri geliştirmeleri, hastaların stres seviyelerini ve dolayısıyla tekrarlama olasılığını azaltmaya yardımcı olacak çeşitli rahatlama teknikleri (derin nefes egzersiz, progresif kas gevşemesi, farkındalık meditasyonu vb.) öğrenmeleri, bireylere bağlantı kurma, deneyimlerini paylaşma ve birbirlerine cesaret verme gibi konularda özelleşmiş teknikleri öğrenme uygulamaları beklenmektedir. Tütün bağımlılığının tedavi edilmesi, çok disiplinli yaklaşımlar gerektiren ve uzun soluklu bir süreçtir. Günümüzde tedavide kesin olarak kanıtlanmış tek bir müdahale

bulunmamaktadır; bu nedenle farmakolojik ve psikososyal müdahalelerin birlikte kullanılması, iyileşme başarısını artıran en etkili yöntem olarak kabul edilmektedir. Sağlık ordusunun güçlü neferleri olan hemşirelerin bu süreçte aktif sorumluluk alması, ülkemizin ekonomisine, halkın sağlığına, bireylerin yaşam kalitesine ve gelecek nesillerin korunmasına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Abdelkader ve ark., 2024; Kamışlı, 2025).

SONUÇ

Tütün bağımlılığı, küresel ölçekte önemli bir halk sağlığı sorunudur ve sağlık sistemlerine yüksek maliyet getiren, önlenebilir bir durumdur. Morbidite ve mortalite oranları üzerindeki kapsamlı olumsuz etkileri dikkate alındığında, dünya genelindeki yaklaşık 1.3 milyar kullanıcı ve yıllık 7-8 milyon erken ölüm göz önüne alındığında, bu bağımlılık türü acil müdahale gerektirmektedir. Türkiye'deki %30 civarındaki yetişkin kullanım oranı ve e-sigara gibi yeni nikotin ürünlerinin yayılımı, yerelleştirilmiş ve kapsamlı politika paketlerinin geliştirilmesini zaruri kılmaktadır. Bağımlılığın fizyolojik temeli, nikotinin hızla santral sinir sistemine ulaşarak dopaminerjik ödül yolaklarını aktive etmesi ve nöronal plastisitede uzun süreli adaptasyonlara yol açmasına dayanır; bu kompleks nörobiyolojik süreç, tedavinin farmakolojik ve davranışsal müdahaleleri entegre etmesini zorunlu kılar. İleri bağımlılık düzeyi, sürekli tolerans gelişimi ve sabah uyanmayı takiben ilk otuz dakika içinde tütün ürünü kullanma ihtiyacı ile ilişkilidir. Ayrıca tütün kullanımının, içerdiği toksik kimyasallar aracılığıyla DNA hasarı oluşturması ve onarım mekanizmalarına müdahale etmesi, kanser gibi ölümcül patolojilere neden olmasının temelini oluşturmaktadır. Bu kronik tekrarlayıcı beyin patolojisinin tedavisinde "korunma tedaviden üstündür" ilkesi çerçevesinde MPOWER gibi uluslararası kontrol stratejileri ile Nikotin Replasman Tedavisi (NRT) ve Vareniklin gibi farmakolojik ajanlarla Bilişsel Davranışçı Terapi (BDT) gibi psikososyal yöntemlerin kombine kullanımı en etkili yöntem olarak kabul edilmektedir. Sağlık profesyonelleri içinde kilit bir role sahip olan hemşireler ise, bireysel değerlendirme, 5A yöntemi gibi standardize edilmiş kısa müdahaleleri, motivasyonel görüşmeyi ve entegre bakımı kapsayan yaklaşımları uygulayarak tedavi sürecinde hayati bir sorumluluk üstlenmektedirler; bu rollerinin güçlendirilmesi, halk sağlığının korunması açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Abdelkader, R., Maabreh, R. S., Al-Dgheim, R., Altarawneh, N. S., Alrabab'a, M. H., Zaiton, H., et al. (2024). The impact of tobacco use and nicotine addiction on health: A literature review of nursing interventions for smoking cessation. *Journal of Integrative Nursing*, 6(1), 218–230. https://doi.org/10.4103/jin.jin_110_24

Akter, S., Islam, M. R., Rahman, M. M., Rouyard, T., Nsashiyi, R. S., Hossain, F., & Nakamura, R. (2023). Evaluation of population-level tobacco control interventions and health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, *6*(7), e2322341. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.22341.

Alsahli, F. A., Alruwais, N. M., Alsultan, L. S., Abojalid, B. S., Nughays, R. O., Humedi, A. M., Alosaimi, A., Alrubaian, M. T., Almuteri, D. Z., & Alkhunizan, M. A. (2025). Interventions for prevention of tobacco smoking in school-aged children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Cureus*, *17*(1), Article e77008. https://doi.org/10.7759/cureus.77008

Bilir N. *Sigara ve Kanser*. Klasmat matbaacılık, Ankara, 2008

Bilir, N., & Özcebe, H. (2014). Tobacco Dependence and Control: Individual, Community Approaches and Social Marketing Method. *Eurasian Journal of Pulmonology*, 16(2), 63-68. https://doi.org/10.5152/ejp.2014.43925

Cai, Y., Chen, G., & Bai, P. (2025). Global, regional, and national burden of smoking-related diseases and associations with health workforce distribution, 1990–2021: Analysis from the Global Burden of Disease Study 2021. *International Journal of Public Health*, *70*, 1608217. https://doi.org/10.3389/ijph.2025.1608217

Canser Research. (2023). How does smoking cause cancer?. https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/causes-of-cancer/smoking-and-cancer/how-does-smoking-cause-cancer (Erişim Tarihi: 30.11.2025)

Dagli Guner, E., Evrengil, E., Gezer, T., Ay, P., Yildiz, F., Pazarli, P. & Güner, M. (2024). Why is tobacco consumption increasing in Turkey?. *Tobacco Prevention & Cessation*, 10(Supplement 1), A46. https://doi.org/10.18332/tpc/194288

Gelenberg, A. J., de Leon, J., Evins, A. E., Parks, J. J., & Rigotti, N. A. (2008). Smoking cessation in patients with psychiatric disorders. *Primary Care Companion to the Journal of Clinical Psychiatry*, 10(1), 52–58. https://doi.org/10.4088/pcc.v10n0109

Global Action to End Smoking in Turkey. (2024). State of Smoking and Health in Türkiye. https://globalactiontoendsmoking.org/research/tobacco-around-the-world/turkiye/ (Erişim Tarihi: 18.10.2025)

Kamışlı, S. (2025). Tütün kontrolü ve bağımlılığının tedavisinde hemşirelerin görev ve sorumlulukları. *Bağımlılık Dergisi*, *26*(2), 235–246. https://doi.org/10.51982/bagimli.1537821

Karaca, M. (2019). Tütün kontrol politikasının sistem yaklaşımı ile analizi: Türkiye'de gençler için dumansız dünya. *Addicta: The Turkish Journal on Addictions*, 6(4), 1-29. http://dx.doi.org/10.5152/addicta.2020.19133

Kario, K., Matsuo, T., & Nakao, K. (1992). Cigarette smoking increases the mean platelet volume in elderly patients with risk factors for atherosclerosis. *Clinical and Laboratory Haematology*, *14*(4), 281–287. https://doi.org/10.1111/j.1365-2257.1992.tb00103.x

Kaygısız, B. (2025). Bağımlılık ve ilaç suistimali. *Osmangazi Tıp Dergisi*, *47*(Özel Sayı), 34–42. https://doi.org/10.20515/otd. 1759510

Kumar, R., Malhotra, P., As, V., Beniwal, K., & Charan, G. S. (2025). Effect of cognitive behavior therapy on abstinence among healthy smokers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osong Public Health and Research Perspectives*, 16(3), 223–235. https://doi.org/10.24171/j.phrp.2025.0019

Le Foll, B., Piper, M. E., Fowler, C. D., et al. (2022). Tobacco and nicotine use. *Nature Reviews Disease Primers*, *8*(19), 1–19. https://doi.org/10.1038/s41572-022-00346-w

Lindson, N., Butler, A. R., McRobbie, H., Bullen, C., Hajek, P., Wu, A. D., Begh, R., Theodoulou, A., Notley, C., Rigotti, N. A., Turner, T., Livingstone-Banks, J., Morris, T., & Hartmann-Boyce, J. (2025). Electronic cigarettes for smoking cessation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *(1)*, Article CD010216. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010216.pub9

Rigotti, N. A., Kruse, G. R., Livingstone-Banks, J., & Hartmann-Boyce, J. (2022). Treatment of tobacco smoking: A review. *JAMA*, 327(6), 566–577. https://doi.org/10.1001/jama.2022.0395

The Tobacco Atlas. (2022). The tobacco epidemic continues…. https://tobaccoatlas.org/ (Erişim Tarihi: 18.10.2025)

Tiwari, R. K., Sharma, V., Pandey, R. K., & Shukla, S. S. (2020). Nicotine addiction: Neurobiology and mechanism. *Journal of Pharmacopuncture*, *23*(1), 1–7. https://doi.org/10.3831/KPI.2020.23.001

U.S. Centers For Disease Control and Prevention. (2024), Youth and Tobacco Use. https://www.cdc.gov/tobacco/php/data-statistics/youth-data-tobacco/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/fact_sheets/youth_data/tobacco_use/index.htm (Erişim Tarihi: 18.10.2025)

United States Public Health Service Office of the Surgeon General, & National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (US) Office on Smoking and Health. (2020). *Interventions for smoking cessation and treatments for nicotine dependence. İçinde Smoking cessation: A report of the Surgeon General* (Chapter 6). US Department of Health and Human Services. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555596/

Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü (2010). Tütün Bağımlılığı İle Mücadele El Kitabı (Hekimler İçin). Anıl Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara.

Weeks, G. R., Gobarani, R. K., Abramson, M. J., et al. (2024). Varenicline and nicotine replacement therapy for smokers admitted to hospitals: A randomized clinical trial. *JAMA* Network Open, 7(6), e2418120. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.18120

WHO, (2025). The pathway to a tobacco-free World. https://mpowerportal.org/(Erişim Tarihi: 20.10.2025)

Yeşilay (2025). Tütün bağımlılığı. https://www.yesilay.org.tr/tr/bagimlilik/tutun-bagimliligi (Erişim Tarihi: 18.10.2025)

Zhang, G., Zhou, J., Xu, Y., Ding, H., Luk, T. T., He, A. W., Wang, M. P., Chan, S. S. C., & Cheung, Y. T. D. (2025). Effectiveness of nurse-led smoking cessation interventions in smoking patients: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. International *Journal of Nursing Studies*, 171, 105201. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105201

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ALKOL KULLANIM BOZUKLUĞU VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI

Doç. Dr., Mahmut EVLİ

Erciyes Üniversitesi,

mahmutevli@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-5113-7619

ÖZET

Alkol Kullanım Bozukluğu (AKB), ruhsal, bedensel ve toplumsal sağlığı olumsuz etkileyen ciddi bir halk sağlığı sorunudur. AKB, içeceklerin içerisinde bulunan etanol maddesinin neden olduğu kontrolsüz ve uzun süreli alkol tüketimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Biyolojik olarak alkol, karaciğerde metabolize edilirken beyindeki ödül mekanizmasını tetikler ve haz döngüsü oluşturur. Ancak kronik kullanımda dopamin ve serotonin seviyeleri düşer, bu durum bireyi arzu edilen hazzı yakalamak için daha fazla alkol alımına, yani tolerans gelişimine yönlendirir. AKB, DSM-5'e göre kontrol kaybı, işlevsellik sorunları ve yoksunluk gibi en az iki kriterin varlığıyla teşhis edilir. Tedavisi uzun soluklu ve multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Bu multidisipliner ekibin önemli bir üyesi olan hemşireler, AKB tedavisinin arındırmadan rehabilitasyona kadar tedavinin her aşamasında kritik roller üstlenmektedir. Yoksunluk ve intoksikasyon gibi akut durumlar, yaşamsal riskler taşıdığı için hastanede yatarak tedaviyi zorunlu kılabilir. Bu süreçte hemşire, hasta güvenliğini sağlamayı ve semptomları yönetmeyi temel amaç edinmelidir. İlk olarak hasta güvenliğine odaklanmalı ve akut bakımı gerçekleştirmelidir. Bu kapsamda vital bulgular, sıvı takibi, bilinç düzeyi ve titreme, deliryum gibi yoksunluk belirtilerini sürekli kontrol etmelidir. Ayrıca, bireyin kendine ve çevreye zarar verme riskini değerlendirerek ortam güvenliğini sağlamalı ve sedatifler, tiamin gibi gerekli ilaç tedavilerini uygulayıp takibini yapmalıdır. Arındırma sürecinden sonra ise psikososyal desteğe geçilmelidir. Hemşire, bireyi tedavi programına dahil etme, uyumu artırma ve terapötik iletişimle güven tesis etme gibi müdahalelerle motivasyonu desteklemelidir. Ek olarak, bireyin öz yeterliliğini ve baş etme becerilerini güçlendirmek için motivasyonel görüşme, psikoeğitim ve nüks önleme programlarında aktif rol almalıdır. Bu süreçte multidisipliner ve aile üyelerini de sürece dahil etmelidir. Hemşireler, kanıta dayalı girişimlerle bireyselleştirilmiş bakımı sağlayarak hastaların iyileşme sürecine önemli katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alkol Kullanım Bozukluğu, Hemşirelik, Rol ve Sorumluluk

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ABSTRACT

Alcohol Use Disorder (AUD) is a serious public health problem that negatively affects mental, physical, and social health. AUD results from the uncontrolled and prolonged consumption of alcohol, caused by the ethanol content in beverages. Biologically, alcohol is metabolized in the liver while triggering the reward mechanism in the brain, creating a cycle of pleasure. However, when alcohol use becomes chronic, dopamine and serotonin levels drop. This prompts the individual to consume more alcohol to achieve the desired effect, leading to the development of tolerance. According to the DSM-5, AUD is diagnosed by the presence of at least two criteria, such as loss of control, impaired functioning, tolerance, and withdrawal. Treatment requires a long-term, multidisciplinary approach. Nurses, as essential members of this multidisciplinary team, take on critical roles at every stage of AUD treatment, from detoxification to rehabilitation. Acute conditions like withdrawal and intoxication may necessitate inpatient treatment due to the associated life-threatening risks. During this time, the nurse's primary goals must be ensuring patient safety and managing symptoms. Initially, the focus is on patient safety and acute care. This involves continuous monitoring of vital signs, fluid intake/output, level of consciousness, and withdrawal symptoms such as tremors and delirium. Furthermore, the nurse must assess the risk of self-harm or harm to others, maintain a safe environment, and administer and monitor necessary drug treatments like sedatives and thiamine. Following the detoxification phase, the focus shifts to psychosocial support. The nurse should engage the individual in the treatment program, promote adherence, and build trust through therapeutic communication to support motivation. Additionally, the nurse must actively participate in motivational interviewing, psychoeducation, and relapse prevention programs to strengthen the individual's self-efficacy and coping skills. Throughout this process, should include the multidisciplinary team and family members in the treatment. Nurses make significant contributions to the patient's recovery by providing individualized care through evidence-based interventions.

Keywords: Alcohol Use Disorder, Nursing, Role and Responsibility

GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca tedavi edici ya da dinsel törenler için kullanılan alkol, etanol olarak adlandırılan bir kimyasal maddedir ve patates, tahıl, mısır, pirinç, şekerpancarı gibi çeşitli bitkilerden elde edilmektedir (Yüksel, 2023). Alkolün zararlarının fark edilmesi ile birlikte bazı tıbbi tanılar alkol kullanım davranışlarını tanımlamak için kullanılmaya başlanmıştır. Bu tanılar isimlendirilirken bireyin alkol kullanım süre ve miktarı, alkol tüketim hızı, alkol almadan yaşamını idame ettirme süresi, alkole bağlı yaşadığı sağlık sorunları ve yokluğunda yaşadığı yoksunluk belirtileri, alkol kullanımı için biyopsikososyal uygunluğuna dikkat edilmektedir (Ağralı & Turhan, 2024). Alkol kullanım bozukluğu (AKB), alkolün sınırlı ve aralıklı olarak alınması olan sosyal içicilikle başlayan ve kısa sürede tolerans gelişen bir durumdur. Bu nedenle sosyal içicilik AKB açısından riskli bir durumdur. Bireyin sosyal içicilikle başladığı alkol alımı gizli içiciliğe dönüşmekte ve birey her fırsatta alkol almaya ve kullanım miktarını gün geçtikçe artırmaktadır (Çoşkun, 2025; Yüksel, 2023). AKB, bireyin günlük yaşam aktivitelerini önemli ölçüde bozan ve genel sağlık üzerine oldukça olumsuz etkilere sahip, kontrolsüz ve aşırı miktarda alkol alımı ile karakterize bir durumdur. Alkol kullanımına yönelik aşırı bir isteklilik ve kontrol etmede yetersizlik, planlanandan daha fazla miktarda veya uzun süreli alkol kullanımı, alkolü bırakmaya ya da kontrol etmeye yönelik sonuçsuz çabalar, bırakma deneyimlerinin başarısızlıkla sonuçlanması ve alkol alımı azaltıldığında ya da bırakıldığında yoksunluk belirtilerinin ortaya çıkması, AKB'nin başlıca tanı kriterleri olarak değerlendirilmektedir (Tekkeşin, 2024).

DSM-V alkol kullanım bozukluğu ile ilgili tanı kriterlerinde ise on iki aylık süre baz alınmakta ve bu süre içerisinde aşağıda yer alan belirtilerden en az ikisi ile ortaya çıkan, klinik açıdan sıkıntı yaratan ve işlevsellikte bozulmaya neden olan sorunlu bir alkol kullanım örüntüsünün varlığından bahsedilmektedir. Birey genellikle istediğinden daha büyük ölçüde ya da sürede alkol alır. Alkolü bırakmak için ya da kontrol etmek için sürekli bir istek duyar ya da sonuç vermeyen çabalar içerisindedir. Alkol alma, kullanma ve yan etkilerinden kurtulma gibi etkinliklere aşırı zaman harcamaktadır. Alkol kullanımına yönelik aşırı istek ve zorlantı duygularının varlığı söz konusudur. Sosyal alanlarındaki (okul, iş, ev vb.) konumunun gerektirdiği sorumlulukları yerine getirememekle birlikte bu duruma ek alkol kullanımına devam etmektedir. Tekrarlayıcı ve sürekli toplumsal ve kişilerarası ilişki sorunları olmasına karşın alkol alımını devam ettirmektedir. Ayrıca alkol kullanımına bağlı olarak bazı toplumsal ve iş ilişkili etkinlikleri ya da eğlenme-dinlenme gibi etkinlikleri azaltmakta ya da bırakmaktadır. Ek olarak birey alkol alımını tehlikeli olabilecek durumlarda dahi yineleyici bir biçimde devam ettirmektedir. Alkole bağlı sürekli ve yineleyici bedensel ve ruhsal sorunlar yaşamasına rağmen alkol kullanımını devam ettirmektedir. Bireyde alkolün yaratmış olduğu etkiyi yakalamak için giderek belirgin bir şekilde alkol kullanım miktarını artırma eğilimi vardır. Alkol bırakıldığında ya da azaltıldığında yoksunluk belirtileri ortaya çıkmakta ve bu belirtilerden kurtulmak için birey tekrardan alkol alımına yönelmektedir (Fırıncık, 2016; Yüksel, 2023).

Güvenli alkol alımı bireyden bireye değişen bir durumdur. Alkol alımında zararlı kullanımın net bir sınırının olmamasına rağmen erkeklerde haftalık 300 gr ve üzeri, kadınlarda da 200 gr ve üzeri alkol kullanımı zararlı ve riskli kabul edilmektedir (Yüksel, 2023). Alkol tüketiminin

dünyada en fazla Avrupa'da olduğu ve kişi başına yıllık alkol tüketiminin on litre kadar olduğu bilinmektedir. Amerika ve Pasifik bölgesinde ise bu oran 7.5-10 litre arasında değişmektedir. Global düzeyde alkol kullanım oranlarının artış gösterdiği grup gençler ve genç yetişkinlerdir. Ayrıca tüm ülkeler birleştirildiğinde yaşam boyu alkol kullanım oranın %80 olduğu bildirilmektedir. Ülkemizde ise bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ancak alkol kullanım oranları dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek artış göstermektedir. Türkiye'de erkeklerin %26.3'ü, kadınların ise %15.2'si alkol kullanımını deneyimlediği ve bu deneyimleyenlerin %34.6'sı alkol bağımlısı ya da risk grubundadır (Aktan, 2024). Hızlı bir şekilde çok fazla alkol kullanma olarak adlandırılan aşırı içme, kadınlarda iki saate dört veya daha fazla, erkeklerde bu süre içerisinde beş veya daha fazla içkiye denk gelmektedir. Çok fazla ve sık kullanımla karakterize olan ağır içme olgusu ise kadınlarda haftada sekiz veya daha fazla, erkeklerde de aynı süre içerisinde on dört veya daha fazla alkol kullanımını tariflemektedir (Yüksel, 2023). Dünya genelinde bağımlılıkla birlikte, aşırı içme ve ağır içme olguları da giderek artış göstermektedir (Aktan, 2024).

AKB'nin oluşmasında genetik ve çevresel faktörlerin etkili olduğu (Verhulst ve ark., 2015), bu faktörlerden erkeklerde daha çok genetik alt yapının, kadınlarda ise ailesel ve çevresel faktörlerin daha ön planda rol oynadığı vurgulanmaktadır (Kendler ve ark., 2016). AKB kültürel özelliklere göre ve toplumun alkole bakış açısından da etkilenmektedir (Mandelbaum, 1965). Erkek cinsiyet, eğitim seviyesi düşüklüğü, gelir seviyesi düşüklüğü, ruhsal bozuklukların varlığı, nörobiyolojik özellikler, kişilik özellikleri, aile özellikleri, sosyal destek azlığı, dezavantajlı gruplarda yer alma (yaşlı, LGBT vb.), işsizlik gibi pek çok faktör AKB'nin gelişimi açısından risk oluşturmaktadır (Aktan, 2024 ; Kendler ve ark., 2016; Ulaş ve ark., 2017; Verhulst ve ark., 2015).

AKB kısa vadede bireylerin beden ve zihin sağlığı üzerine olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Alkol kullanan bireylerde başta karaciğer fonksiyon bozuklukları olmak üzere çekingenlik, sosyal ve eleştirel yargılama zayıflığı, konsantrasyon güçlüğü ve koordinasyon kaybı, ruhsal dalgalanma gibi sağlık problemleri kısa süreli alkol kullanımına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Uzun vadeli alkol kullanımlarında ise karaciğer yağlanması ve harabiyeti, kardiyovasküler hastalıklar ve pek çok kanser türü gelişebilmektedir (Ackermann, 2025). Ayrıca uzun süreli kullanımda ekstremitelerde uyuşma, karıncalanma, ağrı gibi periferik nöropatiler, taşikardi, dispne ve aritmi gibi semptomlarla seyreden kardiyomiyopati, özfajit, ve özafagus varisleri, gastrit, pankreatit, hepatit gibi pek çok sağlık problemi oluşabilmektedir. Ek olarak zihinsel karışıklık, ajitasyon ve tiamin eksikliğine bağlı çift görme (diplopi) gibi olumsuzluklarla seyreden Wernicke-Kosakoff sendromu da oluşabilir (Yüksel, 2023).

AKB bireysel olumsuz etkilerine ek olarak ailesel ve toplumsal etkileri de bulunmaktadır. AKB aile işlevselliğini ve aile üyelerini olumsuz etkilediği bilinmektedir (McCrady ve Flanagan, 2021). AKB ailede evlilik doyumunu, genel ve cinsel yaşam kalitesini, ebeveynlik ve çocuk gelişimini olumsuz etkilediği gibi evlilik içi eş ve çocuklara karşı şiddete de neden olabileceği vurgulanmaktadır (Dişsiz ve ark., 2015; Leonard ve Eiden, 2007; Raitasalo ve ark., 2019). Ayrıca AKB olan bireylerde boşanma ve ilişki uyumsuzluğu gibi olumsuz aile deneyimlerinin yaygın olduğu ve bu olumsuz aile deneyimlerinin AKB'nin nesiller arası aktarıma katkı sağladığı saptanmıştır (Salvatore, Aggen ve Kendler, 2022). Bu olumsuzluklara rağmen AKB

tedavi arayışı ve olasılığı oldukça düşüktür. Ayrıca bu arayış ve olasılık gelişmemiş ülkelerde daha da azalmaktadır. Bu nedenle AKB toplum sağlığı açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır (Mekonen ve ark., 2021).

Tedavi sürecinde AKB olan bireyin yoksunluk belirtileri hafif ve alkolden uzak durabilme becerisi yüksekse evde tedavi edilebilirken genel olarak alkol yoksunluğu yaşamsal tehdit içerebileceğinden detoksifikasyon sürecinin tıbbi gözetim altında yapılması gerekmektedir. Yoksunluk belirtilerinin şiddeti yüksekse bu süreç 3-5 gün arası hastane yatışı gerektirebilir. Yoksunluk belirtilerini baskılamak için farmakolojik tedavi (Lorazepam, klordiazepoksit, diazepam vb.) uygulanabilir. Aşırı miktarda alkol kullanım durumlarında ise mide lavajı, diyaliz, solunum ve kardiyovasküler fonksiyonların desteklenmesi gerekebilir. Ayrıca bu tip durumlarda tiamin önce parenteral sonrasında da oral olarak verilebilir. AKB tedavisinde doz ayarlaması yoksunluk belirtilerine göre belirlenmeli, birkaç gün uygulama sonrasında doz azaltımına gidilerek bir hafta sonunda da farmakolojik tedavi sonlandırılmaktadır. Bu süreçte karşılaşılabilecek ve acil bir durum olan bir diğer olgu ise deliryum tremenstir. Alkol kesilmesi sonucunda ortaya çıkan deliryum tremens, hepatit ve pankreatit gibi fiziksel hastalıkların varlığında görülme olasılığı artabilmektedir (Yüksel, 2023).

Alkol Kullanım Bozukluğunda Hemşirelik Yaklaşımları

AKB olan bireylerin tekrardan alkol kullanma davranışı göstermemesi iyileşme olarak isimlendirilmektedir (APA, 2013; Hagman ve ark., 2022). Ancak AKB'nda iyileşmeden bahsedebilmek için, sadece alkol kullanmama durumu yeterli bir ölçüt değildir. Bu davranış örüntülerinde bireyin alkol kullanma davranışının olmamasına ek olarak işlevselliğini tekrardan kazanması, yoksunluk ve alkol kullanma dürtüsünü kontrol edebilme becerisini artırması, anlamlı ve refah içinde bir yaşam sürdürmesi, nüks durumlarına karşı esneklik gösterebilmesi, etkin bir şekilde baş etme becerisi sergilemesi ve geleceğe yönelik olumlu tutumlar geliştirmesi gibi becerileri kazanması ve kullanması gerektiği bildirilmektedir (Davidson ve ark., 2008; Witkiewitz ve ark., 2019). Bu tip bozukluklara yönelik iyileşme tanımlarında sürdürülebilir yaşam biçimi değişikliği, yüksek yaşam kalitesini idame ettirme ve alkol tüketimi davranışına tekrardan yönelmemek olmak üzere üç temel faktörden bahsedilmektedir (Snoek ve ark., 2016). Bu üç faktörle birlikte iyileşmenin tanı, tedavi ve rehabilitasyon evrelerini içeren kademeli bir süreç olduğu da vurgulanmaktadır. Bu tanımlardan çıkarılabilecek sonuç ise iyileşmenin bireylerin alkol kullanmamasından daha ileri bir durum olduğudur. Alkol kullanımının tekrarlamasını engelleme, bireyin yaşam boyu devam ettirmesi gereken psikofarmakolojik ve psikososyal tedavilerin entegrasyonu içeren bir süreçtir. Bu bağlamda benzodiazepinler, tiamin, antipsikotikler gibi farmakolojik tedavilerle birlikte bireyin alkole geri dönme sıklığını azaltmanın yanında fiziksel ve ruhsal sağlığını olumlu etkileyen kısa bilişsel davranışçı terapi müdahale programı, bilişsel davranış terapisi-kendi kendine yardım kitapçığı, psikoeğitim programı, Yang stili T'ai Chi uygulaması, bilişsel davranışsal modele dayalı psikoeğitim ve egzersiz müdahale programı, tidal modele dayalı psikiyatri hemşireliği yaklaşımı ve elektroensefalografi tabanlı neurofeedback eğitimi gibi psikososyal hemşirelik yaklaşımları da uygulanabildiği bildirilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022; Yaman & Yılmaz, 2020). Bu süreç dahilinde, hemşirelerin birey odaklı destekleyici bakım hizmetlerini yürütme yükümlülükleri ile birlikte, hemşirelik gözlemlerinin değerli bir unsur teşkil ettiği ortaya

konmuştur (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022). Ayrıca hemşirelerin sorumlu uzman direktiflerine bağlı olarak bireyin her türlü tıbbî bakımından, eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesinden ve giderilmesinden, rutin takiplerin yapılmasından ve tedavilere ilişkin kayıtların tutulmasına kadar geniş bir yelpazede sorumlulukları olduğu bilinmelidir (Madde Bağımlılığı Tanı ve Tedavi Kılavuzu, 2018). Hemşireler bu sorumluluklarını yerine getirirken AKB olan bireyin çevre ile olumlu etkileşimlerini maksimize etmeyi, iyilik seviyesini artırmayı ve kendini gerçekleştirme potansiyelini yükseltmeyi amaçlamalıdır. Bu bağlamda hemşire bireyin sağlık bakım gereksinimlerinin dokümantasyonunu sağlamalı, bakım planı süresince karar vermeli, tanılama yapmalı ve amaç belirleyerek bireyin bakımını koordine etmelidir. Ek olarak hemşirelik bakımını değerlendirmeli, bu süreçte diğer hemşire ve sağlık profesyonelleri ile tedavi süreci ile ilgili iletişimi sağlayarak bakımın eksik, hatalı ve yanlış olma riskini azaltmalıdır. Hemşirelik sürecinin bütün aşamalarında hemşirelerin sahip olmaları gereken bazı beceriler bulunmaktadır. Bu beceriler; gözlem ve görüşme yapabilme, bir tanıya yönelik verileri analiz edebilme, yorumlayabilme, sınıflayabilme ve bu doğrultuda bir hemşirelik tanısı koyabilme, iletişim ve gözlem aracılığıyla kontrol sağlama olarak sıralanabilir (Sağkal ve Gürkan, 2008). Ayrıca AKB olan bireyleri yatılı tedavilerinde de hemşirelere önemli sorumluluklar düşmektedir. Hemşireler bu sorumluluklarını yerine getirirken hasta ve hasta yakınları ile terapötik iletişim becerilerini kullanmayı ön planda tutmalıdır. Ayrıca hemşirelerin bireyin bilinç düzeyinin değerlendirilmesi, monitörizasyon ve vital bulgu takibi, yoksunluk belirtilerinin değerlendirilmesi, hijyen ve bireysel bakımın sağlanması, order edilen ilaçların uygulanması ve takibi vb. çok fazla rol ve sorumlulukları olduğu bilinmektedir. Bu hemşirelik uygulamalarının bireylerin stresini azalttığı ve ruhsal dayanıklılığını artırdığı bildirilmektedir (Foster ve ark., 2011; Çam ve Engin, 2014; Cerit ve Şimşek, 2021; Martin ve ark., 2022, Sawyer ve ark., 2023).

SONUÇ

AKB, sadece biyolojik değil, aynı zamanda aile ve toplum düzeyinde de ciddi sonuçlar doğuran kompleks bir halk sağlık sorunudur. Bu sorunun tedavisinde hemşirelerin kritik ve çok yönlü rolü bulunmaktadır. AKB'nda iyileşme, sadece alkolü bırakmaktan ibaret olmayıp, bireyin işlevselliğini yeniden kazanması, alkol dürtüsünü kontrol edebilmesi ve nükse karşı esneklik geliştirmesini içeren aşamalı bir süreçtir. Bu süreçte hemşireler, alkol yoksunluğunun yaşamsal tehdit içerebileceği detoksifikasyon aşamasında tıbbi gözetimi sağlamaktan, acil durum olan deliryum tremense müdahaleye kadar geniş bir yelpazede görev almaktadır. Ayrıca farmakolojik tedavilerle entegre biçimde bilişsel davranışçı terapi müdahaleleri, psikoeğitim programları ve Tidal Modele dayalı yaklaşımlar gibi psikososyal uygulamaları koordine etmektedir. Bu uygulamalarda terapötik iletişimi ön planda tutan hemşirelik bakımı; bireyin stresini azaltmakta ve ruhsal dayanıklılığını artırmaktadır. Sonuç olarak, hemşireler; bakım planlaması, tanı koyma, hedeflendirme ve diğer sağlık profesyonelleri ile iletişim kurma sorumluluklarını yerine getirerek AKB olan bireylerin sürdürülebilir yaşam biçimi değişikliğini ve refah içinde bir yaşam sürmesini destekleyen temel destekleyici güç olduğu bilinmektedir.

KAYNAKLAR

Ackermann, K. (2025). Effects of Alcohol on Your Body. https://alcohol.org/health-effects/ (Erişim Tarihi: 23.10.2025)

Ağralı, C., & Turhan, S. (2024). Alkol kullanımı ve alkol kullanım bozukluğu terimleri ve tanımları. *Current Research and Reviews in Psychology and Psychiatry*, 4(1), 67-74.

Aktan, M. E. (2024). *Alkol kullanım bozukluklarının epidemiyolojisi: Biyopsikososyal model bağlamında risk etmenleri ve koruyucu etmenler*. (Edt. İlhan, Ö.). Alkol Kullanım Bozuklukları ve Sağaltımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 1-6.

APA (American Psychiatric Association). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. 5th ed. Washington (DC): American Psychiatric Association; 2013.

Cerit, E., Şimşek, N. (2021). A social skills development training programme to improve adolescents' psychological resilience and emotional intelligence level. *Archives of Psychiatric Nursing*, 35(6), 610-616. https://doi.org/10.1016/j.apnu.2021.08.001

Coşkun, S. (2025). Bağımlılık Çeşitleri: Alkol Bağımlılığı (Edt. Öz, F., Engin, E., & Dağlı, A. D). Bagımlılıktan İyilesmeye Modeller ve Yaklasımlar. 1. Baskı. Ankara Nobel Tıp Kitabevleri. Ankara. 61-78.

Çam, O., & Engin, E. (2014). Madde bağımlılığı. İçinde O. Çam & E. Engin (Ed.), Ruh sağlığı ve hastalıkları hemşireliği: Bakım sanatı (1. basım, ss. 466–483). İstanbul Tıp Kitabevi.

Davidson, L., Andres-Hyman, R., Bedregal, L.E., Tondora, J., Frey, J., & Kirk, T.A. (2008). From "Double Trouble" to "Dual Recovery": Integrating models of recovery in addiction and mental health. *J Dual Diagn.*, 4(3-4), 273-290. https://doi.org/10.1080/15504260802072396

Dişsiz, M., Beji, N., & Oskay, Ü. (2015). The effects of alcohol dependence on the quality of life and sex life of women. *Substance Use & Misuse*, 50(11), 1373-1382. . https://doi.org/10.3109/10826084.2015.

Fırıncık, S. (2016). *Madde ve Bağımlılık. Ruh Sağlığı ve Psikiyatri Hemşireliği* (Edt. Gürhan, N.) Nobel Tıp Kitabevleri, Ankara. 626-632.

Foster, K., O'Brien, L., & Korhonen, T. (2011). Developing resilient children and families when parents have mental illness: A family-focused approach. *International Journal of Mental Health Nursing*, 21(1), 3–11. https://doi.org/10.1111/j.1447-0349.2011.00754.x

Hagman, B.T., Falk, D., Litten, R., & Koob, G.F. (2022). Defining recovery from alcohol use disorder: development of an NIAAA research definition. *Am J Psychiatry*., 179(11), 807-813. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.21090963.

Kendler, K. S., PirouziFard, M., Lönn, S., Edwards, A. C., Maes, H. H., Lichtenstein, P., ... & Sundquist, K. (2016). A national Swedish twin-sibling study of alcohol use disorders. *Twin Research and Human Genetics*, 19(5), 430-437. https://doi.org/10.1017/thg.2016.62.

McCrady, B.S., & Flanagan, J.C. (2021). The Role of the family in alcohol use disorder recovery for adults. *Alcohol Res*.. 6;41(1):06. https://doi.org/10.35946/arcr.v41.1.06.

Mekonen, T., Chan, G. C., Connor, J., Hall, W., Hides, L., & Leung, J. (2021). Treatment rates for alcohol use disorders: a systematic review and meta-analysis. *Addiction*, 116(10), 2617-2634. https://doi.org/10.1111/add.15357.

Leonard, K. E., & Eiden, R. D. (2007). Marital and family processes in the context of alcohol use and alcohol disorders. *Annu. Rev. Clin. Psychol.*, 3, 285-310. https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.3.022806.091424.

Madde Bağımlılığı Tanı ve Tedavi Kılavuzu (2018) https://khgmsaglikhizmetleridb.saglik.gov.tr/TR,44319/madde-bagimliligi-tani-ve-tedavi-kilavuzu-el-kitabi.html

Mandelbaum, D. G. (1965). Alcohol and culture. *Current Anthropology*, 6(3), 281–293. https://escholarship.org/uc/item/66m323jv

Martin, S. D., Urban, R. W., Johnson, A. H., Magner, D., Wilson, J. E., & Zhang, Y. (2022). Health-related behaviors, self-rated health, and predictors of stress and wellbeing in nursing students. *Journal of Professional Nursing*, 38, 45-53. https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2021.11.008

Raitasalo, K., Holmila, M., Jääskeläinen, M., & Santalahti, P. (2019). The effect of the severity of parental alcohol abuse on mental and behavioural disorders in children. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 28, 913-922. https://doi.org/10.1007/s00787-018-1253-6.

Sağkal, T., & Gürkan, A. (2008). The efficacy of psychiatric nursing process in alcohol and drug dependency treatment. *Journal of Dependence*, 9(3), 148-153.

Salvatore, J. E., Aggen, S. H., & Kendler, K. S. (2022). Role of parental divorce and discord in the intergenerational transmission of alcohol use disorder. *Drug and Alcohol Dependence*, 234, 109404. https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2022.109404

Sawyer, A. T., Bailey, A. K., Green, J. F., Sun, J., & Robinson, P. S. (2023). Resilience, insight, self-compassion, and empowerment (rise): a randomized controlled trial of a psychoeducational group program for nurses. *Journal of the American Psychiatric Nurses Association*, 29(4), 314-327. https://doi.org/10.1177/10783903211033338

Snoek, A., Levy, N., & Kennett, J. (2016). Strong-willed but not successful: the importance of strategies in recovery from addiction. *Addict Behav Rep*., 13(4), 102-107. https://doi.org/10.1016/j.abrep.2016.09.002

T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2022). *Alkol ve Madde Kullanım Bozuklukları Tedavi ve İzlem Klinik Protokolü*. Ankara. https://ekutuphane.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/alkol_madde_kull_bozuklklari_tedavi_izlem_kp_05012022.pdf

Tekkeşin, N. (2024). Alkol kullanım bozukluğunda biyobelirteçler. *Bağımlılık Dergisi*, 25(4), 478-490. https://doi.org/10.51982/bagimli.1421221

Ulaş, H., Binbay, T., Kırlı, U., Elbi, H., & Alptekin, K. (2017). The epidemiology of alcohol use in Izmir, Turkey: drinking pattern, impairment and help-seeking. *Social Psychiatry And Psychiatric Epidemiology*, 52, 887-899. https://doi.org/10.1007/s00127-017-1345-5

Verhulst, B., Neale, M. C., & Kendler, K. S. (2015). The heritability of alcohol use disorders: a meta-analysis of twin and adoption studies. *Psychological Medicine*, 45(5): 1061–1072. https://doi.org/10.1017/S0033291714002165.

Witkiewitz, K., Wilson, A. D., Pearson, M. R., Montes, K. S., Kirouac, M., Roos, C. R., et al. (2019). Profiles of recovery from alcohol use disorder at three years following treatment: Can the definition of recovery be extended to include high functioning heavy drinkers? *Addiction*, 114(1), 69–80. https://doi.org/10.1111/add.14403

Yaman, Z., & Yılmaz, M. (2020). Alkol bağımlısı bireylere uygulanan hemşirelik müdahaleleri: Sistematik derleme. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 12(1), 100–116. https://doi.org/10.18863/pgy.524230

Yüksel, A. (2023). *Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hemşirelik Bakım İlkeleri*. (Edt Özgen N., & Yüksel, A.), Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti, 1. Basım, Ankara, 346-351.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EBELİK MESLEĞİNDE DUYGUSAL EMEK

Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
gizem.citak@gop.edu.tr - 0000-0002-5484-2233
Öğr. Gör. Serpil TOKER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
serpil.toker@gop.edu.tr - 0000-0001-6809-6342

ÖZET

Çalışanların hizmet verdikleri kişide duygu yaratma çabası olarak tanımlanan duygusal emek, sağlık alanında daima tartışma konusu olan bir kavramdır. Sağlık çalışanları hizmet ve bakım sürecinde etkili sonuca ulaşmak için duygusal emek sergilemek durumundadır. Ebelik mesleği de duygusal emek gerektiren bir meslektir. Gebelik ve doğum olayı sürece dâhil olan herkes için duygusal açıdan olumlu ya da olumsuz çok fazla deneyim barındırır. Ancak sağlık alanında duygusal emek araştırmaları sınırlıdır; bu alandaki teorik model eksikliği ve mevcut çalışmaların kısıtlılığı, ebelik mesleğinde duygusal emeğin daha fazla araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Mevcut literatür, çoğunlukla hemşirelik odaklıdır ve hastalık ortamlarına yöneliktir; oysaki ebeler çoğunlukla sağlıklı kadınlar ve bebeklerle çalışmakta, farklı duygusal yükler ve bakım deneyimleri yaşamaktadır. Ebelerin duygusal emeklerini anlamak, hem hizmet alanların memnuniyetini artırmak hem de iş yerinde olası olumsuz etkileri azaltmak açısından önemlidir. Literatür taramaları, ebelerin empati kurma ve profesyonel tarafsızlık arasında denge kurmak için duygusal emek sergilediğini göstermektedir. Hastanede çalışan ebeler genellikle kurum odaklı yaklaşım benimserken, sahada çalışan ebeler kadın odaklı hizmet sunmaktadır; bu durum mesleki idealler ve iş yeri koşulları ile etkileşim halindedir. Ebelikte duygusal emeğe etki eden faktörlerin belirlenmesi, mesleki uygulamaların iyileştirilmesi, bakım kalitesinin artırılması ve hizmet alanların deneyimlerinin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, ebelikte duygusal emek, mesleki uygulamaların merkezinde yer almakta olup, kapsamlı araştırmalar hem ebeler hem de hizmet alanlar açısından değerli bilgiler sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Duygusal emek, Ebelik, Sağlık çalışanları, Gebelik ve doğum, Mesleki uygulama

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EMOTIONAL LABOR IN MIDWIFERY

Dr. Gizem ÇITAK, Assistant Professor
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery
gizem.citak@gop.edu.tr - 0000-0002-5484-2233

Lecturer Serpil TOKER
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery
serpil.toker@gop.edu.tr - 0000-0001-6809-6342

ABSTRACT

Emotional labor, defined as employees' efforts to evoke emotions in the individuals they serve, is a concept that has always been debated in the healthcare field. Healthcare professionals are required to perform emotional labor to achieve effective outcomes during care and service delivery. Midwifery is also a profession that demands emotional labor. Pregnancy and childbirth involve numerous emotionally positive or negative experiences for everyone engaged in the process. However, research on emotional labor in healthcare is limited; the lack of theoretical models and the scarcity of existing studies highlight the need for further investigation into emotional labor in midwifery. The current literature primarily focuses on nursing and disease-related settings, whereas midwives mostly work with healthy women and infants, experiencing different emotional burdens and care responsibilities. Understanding the emotional labor of midwives is important for increasing service recipients' satisfaction and reducing potential negative effects in the workplace. Literature reviews indicate that midwives perform emotional labor to balance empathy with professional neutrality. While hospital-based midwives often adopt an institution-centered approach, those working in community settings tend to provide woman-centered care; this reflects the interaction between professional ideals and workplace conditions. Identifying the factors affecting emotional labor in midwifery is critical for improving professional practices, enhancing care quality, and enriching service recipients' experiences. In this context, emotional labor in midwifery occupies a central role in professional practice, and comprehensive research can provide valuable insights for both midwives and the populations they serve.

Keywords: Emotional labor, Midwifery, Healthcare professionals, Pregnancy and childbirth, Professional practice.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

İnsanı diğer canlılardan ayıran temel özelliklerden biri duygulardır ve bu duyguların iş yaşamında özellikle hizmet sektöründe önemi giderek artmaktadır. Bu bağlamda "duygusal emek" kavramı literatüre Arlie Hochschild tarafından kazandırılmıştır (Özen, 2017). Hochschild'e göre bireyler, sosyal yapı ve mesleki kurallar doğrultusunda duygularını sergiler ve bu kurallar durumlara göre değişiklik gösterir (Güngör, 2009). Duygusal emek, çalışanların hizmet verdikleri kişilerle etkileşimlerinde kurum veya işverenin beklentileri doğrultusunda duygularını düzenlemesi olarak tanımlanır (Güngör, 2009; Yılmaz, 2016). Bu süreç, yüzeysel veya derinlemesine duygusal gösterim mekanizmalarını içerir ve çalışanlar için hem psikolojik hem de fiziksel yük oluşturabilir (Bolton ve Boyd, 2003; Tunç vd., 2014). Duygusal emeğin olumlu etkileri arasında iş verimliliği, hizmet kalitesi ve memnuniyet sağlama yer alırken, olumsuz etkiler arasında tükenmişlik, iş doyumsuzluğu ve ruhsal yorgunluk öne çıkmaktadır (Oral ve Köse, 2011).

Sağlık sektörü, duygusal emeğin en yoğun yaşandığı alanlardan biridir ve hem sağlık çalışanlarının rollerinin bir parçası hem de hizmet alanların ihtiyaçlarını karşılamak açısından kritik bir öneme sahiptir (Değirmenci Öz ve Baykal, 2018). Sağlık hizmeti alan bireyler sadece tedaviye değil, aynı zamanda desteklenmeye ve ilgilenilmeye ihtiyaç duymaktadır (Atilla Gök, 2015). Ancak, sağlıkta duygusal emekle ilgili araştırmalar sınırlı olup çoğunlukla hemşirelik ve hastalık ortamlarına odaklanmıştır (Hunter, 2001; Çaldağ, 2010; Uzuntarla, 2015; Delgado vd., 2017). Oysaki ebeler genellikle sağlıklı kadın ve bebeklerin bakımını üstlenmekte, bu nedenle ebelik mesleğinde duygusal emeği anlamak ve uygulama alanlarını belirlemek hem hizmet kalitesi hem de çalışanların psikolojik iyi oluşu açısından önem taşımaktadır (Kılınç, 2018; Özbay, 2019; Yetim ve Erigüç, 2019).

2. Ebelik Mesleğinde Duygular

Gebelik ve doğum süreci, kadın ve ailesi için yoğun duygusal deneyimlerin yaşandığı bir dönem olup, ebeler bu süreçte duyguların yönetilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir (Hunter, 2001). Ebelerin duyguları yönetme biçimleri, hem kendi psikolojik durumlarını hem de hizmet verdikleri kadınların deneyimlerini doğrudan etkiler; bu nedenle hem kendi duygularını anlamaları hem de kadınların duygusal tepkilerini doğru biçimde değerlendirmeleri önemlidir (Hunter, 2004). Kadınlar, gebelik öncesinden doğum sonrası döneme kadar çeşitli evrelerde ebelerle etkileşimde bulunmayı önemsiyor ve bu etkileşim, kadınların algısına göre değişen

derecede önem taşımaktadır. Ebeler, bu etkileşimlerde yaşam döngüsüne yönelik gelişimsel olaylar, klinik bilgi ve beceriler, bireysel bakım, güvenlik ve kişiler arası iletişim gibi alanlarda kadınların hayatına dokunabilmekte ve karşılıklı ilişki bağlamında kadınlar tarafından çoğu zaman arkadaş olarak görülmektedir (Hunter, 2006).

Literatürde ebelik mesleğinde duygulara odaklanan ilk araştırmacılardan biri Billie Hunter'dır. Hunter, ebelerin iş deneyimleri ve kadınlarla ilişkileri ile ilgili mevcut kanıtların yetersiz olduğunu, çalışmaların çoğunlukla stres ve tükenmişlik konularına yoğunlaştığını belirtmiştir (Hunter, 2001; Hunter, 2017). Hunter'ın çalışmaları, ebelikte hissedilen duyguların niteliği ve bu duygularla baş etme yollarını anlamaya yöneliktir. Ebe-kadın ilişkisi, kadınların doğum deneyimi kalitesini etkileyen önemli bir faktör olarak görülmesine rağmen, ebelerin bu ilişkilerdeki duygusal deneyimleri üzerine yeterli veri bulunmamaktadır. Hunter, ebelikte duygusal emeği incelemek ve bu alanda var olan boşlukları tanımlamak amacıyla yaptığı meta-analizlerde (2004) ebelik mesleğinin yüksek düzeyde duygusal çalışma potansiyeline sahip olduğunu ve keşfedilmesi gereken pek çok alan bulunduğunu vurgulamıştır. Ebelerin iş yaşamını iyileştirmek ve kadınların ihtiyaçlarını karşılamak için duygusal farkındalık ve yönetim becerilerini geliştirmeleri gerektiğini belirtmiş, ayrıca ebelik eğitiminde bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu öne sürmüştür (Hunter, 2001; Hunter, 2017).

Ebeler, mesleki profesyonellikleri gereği kadınlarla empati kurarken, duygusal tarafsızlık ve farkındalık arasında bir denge kurmak durumunda kalırlar (Kirkham, 2018; Hunter, 2017). Duygusal tarafsızlık genellikle hastanede çalışan ebelerde, profesyonel kimliklerini koruma amacıyla duygularını bastırmalarıyla ortaya çıkarken, saha ebelerinde duygusal farkındalık paylaşım ve destek yoluyla gelişir. Hunter'ın etnografik yaklaşım ve nitel çalışmalarına göre, ebeler "kadın ile" ve "kurum ile" kavramları arasında bir gerilim ve uyumsuzluk yaşamakta, bu durum duygusal emeği tetiklemektedir. "Kadın ile" kavramı, kadınların bireysel ihtiyaçlarına odaklanmayı ve doğum deneyimini normal yaklaşım çerçevesinde desteklemeyi ifade ederken, "kurum ile" kavramı yoğun iş yükü ve çok sayıda hasta bakımını içeren kurumsal gereksinimlere odaklanmayı temsil etmektedir (Hunter, 2017).

Hunter, farklı ortamlarda çalışan ebelerle yaptığı araştırmalarda (2004, 2005, 2006) çalışma yerinin ve süresinin ebelerin değer ve bakış açıları üzerinde etkili olduğunu gözlemlemiştir. Hastane merkezli ebeler genellikle tıbbi bakım odaklı yaklaşımı benimserken, toplum temelli ebeler kişiselleştirilmiş bakım ve doğal doğum modeline yönelir. Hunter'ın 2005 yılında

hastane ebeleriyle yaptığı çalışmada, kıdemli ebelerin zorlayıcı davranışları, genç ebelerin ise müdahaleci olmayan "kadın ile" yaklaşımını savundukları görülmüştür. Toplum temelli ebelerle yaptığı 2006 araştırmasında, ebe-kadın etkileşim modelini dört temel durum üzerinden tanımlamış; dengeli değişim, reddedilen değişim, ters çevrilmiş değişim ve sürdürülemez değişim olarak ortaya koymuştur. Kadınların bakımı için kişiselleştirilmiş yaklaşım benimsenip karşılıklı duyarlılık sağlandığında dengeli değişim oluşurken, çevresel faktörler, iş yükü ve zaman baskısı gibi etmenler bu süreci olumsuz etkileyebilmektedir (Hunter, 2006).

2010 yılında yaptığı literatür taramasında Hunter, ebelikte duygusal çalışmayı dört ana tema çerçevesinde ele almıştır: koşullar ve annelik bakımı organizasyonunun etkisi, ebe-kadın ilişkilerinde duygu çalışması, meslektaş ilişkilerinde duygu çalışması ve duygusal emeğin zorunluluk mu yoksa hediye mi olduğu sorusu (Hunter, 2010). Bu temaların birbirinden ayrı düşünülemeyeceği, birbirleriyle iç içe geçmiş bir yapıda olduğu belirtilmiştir. Özellikle büyük hastanelerde kurumsal beklentiler doğrultusunda duyguların bastırılması ve kurum odaklı çalışmanın hem kadınlara hem de ebeye zarar verdiği; teknik işlerin fazlalığı ve zaman sıkıntısının mesleğin profesyonel idealleriyle çeliştiği vurgulanmıştır (Hunter, 2010).

2.1. Ebelikte Duygusal Emek Çalışmalarının Gözden Geçirilmesi

Ebelikte duygusal emeğin etkileri, hem klinik uygulamada hem de hizmet sunumunda özerkliğin yüksek olduğu ve ebe-kadın ilişkilerinin değerli olduğu durumlarda daha olumlu olarak gözlemlenmektedir. Ebe, bakım sürekliliği sağlamakla birlikte artan iş yükü nedeniyle stres yaşasa da, özerkliğini kullanma, karşılıklı değer algısı ve duygusal ödül deneyimi yoluyla bu süreci faydaya çevirebilir (Hunter, 2010). Ebelikte duygu çalışmaları, Hunter'ın çalışmalarının ardından başka araştırmacıların da ilgisini çekmiş ve farklı bağlamlarda incelenmiştir. John ve Parsons (2006), doğumhanede çalışan ebeler üzerinde yaptıkları çalışmada, duygusal emeğin ebeler tarafından üstlenilen işin görünmeyen ancak önemli bir parçası olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, duygusal emeğin işin korunması, işe alım sorunları ve yetersiz destek gibi mekanizmaların anlaşılmasında rol oynadığı vurgulanmıştır. Ebeler, bu süreçte doğal hissettikleri duygular ile mesleki profesyonellik gereği sergiledikleri duygular arasında bir denge kurmak durumunda kalmaktadır.

Rayment (2015) ise ebelerin çalışma hayatında başkalarının duygularıyla başa çıkmak için farklı duyguları sergileme sürecinde zorlandığını ve yeterli destek alamadıklarını ifade etmiştir. Araştırmada temel duygu kaynakları, ebelik ideali ile uygulama arasındaki çatışma, acı ve ölüm

durumlarında kadınlarla birlikte olma, kurumsal sistemlerde yetersiz geribildirim ve zayıf yönetici iletişimi olarak belirlenmiştir. Ebeler, kendi duygularının kadınların doğum deneyimini etkilediğini ve aynı şekilde kadınlardan da etkilendiklerini vurgulamışlardır. Örneğin, ölü doğumla ilk karşılaşan deneyimli bir ebe, başlangıçta ağladığını ancak zamanla duygularını göstermemeyi tercih ettiğini belirtmiştir; başka bir ebe ise riskli gebe ile ilgilenirken yüzeysel gülümsemek zorunda kaldığında yaşadığı rahatsızlığı ifade etmiştir.

Doğum odasında çalışan ebelerin, gebelerin memnuniyetini sağlamak amacıyla duygusal emek stratejilerini kullanması gerektiği Drach-Zavahy ve arkadaşları (2016) tarafından da desteklenmiştir. Bu çalışmada, doğum sayısı, epidural analjezi kullanımı, doğum indüksiyonu ve müdahaleli doğum gibi faktörlerin, ebelerin yüzeysel veya derinlemesine duygusal davranışlarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Sonuçlar, derinlemesine davranışların özellikle kadın tarafından algılandığında doğum deneyimi üzerinde olumlu etkiler sağladığını; yüzeysel davranışların ise olumsuz etkili olduğunu göstermiştir. Fenwick ve arkadaşları (2018) Avustralya'da yaptığı çalışmada, bakım sürekliliği sağlayan ebelerin kaygı, depresyon ve tükenmişlik puanlarının anlamlı derecede düşük olduğunu, vardiya usulü sistemlerde çalışanların ise psikolojik sıkıntı riskinin arttığını belirtmiştir. Leinweber ve arkadaşları (2019) da doğum eyleminde ebelerin duygusal emek desteğinin önemini vurgulamış ve düşük duygusal uygunluk düzeyinin ebeyi düşünmeye ve ihtiyaçlarını belirlemeye yönlendirdiğini göstermiştir.

Ülkemizde yapılan çalışmalar da benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Burdurlu (2017), ebelerin duygusal emek davranışlarını ve bunları etkileyen faktörleri incelemiş; medeni durum, yaş, çalışma şekli, deneyim yılı, iş memnuniyeti ve çocuk sahibi olma gibi değişkenlerin doğal duygusal davranış sergileme üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Atasoy ve Turan (2019) ise ebe ve hemşirelerde duygusal emek ile yaşam doyumu arasındaki ilişkiyi incelemiş, ebeler ve hemşireler arasında anlamlı fark bulunmadığını, ancak gelire, işi sevme ve gönüllü tercih etmenin yaşam doyumunu olumlu etkileyebileceğini belirtmiştir. Sağlık çalışanlarının duygusal emeğinin tanınması ve işyerinde duygusal taleplerle başa çıkabilmeleri için desteklenmeleri gerektiği vurgulanmakta; ebelerin bu sürecin kadın ve aile üzerindeki etkilerini fark etmeleri önemle önerilmektedir (Riley ve Weiss, 2016; Hunter, 2010).

Sonuç

Hizmet sektörünün öneminin giderek artması, çalışanların sergilediği duygusal emeğin hizmet kalitesi, kullanıcı memnuniyeti ve kurumların hedeflerine ulaşmasındaki rolünü ön plana

çıkarmıştır. Ebelik mesleği de duygusal emeğin yoğun olarak kullanıldığı bir alan olup, çalışanların bulundukları kuruma veya sahaya göre farklı ideolojilere sahip oldukları görülmektedir. Hastanede görev yapan ebeler genellikle "kurum ile" ideolojisini benimserken, sahada çalışan ebeler "kadın ile" yaklaşımını önceliklendirmektedir (Hacıvelioğlu ve ark., 2020).

Ebelerin duygusal emek kullanımı, hem bakım süreçlerinin kalitesini artırmak hem de hizmet alanlarda memnuniyet yaratmak açısından önemlidir. Bu memnuniyetin sürdürülmesi ve olumlu sonuçların devamlılığı için, duygusal emek gösterimlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin sonuçlarının izlenmesi gereklidir. Öte yandan, duygusal emeğin çalışan, kurum ve hizmet alanlar üzerinde olası olumsuz etkileri de bulunabilir; bu nedenle risklerin izlenmesi ve önleyici stratejilerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ebelik mesleğinde duyguların kapsamlı bir şekilde incelenmesi, uygulamada karşılaşılan duygusal yüklerin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Anne ve çocuk sağlığı açısından kritik bir rol üstlenen ebelerin duygusal boyutunun araştırılması, hem ebe hem de kadınlar açısından değer taşımaktadır.

Gelecekte yapılacak nitel ve nicel araştırmalarda, duygusal emek düzeyi, duygu denetimi ve gerekliliğinin motivasyon, tükenmişlik, empati, otonomi gibi değişkenlerle ilişkisi incelenmelidir. Ayrıca, hizmet sektörünün tüm alanlarında duygusal emek kavramının tartışılması, sonuçlarının ortaya konması ve mezuniyet öncesi eğitimlerde bu kavrama yer verilmesi önerilmektedir. Duygusal emeğin etkilerinin farkına varılması ve olumsuz durumlarla baş etme stratejilerinin belirlenmesi, hem hizmet sunanlar hem de yöneticiler için iş gücü kaybını önlemeye yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Atasoy, I., & Turan, Z. Ebe ve hemşirelerde duygusal emek ile yaşam doyumu arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Lokman Hekim Dergisi*, 9(3), 357–366, 2019. doi: 10.31020/mutftd.587725

Atilla Gök, G. Merhamet etmenin dayanılmaz ağırlığı: Hemşirelerde merhamet yorgunluğu. *SDÜ İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2015. Erişim: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/194146

Bolton, S. C., & Boyd, C. Trolley Dolly or Skilled Emotion Manager? Moving on from Hochschild's Managed Heart. *Work Employment*, 2003. doi: 10.1177/0950017003017002004

Burdurlu, M. Ebelerde duygusal emek davranışları ve etkili faktörler: Denizli Halk Sağlığı Müdürlüğü Örneği (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Beykent Üniversitesi, İstanbul, 2017.

Çaldağ, M. A. Duygusal emek davranışlarının sağlık çalışanlarında iş sonuçlarına etkileri (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi), 2010.

Değirmenci Öz, S., & Baykal, Ü. Hemşireler için duygusal emek davranışı ölçeğinin geliştirilmesi. *Uluslararası Hakemli Hemşirelik Araştırmaları Dergisi*, 12, 119–139, 2018. doi: 10.17371/UHD.2018.1.3

Delgado, C., Upton, D., Ranse, K., Furness, T., & Foster, K. Nurses' resilience and the emotional labour of nursing work: An integrative review of empirical literature. *Int J Nurs Stud*, 70, 71–88, 2017. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2017.02.008

Drach-Zavahy, A., Buchnic, R., & Granot, M. Antecedents and consequences of emotional work in midwifery: A prospective field study. *Int J Nurs Stud*, 60, 168–178, 2016. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2016.04.014

Fenwick, J., Sidebotham, M., Gamble, J., & Creedy, D. K. The emotional and professional wellbeing of Australian midwives: A comparison between those providing continuity of midwifery care and those not providing continuity. *Women Birth*, 31(1), 38–43, 2018. doi: 10.1016/j.wombi.2017.06.013

Güngör, M. Duygusal emek kavramı: Süreci ve sonuçları. *Kamu-İş*, 11(1), 167–184, 2009. Erişim: http://www.kamu-is.org.tr/pdf/1117.pdf

Hacıvelioğlu, D., Öztürk Can, H., & Tuna Oran, N. Ebelik mesleğinde duygusal emek. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(4), 163–172, 2020.

Hunter, B. Conflicting ideologies as a source of emotion work in midwifery. *Midwifery*, 20(3), 261–272, 2004. doi: 10.1016/j.midw.2003.12.004

Hunter, B. Ebelik mesleğinde duyguyu keşfetmek: İlk ağızdan açıklama. In R. Bryar & M. Sinclair (Eds.), *Ebelik uygulamaları için teori içinde* (s. 175–196). Alter Yayıncılık, 2017. (Çev. N. T. Oran & H. Öztürk Can)

Hunter, B. Emotion work and boundary maintenance in hospital-based midwifery. *Midwifery*, 21, 253–266, 2005. doi: 10.1016/j.midw.2004.12.007

Hunter, B. Emotion work in midwifery: a review of current knowledge. *J Adv Nurs*, 34(4), 436–444, 2001. doi: 10.1046/j.1365-2648.2001.01772.x

Hunter, B. Mapping the emotional terrain of midwifery: What can we see and what lies ahead? *Int J Work Organ Emotion*, 3(3), 253–269, 2010. doi: 10.1504/IJWOE.2010.032925

Hunter, B. The importance of reciprocity in relationships between community-based midwives and mothers. *Midwifery*, 22, 308–322, 2006. doi: 10.1016/j.midw.2005.11.002

John, V., & Parsons, E. Shadow work in midwifery: unseen and unrecognised emotional labour. *Br J Midwifery*, 14(5), 266–271, 2006. doi: 10.12968/bjom.2006.14.5.21046

Kılınç, S. Sağlık çalışanlarında örgütsel adalet algısının duygusal emek üzerine etkisi: Konya ilinde bir uygulama (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi), 2018.

Kirkham, R., Rumbold, A., Hoon, E., Stuart-Butler, D., & Moore, V. Emotional labour and aboriginal maternal infant care workers: The invisible load. *Women Birth*, 31(2), 110–116, 2018. doi: 10.1016/j.wombi.2017.07.001

Leinweber, J., Creedy, D. K., Rowe, H., & Gamble, J. Assessing emotional aspects of midwives' intrapartum care: Development of the emotional availability and responsiveness in intrapartum care scale. *Midwifery*, 74, 84–90, 2019. doi: 10.1016/j.midw.2019.03.019

Oral, L., & Köse, S. Hekimlerin duygusal emek kullanımı ile iş doyumu ve tükenmişlik düzeyleri arasındaki ilişkiler üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(2), 463–492, 2011. Erişim: https://dergipark.org.tr/tr/download/articlefile/194501

Özbay, O. Bir kamu hastanesi sağlık çalışanlarında duygusal emek düzeyi ve etkileyen faktörler (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi), 2019.

Özen, Y. M. Sağlık çalışanlarında duygusal emek, tükenmişlik ve iş tatmini ilişkisinin incelenmesi: Konya ilinde bir uygulama (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi), 2017.

Rayment, J. Emotional labour: how midwives manage emotion at work. *Pract Midwife*, 18(3), 9–11, 2015. Erişim: https://www.researchgate.net/publication/274408378_Emotional_labour_how_midwives_manage_emotion_at_work

Riley, R., & Weiss, M. C. A qualitative thematic review: emotional labour in healthcare settings. *J Adv Nurs*, 72(1), 6–17, 2016. doi: 10.1111/jan.12738

Tunç, P., Gitmez, A., & Krespi Boothby, M. R. Yoğun bakım hemşirelerinin hastalarla ilişkilerinde duygusal emek olarak empati. *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, 15, 45–54, 2014. doi: 10.5455/apd.45762

Uzuntarla, Y. Kişilik özellikleri ile empatik özellikler arasındaki ilişkide duygusal emek ve tükenmişliğin aracılık rolü: Hekimler üzerine bir araştırma (Doktora Tezi, GATA Sağlık Bilimleri Enstitüsü), 2015.

Yetim, B., & Erigüç, G. Sağlık çalışanlarında duygusal emek ile ilgili yapılan çalışmalara yönelik bir inceleme. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(2), 225–240, 2019. Erişim: https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/717367

Yılmaz, E. Dahili kliniklerde çalışan hemşirelerin tükenmişlik düzeyi ve duygusal emek davranışı ile ilişkisi (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi), 2016.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PERİNATAL PALYATİF BAKIM

Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
gizem.citak@gop.edu.tr - 0000-0002-5484-2233
Öğr. Gör. Serpil TOKER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü
serpil.toker@gop.edu.tr - 0000-0001-6809-6342

ÖZET

Perinatal palyatif bakım, yaşamı sınırlayıcı durumları olan yenidoğanların konforunu ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen, obstetrik ve yenidoğan bakımı içeren koordineli bir yaklaşımdır. Ebelik mesleği, gebelik ve doğum sürecinde aile ile en yakın temasın sağlandığı meslek olarak, bu bakımın uygulanmasında merkezi bir rol oynar. Perinatal palyatif bakım, yaşamı uzatma amacı gütmeden yalnızca konforu ön planda tutar. Yaşamı sınırlayan prenatal tanılarda, gebeye bilgilendirilmiş onam ilkeleri doğrultusunda kapsamlı bilgi verilerek bilinçli ve gönüllü karar alması sağlanmalıdır. Ebeler, hasta ve aile değerlerine saygı gösteren şefkatli iletişim yöntemleri geliştirir ve ortak karar alma süreçlerini destekler. Bu bakım modeli, gebelik sonlandırma, tam neonatal canlandırma ve tedavi gibi farklı seçeneklerle birlikte sunulabilir; ebeler multidisipliner ekibin koordinasyonunda bakımın uygulanmasını sağlar. Aileler, doğum öncesi ve sonrası oluşabilecek görüş ayrılıklarına karşı hazırlanmalı, özellikle postnatal tanı ve prognozun prenatal tahminlerden farklı olabileceği olasılığı dikkate alınmalıdır. Ebeler, bu tür durumlarda aileyi bilgilendirerek anlaşmazlıkların önlenmesine katkı sağlar. Sonuç olarak, ebelik mesleği perinatal palyatif bakımın uygulanmasında kritik bir rol üstlenir; konfor, onur ve ebeveyn tercihlerine saygı temelinde sunulan bu bakım, hem yenidoğanın hem de ailenin refahını artırırken, duygusal olarak yoğun süreçlerde aileye destek sağlar.

Anahtar Kelimeler: Perinatal palyatif bakım, Ebelik, Yenidoğan, Gebelik, Konfor bakımı

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PERINATAL PALLIATIVE CARE

Dr. Gizem ÇITAK, Assistant Professor

Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery

gizem.citak@gop.edu.tr - 0000-0002-5484-2233

Serpil TOKER, Lecturer

Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery

serpil.toker@gop.edu.tr - 0000-0001-6809-6342

ABSTRACT

Perinatal palliative care is a coordinated approach that aims to enhance the comfort and quality of life of newborns with life-limiting conditions, encompassing obstetric and neonatal care. The midwifery profession plays a central role in implementing this care, as midwives maintain the closest contact with families throughout pregnancy and childbirth. Perinatal palliative care prioritizes comfort without the intention of prolonging life. In cases of life-limiting prenatal diagnoses, pregnant individuals should receive comprehensive information in accordance with informed consent principles to make conscious and voluntary decisions. Midwives develop compassionate communication strategies that respect patient and family values and support shared decision-making processes. This care model can be offered alongside various options, including pregnancy termination, full neonatal resuscitation, and treatment; midwives ensure the implementation of care in coordination with a multidisciplinary team. Families should be prepared for potential disagreements before and after birth, particularly when postnatal diagnoses and prognoses differ significantly from prenatal expectations. Midwives contribute to preventing conflicts by providing information and guidance in such situations. In conclusion, the midwifery profession plays a critical role in delivering perinatal palliative care; care provided with respect for comfort, dignity, and parental choices enhances the well-being of both the newborn and the family while supporting them through emotionally intense periods.

Keywords: Perinatal palliative care, Midwifery, Newborn, Pregnancy, Comfort care

1. GİRİŞ

Fetal bir anomalinin doğum öncesinde saptanması, hem hasta hem de sağlık hizmeti sunan ekip açısından bireyselleştirilmiş bakım planlarının oluşturulmasını gerektiren zorlayıcı ve çok katmanlı görüşmelere yol açmaktadır. Geleneksel olarak, böyle bir tanı alan gebelerin karşısına iki temel seçenek çıkmıştır: gebeliğin sonlandırılması ya da doğumdan sonra canlandırma ve yaşamı destekleyici tıbbi girişimlerin planlandığı şekilde gebeliğin devam ettirilmesidir. Bu seçenekler bazı hasta ve aileler için uygun olabilirken, diğerleri için perinatal palyatif konfor bakımı daha çok tercih edilen yaklaşım olabilmektedir (Hoeldtke ve Calhoun, 2001).

Perinatal palyatif bakım; yaşamın ilk dönemlerinde yaşamı sınırlayıcı olduğu öngörülen çeşitli sağlık sorunlarına sahip yenidoğanlarda, yaşam kalitesini artırmayı ve konforu sağlamayı hedefleyen, obstetrik ve yenidoğan bakımını kapsayan bütüncül ve koordine edilmiş bir bakım yaklaşımıdır. Bu bakım modeli; hem semptomların hafifletilmesine hem de hastanın ve ailenin değerlerine saygı gösterilmesine odaklanır. Palyatif bakım, bazı durumlarda yaşamı uzatmaya yönelik tedavilerle birlikte verilebilse de amacı perinatal palyatif konfor bakımını sağlamaya da yöneliktir (Heron, 2018).

2. PERİNATAL PALYATİF BAKIM

Palyatif bakım; hastalığın tanı aşamasından başlayarak yaşamın son dönemlerine kadar bireye ve ailesine yönelik rahatlatıcı, destekleyici ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bir bakım yaklaşımıdır. Perinatal palyatif bakım (PPB) ise prenatal tanı testleri sonucunda fetüsün ya da yenidoğanın yaşamını kısıtlayıcı ya da yaşama olanağı bulunmayan bir durumla karşı karşıya olduğunun belirlenmesi durumunda aileyi bu sürece hazırlayan, aile bireylerinin kendi değer ve istekleri doğrultusunda uygun kararlar verebilmesini destekleyen, yas sürecinin sağlıklı şekilde yönetilmesine katkı sağlayan ve geleceğe yönelik kaygıları azaltmayı amaçlayan bir destek modelidir. Perinatal kayıpların 1990'lı yıllarda istatistiklere daha görünür biçimde yansıması ve prenatal tanı yöntemlerindeki ilerlemeler, gebelik sürecinde yaşamı tehdit eden durumların saptanmasını mümkün kılmış ve palyatif bakımın perinatal tıpta da uygulanabilir bir alan olarak gelişmesine zemin hazırlamıştır (Bergstraesser, 2013). PPB, palyatif bakım ilkelerinden hareketle gelişmiş ülkelerde tanı, tedavi ve bakım sürecinin bütünleyici bir parçası olarak; devlet desteğiyle veya özel kuruluşlar tarafından, multidisipliner ekip anlayışı ve aile merkezli bakım felsefesi temelinde sunulan bir hizmet modeli olarak değerlendirilmektedir.

PPB'nin temel hedefi; yaşam kalitesini yükseltmek, bakım süreci boyunca yaşanan fiziksel ve duygusal acıyı en aza indirmek, hasta ve ailelerin dilekleri ile tercihlerini gözeterek bakımın

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

son ana dek kesintisiz sürdürülmesini sağlamak ve ailelerin bebekleriyle geçirecekleri sınırlı zamanı önceden planlamalarının önemini vurgulamaktır (Roush ve ark., 2007).

2.1.Perinatal Palyatif Bakım Hizmeti Kimlere Verilir?

PPB; fetüsü, yenidoğanı, anneyi ve aile bireylerinin tamamını içine alan geniş kapsamlı bir bakım yaklaşımıdır. Bakım süreci, intrauterin dönemde prenatal tanının konulmasıyla ve ailenin vereceği kararla birlikte başlar (Bergstraesser, 2013). Prenatal değerlendirme sonucunda Trisomy 13, 15 ve 18, anensefali, kompleks konjenital kalp hastalıkları, renal agenezis, cücelik, hidroanensefali, 23 haftanın altındaki prematürite, oligohidroamniyozla seyreden uzamış erken membran rüptürü, hipoplastik sol kalp sendromu, çoklu anomaliler ve ciddi diyafragmatik herni gibi; maternal ya da fetal nedenlere bağlı olarak yaşamı kısıtlayan ya da uzun dönem yaşama olasılığı düşük olan durumların saptandığı ailelere PPB hizmeti sunulmaktadır (Leuthner, 2004).

Tanının ardından anne-baba adayları, gebeliğin tıbbi olarak sonlandırılması ile gebeliğin devam ettirilmesi arasında kritik bir seçim yapmak zorunda kalır. Bu kararda hem fetüsün hem de annenin sağlığı dikkate alınmalı; ebeveynlerin doğru tercihi yapabilmesi için yeterli tıbbi bilgiye, etkili danışmanlık hizmetine ve her iki seçeneğin getirdiği zorluklarla baş etme becerilerine sahip olmaları gerekmektedir. Bu nedenle PPB, yaşamı tehdit eden bir durumun prenatal tanıyla belirlenmesinin ardından gebeliği sürdürmeyi tercih eden ailelere odaklanmakta ve bakım süreci, bütüncül bir perspektifle bu aşamada başlamaktadır (Munson ve Leuthner, 2007).

Prenatal tanıdan başlayarak doğum ve ölüm süreçlerine uzanan bakım; multidisipliner bir ekibin eşgüdümlü çalışmasıyla yürütülmektedir. Bu ekip; PPB koordinatörü, kadın doğum ve perinatoloji uzmanları, genetik danışman, anestezist, yenidoğan hekimleri, kadın doğum hemşiresi, ebe, yenidoğan yoğun bakım hemşiresi, psikolog, psikiyatrist, sosyal hizmet uzmanı, emzirme danışmanları ve gerektiğinde din görevlisinden oluşmaktadır (Roush ve ark., 2007). Ekibin her üyesi bakımın farklı aşamalarında aktif rol almakta ve süreç boyunca hem birbirleriyle hem de aileyle sürekli iletişim hâlinde bulunmaktadır.

2.2.Perinatal Palyatif Konfor Bakımı için Hasta Seçimi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Perinatal palyatif konfor bakımına yönelik değerlendirme süreci, öncelikle yaşamı sınırlayıcı bir fetal anomalinin tanımlanmasını gerektirir. Bu tür bir tanı, çoğu zaman fetal görüntüleme yöntemleri veya genetik analizler aracılığıyla net biçimde ortaya konabilse de, kimi durumlarda maternal–fetal tıp uzmanlarının, genetik uzmanlarının ve pediatrik alt branş hekimlerinin birlikte yürüttüğü disiplinlerarası bir değerlendirme sürecine ihtiyaç duyulabilir. Bununla birlikte, prenatal dönemde yaşamı sınırlayıcı bir prognoz belirleme konusundaki tıbbi olanaklar gelişmiş olsa da bu süreç kesinlik taşımamaktadır. Yapılan bir çalışmada perinatal palyatif bakım sunulan 49 gebede retrospektif bir çalışma yapılmış ve dört vakada doğum sonrası dönemde yaşamı sınırlayıcı olduğuna inanılan prenatal tanının doğrulanmadığı bildirilmiştir (Parravicini ve Lorenz, 2014). Ayrıca, prenatal genetik tanının öngördüğü kadar ağır ilerlemeyen bazı fenotipik durumların da doğum sonrası dönemde ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Kidszun ve ark., 2016). Bu durum, mevcut prognostik belirsizliklerin mutlaka göz önünde bulundurulmasını ve olası olduğunda tanının doğum sonrası doğrulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Prenatal olarak yaşamı sınırlandıracağı düşünülen bir tanı söz konusu olduğunda, bilgilendirilmiş onam ilkeleri gereği hastaya karar verebilmesi için yeterli kapsamda ve ayrıntıda bilgi sunulmalıdır (ACOG, 2009). Sağlık profesyonellerinin, hastanın kültürel değerlerine ve inançlarına saygı gösteren, empatik ve etkili bir iletişim yaklaşımı benimsemeleri ve ortak karar verme sürecini desteklemeleri önerilmektedir (ACOG, 2014). Bu süreçte sunulan bilgiler; mevcut tanının açıklanmasını, beklenen prognozu, hastalığın doğal seyrini etkileyebilecek olası müdahaleleri ve tanı ile prognoza dair belirsizliklerin açıkça ifade edilmesini içermelidir. Ayrıca gebelik sonlandırma seçenekleri (yasal koşullar çerçevesinde), doğum öncesi ve sonrası yaşamı sürdürme odaklı tedaviler ile yaşamı uzatma amacı taşımadan konfor ve yaşam kalitesini artırmaya yönelik palyatif uygulamalar da dâhil olmak üzere tüm bakım alternatifleri kapsamlı biçimde konuşulmalıdır.

Gebeler bu görüşmelere eşlerini, partnerlerini, aile bireylerini, sevdiklerini, güvendikleri sağlık profesyonellerini ya da ihtiyaç duyduklarında manevi ve dini danışmanları dâhil etmek isteyebilirler. Karar verme sürecinin psikolojik yükünün yalnızca gebeyi değil, aile üyelerini de etkileyebileceği göz önüne alındığında, palyatif bakım ekibinin duygusal, manevi ve ruhsal destek sunmaya hazır olması önemlidir. Gebe, ailesi ve palyatif bakım ekibi arasında yürütülen ortak karar alma modeli, etkili bir palyatif bakım hizmetinin ve olumlu bir hasta deneyiminin temel bileşenleri arasında yer alacaktır (ACOG, 2014). Bir hasta perinatal palyatif konfor

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

bakımını tercih ettiğinde, bu bakımın yürütülmesi için gerekli altyapıya ve uzmanlığa sahip multidisipliner bir ekip oluşturulmalıdır. Mevcut literatürde perinatal palyatif bakım sunumunda "en iyi" modeli destekleyen güçlü kanıtlar bulunmamaktadır (Balaguer ve ark., 2012). Bu nedenle kurumlar, personel kapasitesi, kaynakları ve klinik uygulama anlayışlarına göre farklı bakım modelleri geliştirebilmektedir. Etkili bir perinatal palyatif bakım ekibi; obstetrisyenleri, neonatologları, pediatrik palyatif bakım konusunda yetkin profesyonelleri, hemşireleri, sosyal hizmet uzmanlarını, ruh sağlığı uzmanlarını, manevi danışmanları, laktasyon danışmanlarını ve çocuk yaşam uzmanlarını içerebilir. Bu ekibin temel amacı; gebelik sürecinden doğuma, doğumdan postpartum ve yenidoğan dönemine kadar bakımın ve desteğin kesintisiz bir şekilde sürdürülmesini sağlamaktır.

2.3.Zorluklar ve Faydalar

Perinatal palyatif bakım her geçen yıl daha fazla önem kazanan bir alan olmasına rağmen, ülke genelindeki kullanım oranları oldukça düşük seyretmektedir. Ulusal çapta 40'tan fazla çocuk hastanesinin verilerini içeren retrospektif bir kohort çalışmasında, yenidoğanların tüm hastane ölümlerinin %41'ini oluşturduğu ancak bunların yalnızca %2'sinin palyatif bakım hizmeti alabildiği bildirilmiştir. [11] Perinatal palyatif bakımın sınırlı kullanımına katkıda bulunan başlıca unsurlar arasında programlara erişim güçlükleri, ailelerin bakım hizmetine ulaşmasındaki engeller ve hekim eğitimi ile öğretimine ilişkin yetersizlikler yer almaktadır. Bu engellere rağmen, mevcut literatür bu programların sağladığı yararların geliştirilerek yaygınlaştırılmasını desteklemektedir (Keele ve ark., 2013).

Perinatal palyatif bakım programlarının hayata geçirilmesinin, yaşamı kısıtlayıcı bir duruma sahip olduğu düşünülen yenidoğanlara sunulan bakımın niteliğini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bölgesel bir IV. seviye yenidoğan yoğun bakım ünitesinde yapılan retrospektif bir çalışmada, programın başlatılmasının bakımın yönlendirilmesinde artışa, palyatif ilaç kullanımında belirgin yükselmeye ve yaşam sonu müdahalelerindeki gereksiz değişimlerin azalmasına yol açtığı ortaya konmuştur (Samsel ve Lechner, 2015). Nitel araştırmalar da bu programların değerini desteklemektedir. Yaşamı sınırlayan bir hastalığa sahip yenidoğanları için standart bir programa katılan ebeveynlerin bakım algılarının incelendiği tek merkezli bir çalışmada, katılımcıların çoğu bebeklerinin "şefkatli, huzurlu ve müdahalesiz bir ortamda" saygılı bir bakım aldığını ve bu süreçte kendilerinin de genel bir rahatlama yaşadığını ifade etmiştir (Parravicini ve ark., 2018).

Doğum öncesinde yaşamı sınırlayan bir hastalık tanısı almak, aileler için yoğun stres yaratan bir süreç olup keder, kayıp ve kaygı gibi güçlü duygusal tepkileri beraberinde getirebilmektedir.[15] Mevcut literatür, ebeveynlerin perinatal palyatif bakım programlarına katılımının bu zorlu tanıya uyum sağlamalarını kolaylaştırabileceğini göstermektedir. Yaşamı sınırlayan fetal bir tanı aldıktan sonra gebeliklerini sürdürmeyi tercih eden ebeveynlerle yapılan bir çalışmada, palyatif bakım her aileye sunulmamış olsa dahi, ebeveynlerin çoğunun doğumdan sonra "bebekleriyle tanışma" deneyiminden memnun olduğu; bu durumun yenidoğanın doğumdan kısa süre sonra yaşamını yitirdiği veya ölü doğduğu durumlarda bile geçerli olduğu bildirilmektedir (Cote-Arsenault ve Denney-Koelsch, 2016).

2.4.Etik Hususlar

Kadınların kendi bedenlerine ilişkin kararlar üzerinde söz sahibi olmaları esastır ve yaşamı sınırlayan fetal bir tanının yol açtığı karmaşık bir gebeliğin nasıl yönetileceğine dair nihai karar da kadınlara ait olmalıdır (ACOG, 2016). Perinatal palyatif konfor bakımı; gebeliğin sonlandırılması (kürtaj), tam kapsamlı yenidoğan resüsitasyonu ve tedavisi gibi seçenekleri içeren geniş bir bakım yelpazesinin bir unsurudur ve yaşamı kısıtlayan fetal durumlarla komplike hale gelen gebeliklerde tüm bu seçenekler gebe bireylere sunulmalıdır. Nitekim bilgilendirilmiş onam ilkeleri, etik açıdan kabul edilebilir ve klinik olarak makul olan tüm seçeneklerin hastaya eksiksiz bir şekilde aktarılmasını zorunlu kılar (ACOG, 2009).

Perinatal palyatif bakımın gebelere sunulması, onların özerkliğini güçlendirme ve olumlu bir bakım deneyimi oluşturma fırsatı olarak değerlendirilmelidir. Sağlık profesyonelleri, hastaları ve ailelerini ortak karar alma süreçlerinde desteklemeli; bireysel özerkliklerine, duygusal yüklerine ve karmaşık ilişkisel dinamiklerine saygı göstermelidir. Aynı zamanda aile bireyleri, eşler, partnerler ya da sağlık çalışanları tarafından gelebilecek olası baskı ve yönlendirmelere karşı da hassas olunmalıdır (ACOG, 2011). Bununla birlikte, doğum sonrası dönemde yenidoğana yönelik karmaşık etik kararların alınmasında, mümkün olduğunda her iki ebeveynin görüş ve katılımının sağlanması önem taşımaktadır.

3. SAĞLIK PROFESYONELLERİNİN PERİNATAL PALYATİF BAKIMDAKİ ROLÜ

Gelişmiş ülkelerde profesyonel bir bakım modeli olarak etkin biçimde uygulanan perinatal palyatif bakımın (PPB) en önemli hizmet sağlayıcıları hemşirelerdir. Bu alanda özel eğitim ve

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

sertifikasyon alan hemşireler, PPB ekibinin vazgeçilmez bir parçasını oluşturmakta ve çoğu zaman ekip koordinatörü olarak görev yapmaktadır. Aileyle en etkili iletişimi kurabilen sağlık profesyonelleri olmaları nedeniyle hemşireler, sürecin her aşamasında kritik bir role sahiptir (Engelder ve ark., 2012).

Sağlık profesyonelleri PPB kapsamında aile merkezli bakımın yürütücüsüdür. Gebelik veya doğum sonrası dönemde kayıp yaşayan aile bireylerinin gereksinimlerinin birbirinden farklı olabileceğini bilir ve yaşam kalitesini desteklemek amacıyla her birey için farklı bakım yaklaşımlarının gerekli olabileceğinin farkındadır. Aileye ilişkin verileri toplarken, bunları değerlendirip ekip üyeleri ile paylaşırken bu farklılıkları daima göz önünde bulundurur (Brezee ve ark., 2007).

PPB ‘de sağlık profesyonelinin temel sorumlulukları şu şekilde özetlenebilir:

■ Vaka yöneticisi olarak süreci koordine eder.

■ Bakım verilecek aileye ilişkin bilgileri toplar, değerlendirir ve ekiple paylaşır.

■ Prenatal tanı sonrasında aileye duygusal ve bilgilendirici destek sağlar.

■ Aile için planlanan bakımın uygulanmasında ekibe katkıda bulunur.

■ Gebelik sürecinde düzenli ekip–aile toplantıları organize ederek durumu yeniden değerlendirir ve gerekli güncellemelerin yapılmasını sağlar.

■ Gebelik kontrolleri için randevuları düzenler, aileyi karşılar ve süreç boyunca rehberlik eder.

■ Benzer deneyimlere sahip ailelerle iletişim kurulmasına aracılık eder.

■ Doğum ya da gebeliğin sonlandırılması için hastaneye yatış sırasında, odanın aile isteklerine göre hazırlanmasına yardım eder.

■ Aileyi bakım merkezindeki misafirhaneler konusunda bilgilendirir.

■ Doğumun gerçekleşeceği alanı ve yenidoğan yoğun bakım ünitesini ailenin taleplerine göre hazırlar; indüksiyon sırasında anneye eşlik eder ve nonfarmakolojik ağrı yönetimi yöntemlerini uygular.

■ Doğum eylemi dahil tüm süreç boyunca aile ile sürekli iletişim hâlindedir ve aktif destek sunar.

■ Bebeğin yaşam süresi boyunca beslenme, banyo ve diğer temel bakım ihtiyaçlarında aileye destek olur.

■ Ailenin bebeğe ilişkin anı oluşturma süreçlerine rehberlik eder.

■ Kayıp gerçekleştiğinde, ekip tarafından belirlenen zaman aralıklarında aileyi ziyaret eder.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

■ Ailenin hazır oluşluk durumunu değerlendirir ve uygun zamanda genetik danışman ve psikolog ile görüşmelerini sağlar.

Perinatal kayıplar; ailede yoğun yas tepkilerine, gelecek gebeliklere yönelik kaygılara ve sosyal ya da evlilik yaşamını olumsuz etkileyebilecek sorunlara yol açabilir. Bu nedenle kadınların perinatal kayıp sonrası gebeliğe verdikleri yanıtların değerlendirilmesi ve etkili baş etme yöntemlerinin desteklenmesi önemli bir görevdir. Ayrıca PPB alanında çalışan sağlık profesyonellerinin kanıt temelli uygulamaları bakım modeline entegre etmeleri ve klinik rehberlerin oluşturulmasına katkı sağlamaları, PPB'nin uygulanabilirliğini artıran önemli unsurlardır (Wool, 2013).

KAYNAKÇA

ACOG and American Academy of Pediatrics, Maternal–fetal intervention and fetal care centers. Committee Opinion No. 501, Obstet Gynecol, 118: 405–410, 2011.

ACOG Committee on Obstetric Practice, Effective patient–physician communication. Committee Opinion No. 587, Obstet Gynecol, 123: 389–393, 2014.

ACOG Committee on Obstetric Practice, Informed consent. Committee Opinion No. 439, Obstet Gynecol, 114: 401–408, 2009.

ACOG Committee on Obstetric Practice, Refusal of medically recommended treatment during pregnancy. Committee Opinion No. 664, Obstet Gynecol, 127: e175–182, 2016.

Balaguer, A., Martín-Ancel, A., Ortigoza-Escobar, D., Escribano, J., Argemi, J., The model of Palliative Care in the perinatal setting: a review of the literature, BMC Pediatr, 12: 25–25, 2012.

Bergstraesser, E., Pediatric palliative care: a reflection on terminology, Palliat Care, 7: 31–36, 2013.

Breeze, A.C., Lees, C.C., Kumar, A., Missfelder-Lobos, H.H., Murdoch, E.M., Palliative care for prenatally diagnosed lethal fetal abnormality, Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 92(1): F56–F58, 2007.

Cote-Arsenault, D., Denney-Koelsch, E., “Have no regrets:” parents' experiences and developmental tasks in pregnancy with a lethal fetal diagnosis, Soc Sci Med, 154: 100–109, 2016.

Engelder, S., Davies, K., Zeilinger, T., Rutledge, D., A model program for perinatal palliative services, Adv Neonatal Care, 12(1): 28–36, 2012.

Heron, M., Deaths: Leading Causes for 2016, Natl Vital Stat Rep, 67: 1–77, 2018.

Hoeldtke, N.J., Calhoun, B.C., Perinatal hospice, Am J Obstet Gynecol, 185: 525–529, 2001.

Keele, L., Keenan, H.T., Sheetz, J., Bratton, S.L., Differences in characteristics of dying children who receive and do not receive palliative care, Pediatrics, 132: 72–78, 2013.

Kidszun, A., Linebarger, J., Walter, J.K., Paul, N.W., Fruth, A., Mildenberger, E., et al., What if the prenatal diagnosis of a lethal anomaly turns out to be wrong?, Pediatrics, 137: e20154514, 2016.

Leuthner, S.R., Fetal palliative care, Clin Perinatol, 31(3): 649–665, 2004.

Munson, D., Leuthner, S.R., Palliative care for the family carrying a fetus with a life-limiting diagnosis, Pediatr Clin North Am, 54(5): 787–798, 2007.

Parravicini, E., Daho', M., Foe, G., Steinwurtzel, R., Byrne, M., Parental assessment of comfort in newborns affected by life-limiting conditions treated by a standardized neonatal comfort care program, J Perinatol, 38: 142–147, 2018.

Parravicini, E., Lorenz, J.M., Neonatal outcomes of fetuses diagnosed with life-limiting conditions when individualized comfort measures are proposed, J Perinatol, 34: 483–487, 2014.

Roush, A., Sullivan, P., Cooper, R., McBride, J.W., Perinatal hospice, Elsevier Inc, 7(4): 216–221, 2007.

Samsel, C., Lechner, B.E., End-of-life care in a regional level IV neonatal intensive care unit after implementation of a palliative care initiative, J Perinatol, 35: 223–228, 2015.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Wool, C., State of the science on perinatal palliative care, J Obstet Gynecol Neonatal Nurs, 42(3): 372–382, 2013.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ERGONOMİK RİSK FAKTÖRLERİNİN HASTANE ÖNCESİ ACİL SAĞLIK ÇALIŞANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, AYHAN KISA
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
prmayhankisa@gmail.com - 0009-0000-7881-2883

Dr.Öğr.Üyesi, AYŞİN AŞKIN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
aysinaskin@comu.edu.tr - 0000-0001-8573-3518

ÖZET

Bu çalışma ergonomik faktörlerin hastane öncesi acil sağlık hizmeti çalışanları üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Hastane öncesi acil sağlık hizmeti çalışanları herhangi bir acil durumda görev yapan ilk müdahale ekipleridir. Acil durumdaki ilk müdahale ekibi olan bu çalışanlar görevleri gereği gerekli olan acil tıbbi müdahaleyi en kısa zamanda gerçekleştirmektedir. Değişken çevre koşulları altında hizmet veren çalışanların bu süreci iyi yönetebilmeleri fiziksel olarak yoğun çaba göstermeleri ve hızlı karar almalarını gerektirmektedir. Bu dinamik ve çoğu zaman öngörülemez ortam, çalışanların sağlığı ve güvenliğini etkileyen ergonomik faktörler açısından birçok risk unsurları ile karşı karşıya kalmalarına neden olmaktadır. Hasta taşıma, ekipman kaldırma, dar alanlarda müdahale etme, uzun süre ayakta kalma ve gece vardiyalarında çalışma gibi durumlar kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Enfekte hastalarla temas ya da vücut sıvılarına maruz kalma gibi biyolojik tehlikeler, dezenfektanlar, ilaç aerosolleri, radyolojik ve nükleer maddelere maruziyet gibi kimyasal tehlikeler, uzun çalışma saatleri, stres vb. gibi psikososyal risk faktörleri de maruz kaldıkları etkenlere örnek olarak verilebilir. Ergonomik risklerin bu çok boyutlu etkileri, sadece çalışan sağlığını değil, aynı zamanda iş verimliliğini, hasta güvenliğini ve hizmet kalitesini de doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, çalışma koşullarının ergonomi ilkelerine uygun şekilde düzenlenmesi hem çalışanlar hem de sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, Acil Sağlık Çalışanları, Çalışma Ortamı.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EFFECTS OF ERGONOMIC RISK FACTORS ON PRE-HOSPITAL EMERGENCY HEALTH WORKERS

Postgraduate Student, AYHAN KISA
Çanakkale Onsekiz Mart University,
prmayhankisa@gmail.com- 0009-0000-7881-2883

Assistant Professor, AYŞİN AŞKIN
Çanakkale Onsekiz Mart University,
aysinaskin@comu.edu.tr - 0000-0001-8573-3518

ABSTRACT

This study was conducted to examine the effects of ergonomic factors on prehospital emergency healthcare workers. Prehospital emergency healthcare workers are the first responders in any emergency. As the first responders in an emergency, they provide the necessary emergency medical interventions in a short timeframe. Effective management of these processes requires employees working under variable environmental conditions to exert intense physical effort and make rapid decisions. This dynamic and often unpredictable environment exposes employees to numerous ergonomic risks that impact their health and safety. Situations such as patient handling, lifting equipment, responding in confined spaces, standing for long periods, and working night shifts can lead to various health problems, including musculoskeletal disorders. Examples of factors they are exposed to include biological hazards such as contact with infected patients or exposure to body fluids; chemical hazards such as exposure to disinfectants, pharmaceutical aerosols, radiological and nuclear materials; and psychosocial risk factors such as long working hours and stress. These multidimensional effects of ergonomic risks directly impact not only employee health but also work efficiency, patient safety, and service quality. Therefore, arranging working conditions in accordance with ergonomic principles is crucial for both employees and the sustainability of healthcare services.

Keywords: Ergonomics, Emergency Health Workers, Work Environment.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TÜRKİYE'DE GELİŞİMSEL TARAMALAR VE ENGELLİ ÇOCUĞUN TESPİTİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ

Doç. Dr. Filiz ÖZKAN

Erciyes Üniversitesi

filizozkan@erciyes.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7286-3548

ÖZET

Gelişimsel tarama, tipik gelişim gösteren akranlarından farklı gelişim özellikleri sergileyen çocukların belirlenmesi amacı ile gelişimsel risk faktörlerini belirleyerek temel gelişim alanlarının değerlendirilmesidir. Türkiye'de 3-9 yaş engelli çocukların toplam nüfusa oranı %2,3'tür. Bu oran, gelişimsel taramaların yapılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Birinci basamak sağlık hizmetleri çocuk ve ailesinin ilk ele alındığı sağlık kuruluşlarıdır. Birinci basamak sağlık hizmetlerinde halk sağlığı hemşireleri, çocukların büyüme ve gelişme takibi, ailelere rehberlik, koruyucu sağlık hizmetleri, riskli grupların belirlenmesi ve çocuk haklarının korunması gibi çok yönlü görevler üstlenir. Özellikle dezavantajlı gruplar için hemşireler bakım verici, eğitici, savunucu ve danışman rollerini aynı anda yürütmektedir. Çalışmalar, birinci basamak sağlık hizmetlerinde çalışan personelin gelişimsel taramanın önemli bir parçası olduğunu göstermiştir. Ülkemizde birinci basamakta çocuk gelişimi; 'Aile Hekimliği Uygulamasında Önerilen Periyodik Sağlık Muayeneleri ve Tarama Testleri Rehberi', 'Bebek, Çocuk, Ergen İzlem Protokolleri', 'Otizm Spektrum Bozukluğu Tarama ve Takip Programı' ve 'Okul Sağlığı Hemşirelerinin Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönerge' kapsamında yapılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda; bu programların işleyişi, kullanılan araçlar, işbirliği ve çalışanların bilgi düzeyi, zaman yetersizliği gibi problemler yaşandığı, bu sebeple izlemler ile ilgili aksaklıkların yaşandığı belirtilmektedir.

Sonuç olarak, engelli çocuğun tespitinde halk sağlığı hemşirelerinin kullandığı gelişimsel taramaların ele alınmasının hemşirelerin konuya ilişkin bilgi ve farkındalık düzeyinin artırılması ve erken tanı, tedavi süreçlerinin başarısının yükseltilmesinde yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gelişimsel tarama, Halk sağlığı, Hemşirelik, Türkiye

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GİRİŞ:

Tipik gelişim göstermeyen çocukların belirlenmesinde gelişimsel taramaların önemli bir yeri bulunmaktadır. Gelişimsel taramaların yapılması, toplumun ve ailenin bu konuda bilgilendirilmesi ve sürecin yürütülmesinde halk sağlığı hemşirelerinin rolleri oldukça önemlidir. Türkiye, ulusal politikalar ve programlar aracılığıyla bu süreçleri sistematik hale getirerek, erken tarama hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve daha erişilebilir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Gelişimsel taramalar, çocukların fiziksel, zihinsel ve sosyal gelişimlerini izleyerek sorunları erken dönemde tespit etmek için kullanılır. Bu noktada, halk sağlığı hemşirelerinin sorumlulukları arasında ailelerle iletişim kurmak, süreçleri planlamak, tarama araçlarını uygulamak ve süreci takip etmek yer alır. Bu uygulamaların başarısı, toplumdaki farkındalık düzeyine ve ailelerin katılımına bağlıdır. Böylece halk sağlığı hemşireliği, çocuk gelişim taramaları sırasında eğitici ve yönlendirici olarak çalışarak erken müdahale şanslarını artırmak ve gelişimsel sorunların yayılmasını önlemek açısından oldukça önemlidirler.

Gelişimsel tarama, tipik gelişim gösteren akranlarından farklı gelişim özellikleri sergileyen çocukların belirlenmesi amacı ile gelişimsel risk faktörlerini belirleyerek temel gelişim alanlarının değerlendirilmesidir. Bu taramalar, çocukların motor, dil, sosyal, bilişsel ve duygusal gelişimlerini derinlemesine inceler ve bu da erken yaşta gelişimsel farklılıkların belirlenmesine yardımcı olur. Tespit sürecinin doğruluğunu artırmak için çocukların gelişimsel sürecinde yaş kriterlerine uygun ve güvenilir tarama araçlarının kullanılması çok önemlidir. Tarama sonucunda ortaya çıkan sorunlar için ayrıntılı değerlendirmeler ve müdahale planları da yapılır. Gelişimsel taramanın temel amacı, çocukları gelişimsel gecikmeler veya engellilik riskleri açısından belirlemek, onları erken müdahale hizmetlerine yönlendirmek ve çocuğun yaşam kalitesini iyileştirmektir. Birincil koruma arasında, taramalar yoluyla ailelerin bilinçlendirilmesi ve farkındalık seviyelerinin artırılması yer almaktadır. Gelişimsel taramanın uygulanmasında halk sağlığı hemşireleri toplumun ve ailelerin bilgilendirmesini sağlayarak hizmete ulaşımları kolaylaştırılabilecektir. İkincil koruma bazında hemşirelerin taramaları doğru bir şekilde uygulayabilmeleri önem kazanmaktadır. Bu boyutta hemşirelerin eğitimi ve deneyimleri, doğru ve etkili tarama tekniklerinin kullanılması, erken tanı ve müdahale süreçlerinin etkinliğinin sağlanmasında önemlidir. Ek olarak, aile ve çocuk sağlığı merkezlerinde entegre olarak yürütülen halk sağlığı hemşireliği alanındaki mevcut uygulamalar, toplumsal sağlık seviyesini yükseltmeye de yardımcı olacaktır. Gelişimsel taramaların etkili ve düzenli olarak uygulanması, erken tanı ve tedavinin başarısı için çok önemlidir. Sonuç olarak, tarama süreçlerindeki kaliteyi garanti edecek mekanizmalar geliştirilmeli, uygun araçların kullanılması ve sürekli eğitimler sağlanmalıdır.

Gelişimsel tarama süreçlerinde önemli roller oynayan halk sağlığı hemşireleri, erken tanı ve müdahale için büyük sorumluluklar üstlenirler. Bu süreçte çocukların gelişimlerinin normalden sapma durumlarını tespit ederek gelişimsel gerilik ve risklerin tespitini yaparlar. Ek olarak, aileleriyle iletişim kurarak erken belirtileri fark etmelerini, bilgilendirmelerini ve yönlendirmelerini sağlarlar. Gelişimsel gerilikler veya farklılıklar tespit edildiğinde, ilgili sağlık uzmanlarıyla işbirliği yaparlar ve gerekli müdahalelerin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlarlar. Bu süreç boyunca, bireysel, toplumsal ve sistemsel engellerin tespit edilmesi ve aşılması için toplum farkındalığını artırmaya çalışırlar. Ayrıca, hasta haklarına saygı göstererek

ve etik ilkelere uygun olarak verilerini koruyarak güvenli bir ortam sağlarlar. Bu görevler, hemşirelerin çocukların sağlığı ve gelişimini desteklemek için sistemli yaklaşımlara ve disiplinlerarası işbirliğine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Hemşirelerin ailelerle iletişim kurma ve bilinçlendirme, toplumda farkındalığı artırma ve erken müdahale süreçlerine katılımı artırma, sürecin takibi çalışmaları çocukların gelişimsel sorunlarının erken yaşta tespit edilmesini sağlayarak yaşam kalitesini yükseltir. Çalışmalar, birinci basamak sağlık hizmetlerinde çalışan personelin gelişimsel taramanın önemli bir parçası olduğunu göstermiştir (Barger et all., 2022; Mazurek et all., 2022). Ülkemizde birinci basamakta çocuk gelişimi; 'Aile Hekimliği Uygulamasında Önerilen Periyodik Sağlık Muayeneleri ve Tarama Testleri Rehberi', 'Bebek, Çocuk, Ergen İzlem Protokolleri', 'Otizm Spektrum Bozukluğu Tarama ve Takip Programı' ve 'Okul Sağlığı Hemşirelerinin Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönerge' kapsamında yapılmaktadır.

Halk sağlığı hemşirelerinin, tarama uygulamalarında kalite kontrol sistemlerini geliştirmek için eğitim almaları gerekmektedir. Bu şekilde gelişimsel geriliklerin erken fark edilmesi ve uygun müdahalelerin planlanması kolaylaşacaktır. Ancak yapılan çalışmalarda; bu programların işleyişi, kullanılan araçlar, işbirliği ve çalışanların bilgi düzeyi, zaman yetersizliği gibi problemler yaşandığı, bu sebeple izlemler ile ilgili aksaklıkların yaşandığı belirtilmektedir (Kılıçaslan ve ark., 2022; Keklik & Nazik, 2021; Kemer ve ark. 2025; Özkan ve ark. 2025; Ayaz, 2014). Elde edilen kanıtlar, halk sağlığı hemşireliğinin bu alanda önemli bir rol oynadığını gösterse de, entegre bir sistem oluşturmak için politika destekleri ve sistematik iyileştirmeler gerekli olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, hemşirelerin eğitim seviyeleri ve disiplinlerarası işbirliği becerileri artırıldığında, politika desteği ile süreçlerin daha verimli hale gelebileceği düşünülmektedir.

Kaynakça:

Al Sharif, A. A., Al Buainain, H. S., Al Buainain, A. S., Al Tanbakti, R. M. A., Abdul Aziz, K. S., Majrashi, J. A., Alharthi, A. O., Alotaibi, H. A., Adawai, A. H. A., & Al-Ghamdi, M. A. (2024). The role of pediatric nurses in promoting child health and well-being. Journal of International Crisis and Risk Communication Research, 164–170. https://doi.org/10.63278/jicrcr.vi.634

Artuvan, Z., Altıntaş, M., & Yiğit, R. (2021). Sokakta yaşayan/çalışan çocuklar ve pediatri hemşiresinin rolü. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hemşirelik Dergisi. https://doi.org/10.48071/sbuhemsirelik.870205

Ayaz, S. (2014). İlköğretim öğretmenlerinin okul sağlığı hemşireliğine ilişkin görüşleri. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 1(2), 42–52.

Barger, B., Benevides, T., Rizk, S., Rice, C., Heiman, H., Salmon, A., & Sanchez-Alvarez, S. (2022). Race/ethnic inequities in conjoint monitoring and screening for U.S. children 3 and under. Disability and Health Journal, 15(1), 101179.

Keklik, D., & Nazik, E. (2021). Türkiye'deki hemşirelerin çocukluk otizmi hakkındaki bilgisi: Kesitsel tanımlayıcı bir çalışma. Perspectives in Psychiatric Care, 57, 1637–1644.

Kemer, D., Solmaz, F., Kılıçaslan, F., & Karataş, H. (2025). Pediatric nurses' knowledge about childhood autism and difficulties they face during nursing practices in Turkey. Journal of PeriAnesthesia Nursing. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.jopan.2024.10.021

Kılıçaslan, F., Karataş, H., Kulu, H., & Solmaz, A. (2022). Türkiye'nin güneydoğusundaki aile sağlığı merkezlerinde çalışan hemşirelerin çocukluk otizmi hakkındaki bilgileri. Uluslararası Gelişimsel Engelliler Dergisi, 70, 824–832. https://doi.org/10.1080/20473869.2022.2149063

Mazurek, M. O., Kuhlthau, K., Parker, R. A., Chan, J., & Sohl, K. (2021). Autism and general developmental screening practices among primary care providers. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 42(5), 355–362.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2025). Okul sağlığı hemşirelerinin çalışma usul ve esasları hakkında yönerge. https://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/2121.pdf(Erişim tarihi: 22 Kasım 2025).

Özkan, F., Alp, Z. A., Birgül, F., & Ulutabanca, R. Ö. (2024). Birinci basamak sağlık hizmetlerinde çalışan sağlık personelinin 0–36 ay çocuk gelişim tarama programlarını kullanma durumları. Sağlık Bilimleri ve Klinik Araştırmaları Dergisi, 3(3), 142–157.

Richter, L. M., Tomlinson, M., Watt, K., Hunt, X., & Lindland, E. H. (2019). Early means early: Understanding popular understandings of early childhood development in South Africa. Early Years, 39(3), 295–309. https://doi.org/10.1080/09575146.2019.1613346

Sağlık Bakanlığı. (2010). Hemşirelik yönetmeliği.

T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2022). Engelli ve yaşlı istatistik bülteni 2022. https://www.aile.gov.tr/media/98625/eyhgm_istatistik_bulteni_ocak_2022.pdf (Erişim tarihi: 22 Şubat 2025).

T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. (2025). Otizm spektrum bozukluğu tarama ve takip programı. https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/kronik-ruhsal-hastaliklar/osb.html (Erişim tarihi: 22 Kasım 2025)

T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Çocuk ve Ergen Sağlığı Dairesi Başkanlığı. (2018). Bebek, çocuk, ergen izlem protokolleri. (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024)

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEĞİŞEN DÜNYA VE TEKNOLOJİ PERSPEKTİFİNDE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ

Doç. Dr. Filiz ÖZKAN

Erciyes Üniversitesi

filizozkan@erciyes.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7286-3548

ÖZET

Dijital dönüşüm, halk sağlığı alanında köklü değişikliklere yol açmaktadır. Dijital sağlık teknolojileri hastalıkların önlenmesi, tanı, izleme ve tedavi süreçlerinin verimliliğini artırmakta; bireylerin kendi sağlıklarını yönetmelerine ve sağlık hizmetlerine erişimlerinin kolaylaşmasına katkı sağlamaktadır. Kişiselleştirilmiş sağlık yönetimini; mobil sağlık uygulamaları, giyilebilir teknolojiler ve akıllı cihazlar desteklemektedir. Halk sağlığında önemli bir yere sahip olan erken uyarı sistemi, salgın yönetimi ve hastalık takibi büyük veri ve yapay zekâ tabanlı analizleri ile yapılabilmektedir.

Halk sağlığı açısından dijitalleşme tedaviden daha çok önlemeye odaklanmakta, toplumun sağlık gereksinimlerinin merkezde yer aldığı, birey ve toplumun güçlenmesine yardımcı olduğu ve sağlık sistemlerini güçlendirdiği belirtilmektedir. Tüm bunlar büyük veri analizleri, tahmin modellerinin geliştirilebilmesi, kişiselleştirebilme ve etkileşim ile mümkün kılınmaktadır. Bu sebeple dijitalleşme yalnız süreç içerisinde yaşanmamakta halk sağlığı hizmetlerinin kültürünü, işleyişini ve hedeflerini kökten değiştirmektedir.

Teknolojideki bu ilerlemeler, toplumun sağlık okuryazarlığı, etik, veri güvenliği ve mahremiyet gibi bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Ayrıca dijitalleşmenin eşitsizlikleri bölgeler arasında arttırdığının bulunması da diğer sorunlardan biridir.

Dijital dönüşümün kültürel ve yapısal etkileri, halk sağlığı hemşireliğinin uygulama alanlarının yeniden tanımlanmasını; hemşirelerin teknoloji okuryazarlığı, dijital etik, veri yönetimi ve disiplinlerarası işbirliği konularında yetkinlik kazanmasını gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Halk sağlığı, Hemşire, Teknoloji

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GİRİŞ

Dijital dönüşüm, topluma ve sağlık sektörüne fayda sağlamak için kullanılan dijital teknoloji değişikliklerini ifade eder. Sağlık sistemlerinin, sağlık hizmetlerinin sunumunu iyileştirmek ve tıbbi sorunlarda iyileşme sağlamak için yenilikçi çözümler üretmek amacıyla dijital teknoloji kullanması gerekir. Sağlık hizmetlerinin dijital dönüşümü ise internet, dijital teknolojiler ve bunların yeni tedaviler ve daha iyi sağlık yönetimi prosedürleri için kullanılmasını içerir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Dijital Sağlık 2020-2025 Küresel Strateji Taslağı'nda "dijital sağlık"ı, insanların sağlığını iyileştirmek için elektronik teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımına odaklanan bilgi ve uygulama alanı olarak tanımlamaktadır. Bu stratejinin temel amacı, dijital teknolojinin sağlık sistemlerine entegre edilmesi ve sağlık hizmeti sağlayıcıları, sağlık çalışanları, hastalar, halk sağlığı yetkilileri ve akademik ve araştırma kurumları arasında iletişimi kolaylaştıran, birlikte çalışabilir bir dijital sağlık ortamının teşvik edilmesidir.

Tıbbi teknoloji ilerledikçe ve halk sağlığı talepleri arttıkça, modern tıp odağını tedavi odaklı olmaktan, önleme ve tedavi sonrası bakıma kaydırmaktadır. Bu geçiş, halk sağlığı standartlarını korumak için ileri teknolojilere duyulan ihtiyacı ortaya koymakta ve dijital sağlık teknolojilerinin (DST) rolü giderek önem kazanmaktadır. Bu teknolojiler, hastaların dijital verilerini entegre ederek tıbbi hizmetleri geliştirmeyi ve tıbbı daha kişiselleştirilmiş ve hassas hale getirmeyi amaçlayan Nesnelerin İnterneti, yapay zekâ (YZ) ve büyük veri gibi çeşitli dijital araçları kapsamaktadır. DST, hastalık takibinde, salgın kontrolü için zamanında uyarılar yayınlamada, veri toplama ve analizini kolaylaştırmada önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca DST, sağlık bilgisinin yaygınlaştırılmasını, koruyucu önlemlerin teşvik edilmesini ve uzaktan tıbbi konsültasyonların yapılmasını sağlayarak çapraz enfeksiyon riskini de azaltmaktadır. Bunların yanı sıra DST, toplum sağlığının izlenmesi ve yönetilmesine, tedavi ilerlemesinin izlenmesine ve sağlık yönetimi planlarının sağlanmasına yardımcı olabilmektedir.

Birçok faydası olabilmesine rağmen teknolojideki bu ilerlemeler, toplumun sağlık okuryazarlığı, etik, veri güvenliği ve mahremiyet gibi bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Ayrıca dijitalleşmenin eşitsizlikleri bölgeler arasında arttırdığının bulunması da diğer sorunlardan biridir.

Dijital sağlık uygulamalarının yaygınlaşması, pandemiler ve değişen toplum ihtiyaçlarının bir sonucu olarak, halk sağlığı hemşireliğinin görevleri ve sorumlulukları değişikliğe uğramıştır. Hemşirelik uygulamalarının bu yeni döneme uyum sağlayabilmesi için liderlik, iletişim becerileri, eğitim, uzaktan hasta yönetimi ve kişilerarası ilişki yönetimi gibi alanlarda yenilikler yapılması gerekmektedir.

1. Liderlik: halk sağlığı hemşireleri, sağlık hizmetlerinin farklı profesyoneller arasında koordinasyonunu sağlamada, bakım süreçlerini yönlendirmede ve hastayı merkeze alan karar verme süreçlerinde önemli bir rol oynarlar. Hemşirelerin, sağlık uygulamalarına yeni teknolojilerin entegre edildiği günümüzde tanıtma, uyarlama ve kullanım süreçlerinde liderlik yapmaları beklenmektedir. Dijital sağlık sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılması için hemşire liderliği, hem bakım kalitesi hem de sağlık hizmeti verimliliği açısından hayati önem taşımaktadır.

2. İletişim ve hasta özellikleri: Dijitalleşen sağlık ortamında halk sağlığı hemşirelerinin iletişim becerilerini geliştirmeleri gerekmektedir. Hastaların dijital yeterliliklerinin ve sağlık okuryazarlığının farklı olması nedeniyle, hemşirelerin iletişimi her hastanın bilgi düzeyine göre olmalıdır. Bu nedenle, empati, uyum sağlama, sorun çözme ve etkili dijital iletişim becerileri, hemşirelik uygulamalarının önemli bileşenleri haline gelmiştir. Hastanın dijital platformlarda sunulan hizmetlerde ihtiyaçlarını doğru anlamak ve doğru yönlendirmeleri yapmak için bu beceriler çok önemlidir.

3. Eğitim: sağlık profesyonellerinin yeni dijital araçlardan yararlanabilmesi için hem lisans hem de hizmet içi eğitim programlarında teknoloji odaklı içerikler olmalıdır. Dijital sağlık sistemleri, uzaktan izlem araçları, veri güvenliği, yapay zekâ destekli karar sistemleri ve tele-sağlık uygulamalarının güncellenmesi, teknolojinin sahada güvenli ve etkili bir şekilde kullanılmasına yardımcı olur.

4. Kronik Hastaların Uzaktan Yönetimi: Pandemi sürecinde kronik hastalıkların yönetimi ve evde bakım hizmetlerinin sağlanması uzaktan yönetim ile sağlanmaya çalışılmıştır. Bu uygulama sonraki süreçlerde de kullanılarak uzaktan takibin hasta için olumlu yanları gözlemlenmiştir.

5. Tele-tıp Çerçevesinde Kişilerarası İlişkilerin Yönetimi: Bu uygulamanın yüzyüze gerçekleşmemesi sebebi ile kişi merkezli, açık ve duyarlı bir yaklaşım benimsemeleri, güvenli bir iletişim kurma, hastanın kaygılarını anlama ve doğru yönlendirme sağlamak için uygun iletişim tekniklerini geliştirmeleri gerekmektedir.

Gelişen teknoloji ve değişen dünya koşulları, halk sağlığı hemşireliğini yeniden şekillenmesini sağlayacaktır. Bu durum hemşirelik uygulamalarının dijitalleşmesi, liderlik eğitimi ve uzaktan izlemden teletıp ilişkilerine kadar çeşitli nedenlerle zorunludur. Geleceğin sağlık sistemlerinde, bu değişikliklere uyum sağlayan hemşireler toplum sağlığının korunması ve geliştirilmesinde daha önemli roller üstleneceği düşünülmektedir.

Kaynakça

Budd, J., Miller, B. S., Manning, E. M., et al. (2020). Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nature Medicine, 26*, 1183–1192. https://doi.org/10.1038/s41591-020-1011-4.

Gunasekeran, D. V., Tseng, R. M. W. W., Tham, Y. C., et al. (2021). Applications of digital health for public health responses to COVID-19: A systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies. *npj Digital Medicine, 4*, 40. https://doi.org/10.1038/s41746-021-00412-9

Hrzic, R., Buttigieg, S., Wong, B. L. H., Silva, A. M., Conyard, K. F., Codd, M., Kostkova, P., Schutte, N. M., & van Kessel, R. (2025). Reflecting digital transformations in public health curricula. *Public Health Reviews, 46*, 1608237. https://doi.org/10.3389/phrs.2025.1608237

Leal Neto, O., & von Wyl, V. (2024). Digital transformation of public health for noncommunicable diseases: Narrative viewpoint of challenges and opportunities. *JMIR Public Health and Surveillance, 10*, e49575. https://doi.org/10.2196/49575

Lengston, V. (2025). The convergence of technology and healthcare: A public health perspective. *European Journal of Innovative Studies and Sustainability, 1*(3), 3–12. https://doi.org/10.59324/ejiss.2025.1(3).01

Li, H., & Li, Y. (2024). The impact of digital economy development on public health: Evidence from Chinese cities. *Frontiers in Public Health, 12*, 1347572. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1347572

Odone, A., Buttigieg, S., Ricciardi, W., Azzopardi-Muscat, N., & Staines, A. (2019). Public health digitalization in Europe. *European Journal of Public Health, 29*(Suppl 3), 28–35. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz161

Ogugua, J. O., Okongwu, C. C., Akomolafe, O. O., Anyanwu, E. C., & Daraojimba, O. D. (2024). Mental health and digital technology: A public health review of current trends and responses. *International Medical Science Research.* https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i2.754

Restrepo Tique, M., Araque, O., & Sanchez-Echeverri, L. A. (2024). Technological advances in the diagnosis of cardiovascular disease: A public health strategy. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 21*(8), 1083. https://doi.org/10.3390/ijerph21081083

Stoumpos, A. I., Kitsios, F., & Talias, M. A. (2023). Digital transformation in healthcare: Technology acceptance and its applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(4), 3407. https://doi.org/10.3390/ijerph20043407

Tian, H., Zhang, K., Zhang, J., Shi, J., Qiu, H., Hou, N., Han, F., Kan, C., & Sun, X. (2025). Revolutionizing public health through digital health technology. *Psychology, Health & Medicine, 30*(6), 1171–1186. https://doi.org/10.1080/13548506.2025.2458254

Uwuseba, O. (2025). Digital health tools in public health: Bridging gaps in patient care and crisis response. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 25*(3), 475–494. https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.3.0186

Xu, X., Zhang, Y., Wang, Y., et al. (2025). Impact of regional digital transformation on public health: An empirical analysis based on 31 provinces in China. *BMC Public Health, 25*, 2485. https://doi.org/10.1186/s12889-025-23670-8

Zhao, X., Wu, S., Yan, B., & Liu, B. (2024). New evidence on the real role of digital economy in influencing public health efficiency. *Scientific Reports, 14*, 7190. https://doi.org/10.1038/s41598-024-57788-3

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PHYTOCHEMICAL CONSTITUENTS AND THERAPEUTIC VALUES IN SCORZONERA SPECIES

Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK
Gaziantep University, drhulyacicek@hotmail.com, ORCID ID:0000-0002-1065-1582

ABSTRACT

The genus *Scorzonera* L. (Asteraceae) comprises perennial herbaceous plants distributed widely across temperate regions of Eurasia, spanning Europe, the Middle East, and Anatolia. Globally, an estimated 180–190 species have been described, with Turkey alone hosting approximately 52 taxa, many of which are endemic. Members of this genus hold longstanding ethnobotanical importance, having been used traditionally both as food sources and medicinal remedies.

Scorzonera hispanica, commonly known as black salsify, is cultivated for its edible, inulin-rich roots, while various other species are employed in folk medicine for managing wounds, pain, inflammation, digestive problems, and hepatic disorders. Despite such traditional relevance, comprehensive scientific investigations have focused on only a fraction of the genus, leaving much of its phytochemical and pharmacological potential unexplored.

Existing studies reveal that *Scorzonera* species harbor diverse bioactive secondary metabolites—including phenolics, terpenoids, and dihydroisocoumarins—many of which exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and cytotoxic properties. However, substantial gaps remain regarding species-specific chemical profiles, mechanisms of biological activity, toxicological evaluations, and standardization of extracts.

This review synthesizes current knowledge on the taxonomy, phytochemistry, and pharmacology of *Scorzonera* species and highlights key research needs. Expanding systematic phytochemical screening, integrating advanced analytical techniques, and conducting rigorous in vivo and clinical studies are essential steps for unlocking the full therapeutic potential of this underexplored genus.

Keywords: *Scorzonera*; phytochemistry; ethnopharmacology; bioactive compounds

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SCORZONERA TÜRLERİNDE FİTOKİMYASAL BİLEŞENLER VE TERAPÖTİK DEĞERLER

ÖZET

Scorzonera L. (Asteraceae) cinsi, Avrupa, Orta Doğu ve Anadolu'yu kapsayan Avrasya'nın ılıman bölgelerinde yaygın olarak bulunan çok yıllık otsu bitkilerden oluşur. Dünya genelinde tahmini 180-190 tür tanımlanmıştır ve Türkiye tek başına yaklaşık 52 takson barındırmaktadır, bunların çoğu endemiktir. Bu cinsin üyeleri, geleneksel olarak hem besin kaynağı hem de tıbbi ilaç olarak kullanıldıkları için uzun süredir etnobotanik açıdan önem taşımaktadır.

Yaygın olarak kara teke sakalı olarak bilinen Scorzonera hispanica, yenilebilir, inülin açısından zengin kökleri için yetiştirilirken, diğer çeşitli türler halk hekimliğinde yaralar, ağrı, iltihaplanma, sindirim sorunları ve karaciğer rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bu geleneksel öneme rağmen, kapsamlı bilimsel araştırmalar bu cinsin sadece bir kısmına odaklanmış ve fitokimyasal ve farmakolojik potansiyelinin çoğu keşfedilmemiş kalmıştır.

Mevcut çalışmalar, Scorzonera türlerinin fenolikler, terpenoidler ve dihidroizokumarinler dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif sekonder metabolitler barındırdığını ve bunların çoğunun antioksidan, antienflamatuar, antimikrobiyal ve sitotoksik özellikler sergilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, türlere özgü kimyasal profiller, biyolojik aktivite mekanizmaları, toksikolojik değerlendirmeler ve ekstraktların standardizasyonu konusunda önemli boşluklar bulunmaktadır.

Bu derleme, Scorzonera türlerinin taksonomisi, fitokimyası ve farmakolojisi hakkındaki mevcut bilgileri sentezlemekte ve önemli araştırma ihtiyaçlarını vurgulamaktadır. Sistematik fitokimyasal taramanın genişletilmesi, gelişmiş analitik tekniklerin entegre edilmesi ve titiz in vivo ve klinik çalışmaların yürütülmesi, bu yeterince araştırılmamış cinsin tam terapötik potansiyelini ortaya çıkarmak için gerekli adımlardır.

Anahtar kelimeler: Scorzonera; fitokimya; etnofarmakoloji; biyoaktif bileşikler

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. Giriş

Asteraceae familyasına ait Scorzonera L. cinsi, Avrupa, Orta Doğu ve Anadolu (Türkiye) dâhil olmak üzere ılıman Avrasya boyunca geniş bir yayılım gösteren çok yıllık otsu bitkilerden oluşmaktadır (1, 2). Dünya genelinde yaklaşık 180 üzerinde tür tanımlanmış olup Türkiye florasında yaklaşık 52 takson bildirilmektedir; bunların önemli bir kısmı endemiktir (3). Cins, morfolojik çeşitliliğinin yanı sıra etnobotanik açıdan da dikkat çekmektedir.

Birçok Scorzonera türü hem gıda kaynağı hem de geleneksel tıbbi ürün olarak kullanılmaktadır. Örneğin, yaygın olarak "kara teke sakalı" olarak bilinen Scorzonera hispanica, yüksek inülin içeriğine sahip kökü nedeniyle kültürü yapılan bilinen türlerden biridir. Diğer bazı türler halk hekimliğinde yara iyileştirme, ağrı ve iltihap kontrolü, sindirim sistemi bozukluklarının giderilmesi ve karaciğer fonksiyonlarının desteklenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (4, 5, 6).

Cinsin etnobotanik önemine rağmen, Scorzonera türlerinin yalnızca sınırlı bir kısmı fitokimyasal bileşenleri, biyolojik aktiviteleri ve farmakolojik potansiyelleri bakımından kapsamlı biçimde araştırılmıştır. Bu derleme, mevcut literatürü sentezleyerek Scorzonera cinsinin taksonomisi, fitokimya, farmakoloji ve terapötik potansiyeli üzerine güncel bilgileri sunmayı; aynı zamanda gelecekteki çalışmalar için kritik araştırma boşluklarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. Taksonomi, Dağılım ve Genetik

Scorzonera cinsi, özellikle Türkiye florasında dikkate değer bir taksonomik çeşitlilik sergilemektedir. Türkiye'de 59 takson tanımlayan kapsamlı bir çalışma, bunların 31'inin endemik olduğunu bildirmiştir; ayrıca cins için yeni bir infragenerik grup olan sect. Anatolia'yı önermiştir (3). Taksonomiye yapılan daha yeni katkılardan biri, morfolojik özellikler ve ITS gen bölgesi dizilimleri ile desteklenen, güney Anadolu'nun serpantin topraklarına endemik yeni bir tür olan Scorzonera zorkunensis'in tanımlanmasıdır (2).

Tür içi ve türler arası genetik varyasyonun anlaşılmasına katkı sağlayan sitogenetik çalışmalar da yapılmıştır. Altınordu ve arkadaşlarının yürüttüğü analizlerde, Türkiye'deki 32 Scorzonera taksonu arasında kromozom sayılarının genellikle $x = 6$ veya $x = 7$ olduğu, ayrıca hem diploid hem de tetraploid sitotiplerin bulunduğu ortaya konmuştur (7). Bu sitogenetik çeşitlilik, cinsin evrimsel dinamiklerini anlamada önemli ipuçları sunmaktadır.

Bu taksonomik, filogenetik ve sitogenetik bulgular, Scorzonera türleri arasındaki genetik çeşitlilik, fitokimyasal bileşen farklılıkları ve biyolojik aktivite arasındaki olası ilişkilerin araştırılmasına sağlam bir temel oluşturmaktadır. Cinsin geniş ekolojik yayılımı ve habitat çeşitliliği, türler arasında adaptif varyasyon olasılığını artırmakta ve modern moleküler çalışmalar için zengin bir araştırma alanı yaratmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3. Fitokimya

Scorzonera türleri üzerine yapılan fitokimyasal çalışmalar, cinsin oldukça zengin ve yapısal olarak çeşitlilik gösteren bir ikincil metabolit profiline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Şimdiye kadar seskiterpen laktonlar, triterpenoidler, flavonoidler, kafeoilkinik asit türevleri gibi fenolik asitler, dihidroizokumarinler, stilbenoidler, lignanlar ve polisakkaritler gibi pek çok metabolit sınıfı rapor edilmiştir (1-7) (Tablo 1). Bu kimyasal çeşitlilik, cinsin sahip olduğu antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve diğer biyolojik aktivitelerin temelini oluşturabilecek önemli bir biyokimyasal kapasiteye işaret etmektedir.

Seskiterpen laktonlar ve triterpenoidler, mevalonat yolundan türeyen IPP ve DMAPP birimlerinin kondensasyonu ile oluşur (6, 7). FPP üzerinden ilerleyen yolakta taraxasterol türevleri ve diğer triterpenoidler şekillenir. Scorzonera latifolia ve diğer türlerde rapor edilen taraxasteryl türevlerinin bu yolak üzerinden sentezlendiği kabul edilmektedir (8).

Fenolik asitler, flavonoidler ve bibenzil türevleri fenilalanin kaynaklı fenilpropanoid yolaklarından türemektedir (5, 6, 9). Fenilalanin amonyak liyaz (PAL) başlatıcı enzimdir ve klorojenik asit türevleri dahil pek çok fenolik bileşik ardışık reaksiyonlarla oluşur (9, 10).

Dihidroizokumarinler, poliketid benzeri biyosentetik mekanizmalarla fenilpropanoid ara ürünlerinden türemekte olup S. longiana'da tanımlanan scorzolongin I-II bu grubun tipik örnekleridir (6). Glikozitlenmiş formların oluşumunda UGT enzimleri etkindir (7). S. hispanica ve ilişkili türlerde fruktan birikimi, 1-SST ve 1-FFT enzimleri aracılığıyla gerçekleşir (1, 5). İnülin birikiminin adaptif ekofizyolojik süreçlerle ilişkisi olduğu bildirilmiştir (1).

Protokateşik asit, klorojenik asit türevleri ve benzil bibenzyl bileşiklerinin tür bazında farklı yoğunluklarda bulunması, hem ekolojik adaptasyon hem de filogenetik ayrım için değerli kimyasal göstergeler sunmaktadır (9, 10). Bazı taksonlarda yüksek inülin birikimi gözlenmesi, metabolik strateji ve habitat uyumu ile ilişkili olabilir ve bu durum belirli tür gruplarının sınıflandırılmasında kullanılabilir (1, 5). Taksonomik ve genetik analizler, Scorzonera'daki çeşitlilik ve biyoaktivite dağılımının anlaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunur (2, 7).

Scorzonera türlerinde tanımlanan geniş ikincil metabolit yelpazesi, mevalonat (MVA) yolu, şikimik asit yolu, fenilpropanoid yolu ve fruktan biyosentezi gibi iyi tanımlanmış metabolik süreçlerden türemektedir (1, 5, 6, 7).

Scorzonera türleri arasında gözlenen ikincil metabolit çeşitliliği, cinsin kemotaksonomisi için önemli bir araçtır ve türler arası filogenetik yakınlıkları destekleyici niteliktedir (5, 6, 8).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Tablo 1. Scorzonera türlerinden elde edilen fitokimyasal bileşik analiz örnekleri.

Bileşik Sınıfı	Örnek Bileşikler	Tespit Edilen Türler	Analiz Yöntemleri	İlgili Biyolojik Aktiviteler
Fenolik Asitler	Kafeik asit, klorojenik asit, ferulik asit	S.latifolia, S.hispanica, S.suberosa	HPLC-DAD, LC-MS/MS	Antioksidan, antiinflamatuar
Flavonoidler	Luteolin, quercetin, apigenin türevleri	S.mollis, S.acuminata, S.laciniata	HPLC, LC-MS, UV-Vis	Antioksidan, antimikrobiyal
Dihidroizokumarinler	Scorzotomentosin, scorzotomentosin-4'-O-glikozid	S. papposa, S.tomentosa	LC-MS/MS, NMR	Antienflamatuar, sitotoksik
Seskiterpen Laktonlar	Germacranolidler, elemanolidler	S. aristata, S.hispanica	GC-MS, NMR	Antioksidan, analjezik
Triterpenler	Lupeol, β-amyrin	S. hispanica, S.suberosa	GC-MS, LC-MS	Antiinflamatuar, hepatoprotektif
Steroller	β-sitosterol, stigmasterol	S. latifolia, S.cana	GC-MS	Antikolesterol, antioksidan
Kumarinler	Umbelliferon, eskuletin	S. pseudodivaricata	HPLC-DAD, LC-MS	Antimikrobiyal, antikoagülan
Lignaller	Lariciresinol türevleri	S. radicosa, S.latifolia	NMR, LC-MS	Antioksidan, antienflamatuar
Poliasetilenler	Scorzonerol, scorzoneradiol	S.humilis, S.austriaca	GC-MS	Antimikrobiyal, sitotoksik
İnülin ve Polisakkaritler	İnülin, fruktooligosakkaritler	S.hispanica, S.humilis	FT-IR, GC-FID	Prebiyotik, glisemik kontrol

4. Farmakolojik Aktiviteler

Scorzonera türlerinin antioksidan kapasitesi, çok sayıda in vitro ve bazı in vivo çalışmada kanıtlanmıştır. Bitkinin kök, yaprak ve çiçek ekstraktları, süperoksit anyon temizleme, DPPH, ABTS ve FRAP gibi radikal süpürücü testlerde güçlü aktiviteler göstermektedir. Örneğin, S. parviflora kök özünün süperoksit anyon temizleme testinde IC_{50} = 2,25 mg/mL ile dikkat çekici bir etkinlik sergilediğini rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, RP-HPLC analizleri, aktivitede başlıca katkıyı sağlayan bileşikler olarak hiperozit, rutin ve klorojenik asidi ortaya koymuştur. Antioksidan etkinlik, fenolik içerik ve flavonoid profili ile pozitif korelasyon göstermektedir. Özellikle kafeoilkinik asit türevleri ve flavon glikozitler, serbest radikal süpürücü kapasitenin temel bileşenleridir. Bu özellikler, hücresel oksidatif stresin azaltılmasında ve lipid peroksidasyonunun engellenmesinde potansiyel rol oynayabilir. Dolayısıyla, *Scorzonera* türleri hem geleneksel kullanımda hem de fonksiyonel gıda ve nutrasötik uygulamalarda doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmektedir (9, 12).

Antiinflamatuar etkiler, hem hayvan modellerinde hem de in vitro enzim inhibisyon çalışmaları ile incelenmiştir. Açıkara ve ark., *S. latifolia, S. tomentosa, S. suberosa* ve *S. mollis*'ten elde edilen metanol-su ekstraktlarının antinosiseptif potansiyelini fare modellerinde test etmişlerdir. Asetik asit ile indüklenen abdominal kıvranma ve kuyruk çırpma testlerinde, *S. latifolia* doz bağımlı olarak kasılmaları inhibe etmiş ve ağrı gecikmesini artırmıştır (2). Bu analjezik etki, flavonoid ve seskiterpen lakton içeriklerinin siklooksijenaz (COX) ve lipoksijenaz (LOX) enzimlerini inhibe etmesi ile ilişkilendirilmektedir. Böylece prostaglandin üretimi azalmakta ve

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

inflamatuvar yanıt kontrol altına alınmaktadır. Ek olarak, dihidroizokumarinler ve fenolik asitler, proinflamatuvar sitokinlerin (IL-1β, TNF-α) üretimini baskılayarak sistemik antiinflamatuar etkinliği güçlendirmektedir (2, 6, 7).

Yara iyileştirici etkiler, özellikle S. latifolia ekstraktları üzerinde yürütülen deneysel çalışmalarla güçlü biçimde desteklenmiştir. Bu çalışmalar, ekstraktların fibroblast migrasyonunu ve proliferasyonunu artırdığını, keratinosit farklılaşmasını desteklediğini ve yara bölgesinde kollajen tip I ve III sentezini belirgin şekilde yükselttiğini göstermektedir. Ayrıca S. latifolia'nın içerdiği seskiterpen laktonlar, flavonoidler ve triterpenoidler; matriks metalloproteinazların (MMP-2 ve MMP-9) aşırı aktivitesini baskılayarak doku yıkımını azaltmakta, aynı zamanda antioksidan kapasitesiyle oksidatif stres yükünü hafifleterek yeniden epitelizasyon sürecini hızlandırmaktadır (11).

Scorzonera türleri, antibakteriyel ve antifungal özellikler göstermektedir. *S. longiana*'da izole edilen dihidroizokumarinler (scorzolongin I ve II), *Escherichia coli*, *Yersinia pseudotuberculosis* ve *Candida albicans* gibi patojenlere karşı MIC değerleri düşük onlarda µg/mL olan inhibisyon bölgeleri oluşturmuştur (6). Buna ek olarak, iki endemik tür olan *S. pisidica* ve *S. sandrasica*'nın uçucu fraksiyonu ve metanolik ekstraktları, dokuz farklı mikrobiyal suş üzerinde test edilmiş ve galik asidi baskın fenolik bileşik olarak tespit edilmiştir. Bu ekstraktlar, ayrıca tirozinaz inhibisyonu (IC_{50} ~0,495–0,699 µg/mL) sergileyerek kozmetik veya dermatolojik uygulamalar için potansiyel göstermektedir (8). Bu bulgular, Scorzonera'nın hem gıda hem de farmasötik sektörlerde doğal antimikrobiyal ajan olarak kullanımını desteklemektedir.

S. pygmaea ekstraktları, antioksidan aktivitelerinin yanı sıra çeşitli kanser hücre hatlarında belirgin sitotoksik etkiler göstermiştir. Yapılan in vitro çalışmalar, ekstraktın özellikle fenolik bileşikler ve seskiterpen laktonlar açısından zengin fraksiyonlarının kanser hücrelerinde hücre döngüsünü G0/G1 veya S fazında durdurabildiğini, mitokondriyal membran potansiyelini düşürerek intrinsik apoptotik yolakları aktive ettiğini ve kaspaz-3/9 aktivasyonunu artırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca bazı çalışmalarda ROS düzeylerinde kontrollü bir artışın tetiklenerek oksidatif stres aracılı hücre ölümüne katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, S. pygmaea ekstraktlarının sağlıklı hücre hatlarında da DNA hasarı ve genotoksisite oluşturabilmesi, antikanser etkinin selektivitesinin zayıf olabileceğini düşündürmekte ve terapötik kullanım öncesinde detaylı toksikolojik doğrulama gerekliliğini vurgulamaktadır (15, 16).

5. Güvenlik, Toksikoloji ve Mekanik Bilgiler

Scorzonera türlerinin farmakolojik potansiyeli umut verici olsa da, güvenlik ve toksikoloji verileri hâlen sınırlıdır. Özellikle *S. pygmaea* üzerinde yürütülen in vitro sitotoksisite çalışmaları, dikkatli yaklaşılması gerektiğini göstermektedir (16). Bu çalışmada, ekstrakt sadece malign hücrelerde değil, aynı zamanda sağlıklı hücre hatlarında da DNA hasarı oluşturmuştur. Bulgular, belirli konsantrasyonlarda potansiyel genotoksik riskin varlığını düşündürmekte ve özellikle uzun süreli veya yüksek doz kullanımda olası yan etkilerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Mevcut veriler, sistematik in vivo toksikoloji çalışmalarının eksikliğini vurgulamaktadır. Subkronik ve kronik toksisite, teratojenik ve mutajenik etkiler ile biyoyararlanım, metabolizma, dağılım ve eliminasyon gibi farmakokinetik profiller henüz yeterince araştırılmamıştır. Bu

eksiklik, özellikle klinik uygulama ve fonksiyonel gıda/fitoterapötik geliştirme açısından kritik bir boşluk oluşturmaktadır.

Farmakodinamik açıdan, Scorzonera türlerinin antiinflamatuar ve yara iyileştirici etkileri, çok hedefli mekanizmalarla gerçekleşmektedir. Anti-inflamatuar etkinin temel mekanizmaları arasında NF-κB sinyal yolunun baskılanması ve proinflamatuar sitokinlerin ekspresyonunun down regülasyonu yer almaktadır (10). Bu etki, hem sistemik hem de lokal inflamatuvar süreçlerin kontrolüne katkı sağlar.

Yara iyileştirici aktiviteler ise, ekstrakt içeriğindeki seskiterpen laktonlar ve triterpenoidler başta olmak üzere, matriks metalloproteinazlar ve doku parçalayıcı enzimlerin (kolajenaz, elastaz, hiyalüronidaz) inhibisyonuna dayanmaktadır (11). Bu çok hedefli etki mekanizması, hem doku yeniden şekillenmesini hem de inflamatuvar yanıtın dengelenmesini destekler.

Bununla birlikte, başlıca fitokimyasal bileşiklerin farmakokinetik özellikleri hâlâ yeterince araştırılmamıştır. Özellikle in vivo biyoyararlanım, metabolik dönüşüm ve eliminasyon kinetikleri, klinik uygulamalarda güvenli dozaj belirlemesi ve etkinlik değerlendirmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, ileri düzey farmakokinetik ve toksikoloji çalışmalarına acil ihtiyaç vardır.

6. Araştırma Boşlukları ve Gelecek Yönelimler

Scorzonera türleri üzerine yapılan mevcut çalışmalar önemli farmakolojik potansiyelleri ortaya koysa da, literatürde belirgin araştırma boşlukları bulunmaktadır. Öncelikle, Scorzonera bazlı özlerin antiinflamatuar, analjezik ve yara iyileştirici uygulamalardaki güvenlik, tolere edilebilirlik ve etkinlik profillerini değerlendirecek faz I-II düzeyinde klinik çalışmalara acil ihtiyaç vardır. Klinik doğrulamanın eksikliği, bu türlerin terapötik olarak değerlendirilmesini sınırlayan temel engellerden biridir. Bir diğer temel gereklilik ise, klorojenik asit ve dihidroizokumarinler gibi belirteç bileşikleri tanımlanmış, standartlaştırılmış ekstraktların geliştirilmesidir; bu yaklaşım, araştırmalar arasında karşılaştırılabilirliği artıracak ve farmakolojik verilerin tekrarlanabilirliğini güçlendirecektir. Bunun yanı sıra, hem özlerin hem de izole bileşiklerin kapsamlı in vivo toksikoloji çalışmalarının subkronik ve kronik toksisite, genotoksisite ve farmakokinetik analizler dahil olmak üzere yürütülmesi gerekmektedir; çünkü mevcut bilgi birikimi güvenli doz aralıklarının belirlenmesi için yetersizdir. Mekanistik düzeyde ise, aktif bileşiklerin moleküler hedeflerinin proteomik ve transkriptomik yaklaşımlarla ortaya konması, bu türlerin antiinflamatuar, antioksidan ve yara iyileştirici etkilerinin altında yatan biyolojik süreçlere dair daha derin bir anlayış sağlayacaktır. Ayrıca, birçok Scorzonera türünün sınırlı yayılış alanlarına sahip endemik bitkiler olması, koruma genetiği ile kemotaksonomik verilerin entegrasyonunu özellikle önemli kılmakta; bu entegrasyon, türlerin sürdürülebilir hasadı ve kültive edilmesi için vazgeçilmezdir. Son olarak, özellikle *S. hispanica* gibi gıda amaçlı kullanılan türlerde verim, inülin içeriği ve kök kalitesini optimize etmeye yönelik tarımsal gelişim çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır; bu tür araştırmalar, hem fonksiyonel gıda potansiyelinin değerlendirilmesini hem de ticari kullanımın yaygınlaştırılmasını mümkün kılacaktır.

Sonuç

Scorzonera cinsi, biyolojik açıdan zengin ve çeşitlilik gösteren bir biyoaktif bileşik kaynağı olmasına rağmen, araştırma açısından hâlâ yeterince keşfedilmemiştir. Mevcut fitokimyasal çalışmalar, fenolikler, flavonoidler, terpenoidler ve dihidroizokumarinler gibi çeşitli

metabolitlerin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu ve bunların çoğunun antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve sitotoksik biyolojik aktivitelerle ilişkilendirilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu profiller, cinsin hem farmasötik hem de nutrasötik uygulamalar için önemli bir potansiyel sunduğunu göstermektedir.

Buna rağmen, araştırma boşlukları önemli boyuttadır. Güvenlik ve toksikoloji verileri sınırlı olup, özellikle uzun süreli veya yüksek doz uygulamalar için risk değerlendirmeleri yeterince yapılmamıştır. Klinik doğrulama eksikliği, insanlarda etkinlik ve güvenlik açısından belirsizlik yaratmaktadır. Ayrıca, başlıca fitokimyasal bileşiklerin farmakokinetik özellikleri (biyoyararlanım, metabolizma, dağılım ve eliminasyon) yeterince anlaşılmamıştır.

Scorzonera'nın hem tıbbi bir bitki cinsi hem de fonksiyonel bir gıda kaynağı olarak tam potansiyelinden yararlanabilmek için, taksonomi, fitokimya, farmakoloji, toksikoloji ve agronomi alanlarını birleştiren entegre araştırmalar gereklidir. Özellikle standartlaştırılmış ekstraktların geliştirilmesi, metabolit profillerinin türler arası karşılaştırılması ve ileri düzey klinik çalışmalar, cinsin bilimsel temellere dayalı kullanımını destekleyecek kritik adımlar olacaktır. Bu yaklaşımlar, hem koruma biyolojisi hem de sürdürülebilir kullanım perspektifinden de büyük önem taşımaktadır.

Referanslar

1. Coşkunçelebi, K.; Makbul, S.; Gültepe, M.; Onat, D.; Güzel, M. E.; Okur, S. A new Scorzonera (Asteraceae) species from south Anatolia, Turkey, and its taxonomic position based on molecular data. Turkish Journal of Botany. 2012;36(4):299–310. doi:10.3906/bot-1104-20.
2. Acikara, Ö. B.; Saltan, H. G.; Özbek, H. Antinociceptive activity of some Scorzonera L. species. Turkish Journal of Medical Sciences. 2012;42(5):821–829. doi:10.3906/sag-1203-115.
3. Gong, Y.; Zhang, H.; Li, J.; Wang, X.; Li, L.; Liu, Z. The genus Scorzonera L.: A comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, pharmacology, toxicology, chemotaxonomy, and other applications. Journal of Ethnopharmacology. 2023; (in press).
4. Coşkunçelebi, K.; Makbul, S.; Gültepe, M.; Onat, D.; Güzel, M. E.; Okur, S. A conspectus of Scorzonera s.l. in Turkey. Turkish Journal of Botany. 2015;39(1):76–87. doi:10.3906/bot-1401-10.
5. Acikara, Ö. B.; Hošek, J.; Babula, P.; Cvačka, J.; Budešínský, M.; Dračinský, M.; İşcan, G. S.; Kadlecová, D.; Ballová, L.; Šmejkal, K. Turkish Scorzonera species extracts attenuate cytokine secretion via inhibition of NF-κB activation in vitro. Molecules. 2016;21(1):43. doi:10.3390/molecules21010043.
6. Korkmaz, B.; Doğan, A.; Coşkunçelebi, K.; Toker, G.; Tunca-Güngör, Ö.; Yaylı, N.; Erik, İ. Two new dihydroisocoumarins and terpenoids from Scorzonera longiana and their antimicrobial activity. Natural Product Research. 2023;37(7):1185–1198. doi:10.1080/14786419.2021.2000410.
7. Erik, İ.; Yaylı, N.; Coşkunçelebi, K.; Makbul, S.; Karaoğlu, Ş. Three new dihydroisocoumarin glycosides with antimicrobial activities from Scorzonera aucheriana. Phytochemistry Letters. 2021;43:45–52.
8. Yaylı, N.; Öksüz, E.; Korkmaz, B.; Erik, İ.; Fandaklı, S.; Faiz, Ö.; Coşkunçelebi, K. Volatile and phenolic contents, antimicrobial, and tyrosinase activities of two endemic

species Scorzonera pisidica and Scorzonera sandrasica L. grown in Turkey. Records of Natural Products. 2022;16(1):46–57. doi:10.25135/rnp.240.21.02.1980.

9. Şahin, H.; Sarı, A.; Özsoy, N.; Özbek Çelik, B. Phenolic compounds and bioactivity of Scorzonera pygmaea Sibth. & Sm. aerial parts: in vitro antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial activities. Istanbul Journal of Pharmacy. 2020;50(3):294–299. doi:10.26650/IstanbulJPharm.2020.0052.
10. Altınordu, F.; Martin, E.; Makbul, S.; Coşkunçelebi, K.; Gültepe, M. Cytogenetic studies on some Scorzonera L. s.l. (Asteraceae) taxa from Turkey. Turkish Journal of Botany. 2015;39(3):429–438. doi:10.3906/bot-1404-96.
11. Akkol, E. K.; Smejkal, K.; Kurtul, E.; Ilhan, M.; Güragaç, F. T.; İşcan, G. Inhibitory activity of Scorzonera latifolia and its components on enzymes connected with tissue-remodeling. Journal of Ethnopharmacology. 2019; (exact pages): see original article.
12. Saltan Çıtoğlu, G.; Bahadır, Ö.; Dall'Acqua, S. Dihydroisocoumarin derivatives isolated from the roots of Scorzonera latifolia. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences. 2010;7(3):205–212.
13. Acikara, Ö. B.; Saltan Çıtoğlu, G.; Çoban, T. Phytochemical screening and antioxidant activities of selected Scorzonera species. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences. 2013;10(3):453–462. doi:10.4274/tjps.57070.
14. Güçlü, G.; Eruygur, N.; Uçar, S.; Ülger Özbek, D.; Bal, H.; Akpolat, A.; Kahrizi, D. Biological activity evaluation of Scorzonera tomentosa L. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 2023;10(2):162–167. doi:10.19159/tutad.1278795.
15. Sarımahmut, M.; Investigation of the dual role of Scorzonera pygmaea: cytotoxic activity and antioxidant potential. Journal of Food Processing and Preservation. 2023;2023:2663247. doi:10.1155/2023/2663247.
16. Babakr, S. H.; Erez, M. E.; Mukemre, M.; Dalar, A. The phenolic profile and biological activities of common Scorzonera species from Eastern Anatolia. International Journal of Secondary Metabolite. 2022;9(4):538–550.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BAZI DTP TÜREVLERİNDE Π-KÖPRÜ SEÇİMİNİN TADF MEKANİZMASINA ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÖZTÜRK[1]
Iğdır Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Iğdır, Türkiye
kimyagerhan@hotmail.com - 0000-0003-4006-2428

Öğr. Gör. Dr. Yasemin KEŞKEK KARABULUT[2]
Kırklareli Üniversitesi, Rektörlük, Proje Geliştirme ve Koordinasyon Ofisi, Kırklareli, Türkiye
ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - 0000-0002-6742-783X

Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN[3]
Iğdır Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyokimya, Iğdır, Türkiye,
zeynepsilanturhan@hotmail.com - 0000-0002-3587-2576

ÖZET

Son yirmi yılda yeni π-konjuge moleküllerin artan sayısı, organik organik ışık yayan diyotların (OLED'lerin), hızla gelişmesini sağlamıştır. En yaygın kullanılan yapı taşları arasında, ditieno[3,2- *b* :2′,3′- *d*]pirol (DTP) ve türevleridir. DTP tabanlı malzemelerdeki ilerlemeye dair kapsamlı bir genel bakış sunulmuştur, DTP araştırmalarının mevcut durumunun özeti ve moleküler yapı ile cihaz performansı arasındaki ilişkisi açıklanmıştır; bu, yeni DTP türevli yapılar OLED ile ilgili malzemelerin daha rasyonel tasarımına giden yolu açabilir. Çalışmamızda DTP elektron alıcı olarak Donör-π-Akseptör (D-π-A) bileşik türevli yapılar oluşturulmuştur. Bu çalışmada son yıllarda, elektron hareketliliğinin iyileştirilmesinde katkı sağlayan difenilfosfin oksit akseptör olarak kullanılmıştır. Donör ve akseptör yapılarındaki konjugasyon sistemini daha güçlü kılmak için π-köprü olarak tiyofen, furan ve pirol temelli yapılar kullanılarak yük taşıma kapasitesinin arttırılması hedeflenmiştir. Kullanılacak moleküllerin hesaplamaları ise, B3LYP/6-311G(d,p) temel seti ile elde edildi. Hesaplamalarda, enerji boşluğu (E_{gap}) ve singlet-triplet enerji boşluğu (ΔE_{ST}) gibi önemli parametreler ile termal olarak etkinleştirilen gecikmeli floresan (TADF) etkileri değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: TADF, DFT, DTP, Difenilfosfin Oksit

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

1. GİRİŞ

Organik malzemeler, organik ışık yayan diyotlar (OLED'ler), organik alan etkili transistörler (OFET'ler) ve organik fotovoltaikler (OPV'ler) gibi çeşitli elektronik cihazlardaki umut verici uygulamaları nedeniyle son yıllarda önemli ilgi görmüştür (Bezvikonnyi, Gudeika, Volyniuk, Rutkis, & Grazulevicius, 2020; Gudeika et al., 2021). Bunlar arasında OLED'ler, esneklik, daha düşük üretim maliyetleri ve daha ince, daha hafif tasarımlar gibi geleneksel inorganik ışık yayan diyotlara göre üstün avantajlar sunarak ekran ve aydınlatma endüstrilerinde devrim niteliğinde bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Lee, Yang, & Parr, 1988; Tomkeviciene et al., 2019). OLED uygulamalarında termal olarak aktive edilmiş gecikmeli floresansın (TADF) keşfedilmesi bu alanda oldukça önem kazanmıştır. (Hameed, AL-Temimei, & Hussain, 2025; Sivasakthi, Jacob, Ravva, & Samanta, 2023; T. Zhang et al., 2023). TADF'nin bu önemi toprakta nadir olarak bulunan ağır metallerin hem ekonomik hem de çevre sağlığı açısından olumsuz etkilerini ortadan kaldırmış olup yüksek dahili kuantum verimliliğine de muazzam katkılar sağlamıştır. (Nathiya, 2024; L. Wang, Ge, Xu, & Song, 2024; Q. Zhang et al., 2023). TADF yapılarında tripletten singlete geçişleri daha verimli kılarak ters sistemler arası geçişleri (RISC) daha da hızlı hale getirmektedir. Bu durum singlet ve triplet eksitonlarını emisyondaki ışına katkısı önemlidir. Bu OLED yapılarında kullanılan ağır metallerin ortadan kaldırılmasına ve daha az maliyetli OLED kullanımına katkı sağlamaktadır (Liu et al., 2023; Nathiya, 2024). Küçük molekülleri dikkatlice tasarlayarak (ΔE_{ST}) boşluklar ve yüksek fotolüminesans kuantum verimleri sayesinde, TADF tabanlı yayıcılar OLED cihazlarının operasyonel kararlılığını ve performansını önemli ölçüde iyileştirebilir (Chen et al., 2024; Gudeika et al., 2020; Hameed et al., 2025).

Ditieno[3,2-b:2′,3′- *d*]pirol (DTP) foto uyarılma sırasında verimli yük transferini kolaylaştıran genişletilmiş π-konjugasyonu ve uygun elektronik yapısı nedeniyle iyi elektron bağışlama kabiliyetleri nedeniyle donör olarak seçilmiştir (Alhowyan, Mahdi, & Obaidullah, 2025; Cheng, Chen, Lee, Lee, & Yang, 2016; Maqsood et al., 2023; Z. Wang et al., 2013). Moleküler tasarım stratejisi, elektron açısından zengin molekül ve elektron açısından fakir (difenilfosfin oksit) parçalarının uzaysal olarak ayrılmasını içerir. HOMO/LUMO farkı elde etmek için tasarım stratejisi, elektron açısından zengin ve elektron açısından fakir parçalarının uzaysal olarak ayrılması için difenilfosfin oksit önemlidir (Letellier et al., 2025).

2. TEORİK ÇALIŞMALAR

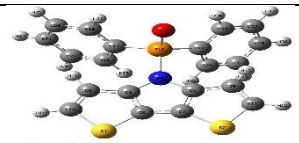
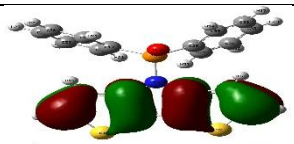
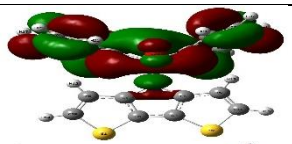
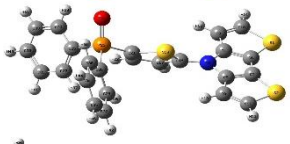
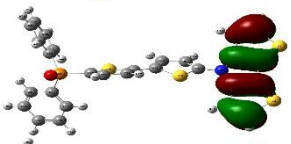
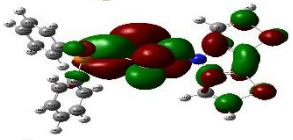
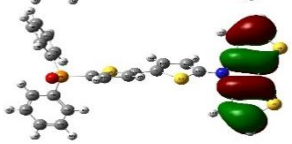
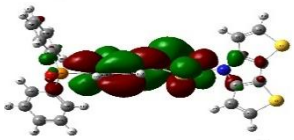
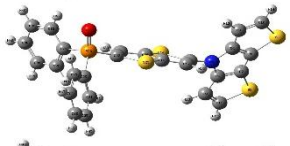
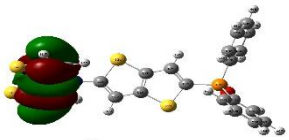
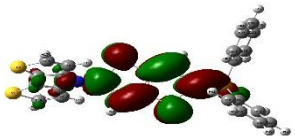
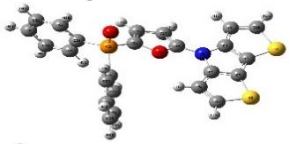
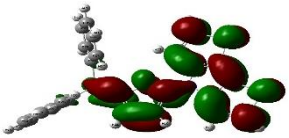
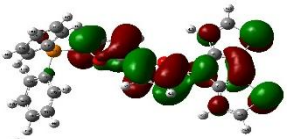
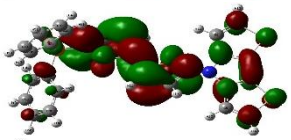
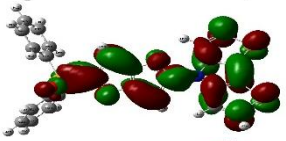
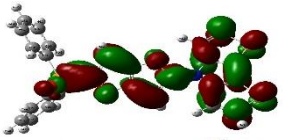
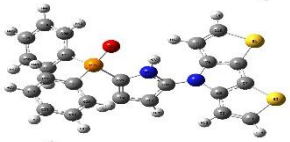
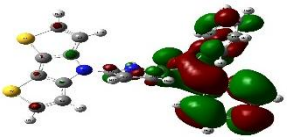
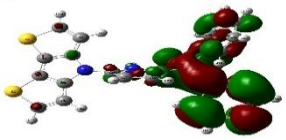
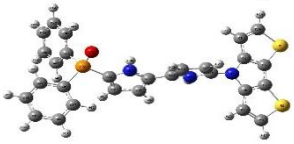
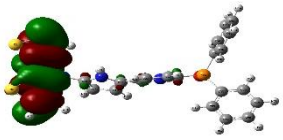
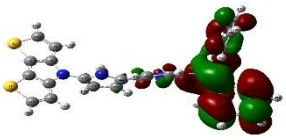
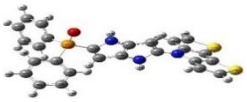
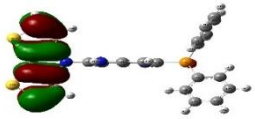
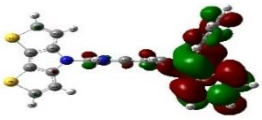
Hesaplamalar, temel ve düşük triplet durum elektronik geometrilerini optimize etmek için Becke'nin LYP(B3LYP) değişim-korelasyon genelleştirilmiş seviyesini kullanan DFT ve TD-DFT yöntemleriyle Gaussian 16W paketi kullanılarak gerçekleştirildi. Moleküller arası yük transferinin doğru simülasyonu için, uyarılmış durum hesaplamaları B3LYP, CAM-B3LYP ve WB97XD/6-311G(d,p) olmak üzere üç farklı seviyeler ile gerçekleştirildi. Çalışılan yapılar için hesaplanan HOMO, LUMO ve enerji aralığı (E_{gap}) değerlerinin analizi, donör- π -akseptör (D-π-A) moleküllerinin elektronik özellikleri ve organik güneş hücresi uygulamaları için potansiyel uygunlukları hakkında önemli bilgiler ortaya koymaktadır (Alhowyan et al., 2025; Hameed et al., 2025).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları aşağıda çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Optimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları

Molekül No	GSG	HOMO	LUMO
P			
P4			
P5			
P6			
P7			
P8			
P9			
P10			
P11			
P12			

Çizelge 1'de optimize edilmiş P ve P4-P12 moleküllerin ptimize edilmiş temel hal geometrisi (GSG), HOMO ve LUMO diyagramları verilmiştir. P4-P5-P6 tiyofen türevli, P7-P8-P9 furan türevli ve P10-P11-P12 pirol türevli π köprü içermektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 2'de enerji boşluğu (E_{gap}) ve B3LYP-CAMB3LYP-WB97XD ile yapılan singlet-triplet arasındaki enerji boşlukları (ΔE_{ST}) sonuçları eV olarak verilmiştir.

Çizelge 2. E_{gap} ve B3LYP-CAMB3LYP-WB97XD ΔE_{ST} sonuçları

Molekül	DFT E_{gap} (eV) (6-311g)	TD-DFT ΔE_{ST} (6-311g) (eV)		
		B3LYP	CAMB3LYP	WB97XD
P	3.99	0.80	2.06	1.95
P4	4.06	0.91	1.86	1.79
P5	3.49	0.82	1.15	1.69
P6	3.77	0.66	1.80	1.73
P7	4.24	1.34	1.94	1.84
P8	3.93	1.15	1.69	1.61
P9	4.14	1.15	1.84	1.74
P10	4.28	1.29	2.06	1.94
P11	4.34	1.28	2.07	1.95
P12	4.36	1.36	2.06	1.95

Çizelge 2'deki sonuçları bakıldığında yapılarda π köprü olarak kullanılan yapıların E_{gap} enerji değerlerini arttırdığı görülmektedir. Pirolde bulunan nitrojen atomu konjugasyonun tüm halka etrafında uzatılmasına izin verecek ideal boyuttadır ve aromatik karakter en üst düzeye çıkar. Furanda bulunan oksijen atomu çok küçük ve tiyofende bulunan kükürt atomu ise tam döngüsel konjugasyonu kolaylaştırmak için çok büyüktür. Halkanın bir bölümü içindeki elektron delokalizasyonunun "aromatiklik" oluşturmadığı, bunun yerine konjugasyonun halkanın etrafına tamamen yayılabilmesini sağlayacak bir sistemin gerekli olduğu düşünülmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, E_{gap} değerlerinin 3,49 - 4,36 eV arasında olduğu görülmektedir. Bu değerlerin yarı iletken koşullarını sağlayamadığı söylenebilir. OLED molekülleri için HOMO ve LUMO diyagramlarınn farklı bölgelerde yoğunluk göstermesi oldukça önemli parametrelerdendir. Çizelge 1'de referans molekül olan P ve D-π-A içeren P11 ile P12 molekülleri oldukça net bir yoğunluk farkı göstermektedir. P4, P5 ve P6 ise kısmen HOMO ve LUMO yoğunluk farkı göstermektedir. Çalışmamızdaki diğer önemli parametrelerden biri olan singlet-triplet (ΔE_{ST}) farkıdır. Elde edilen singlet ve triplet durumları daha verimli ışık emisyonu için TADF uyumlu yapılar tasarlanmıştır. Tasarlanan bu bileşikler, optimize edilmiş singlet ve triplet enerji düzeyleri elde edilmiştir. Bu enerji düzeyleri 0,66 - 1,36 eV arasında değişen değerlere sahip olup, OLED için 0,2-1,0 eV arasındaki değerlerin elverişli olabileceği öngörülmektedir. Sonuç olarak bu çalışmadaki moleküllerin hem E_{gap}, hem HOMO-LUMO farkı hem de ΔE_{ST} değerlerinin uygun olması gerekir. Bu sonuçlara bakıldığında tüm molekülerin OLED koşullarını kısmen sağladığından kesin bir kanıya varılamaz. Fakat bu moleküller üzerinden daha detaylı çalışmalar yapılabilir. Yapılan bu teorik araştırmanın sonuçları, OLED uygulamaları için daha verimli D-π-A yapıların tasarlanmasına ve geliştirilmesine bundan sonraki çalışmalara katkı sunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Alhowyan, A., Mahdi, W. A., & Obaidullah, A. (2025). Computational Design of BODIPY-Based Donor-Acceptor-Donor Molecules for Enhanced Organic Solar Cells: a DFT and TD-DFT Study. *Synthetic metals*, 117910.

Bezvikonnyi, O., Gudeika, D., Volyniuk, D., Rutkis, M., & Grazulevicius, J. V. (2020). Diphenylsulfone-based hosts for electroluminescent devices: Effect of donor substituents. *Dyes and Pigments, 175*, 108104.

Chen, Y., Wang, C., Ma, P., Guo, Y., Liu, Y., Dang, A., . . . Xu, H. (2024). Asymmetric phosphorylation integrating host feature and blue thermally activated delayed fluorescence of thiaxanthene S, S-dioxide emitter for efficient heavily doped white organic light-emitting diodes. *Chemical Engineering Journal, 485*, 150028.

Cheng, T., Chen, S., Lee, K. C., Lee, S. M., & Yang, C. (2016). A dithienodisilacyclohexadiene (DTDS)-based conjugated model semiconductor: understanding unique features and monitoring structural transition. *RSC advances, 6*(15), 11933-11936.

Gudeika, D., Bezvikonnyi, O., Masimukku, N., Volyniuk, D., Chen, C.-H., Ding, W.-C., . . . Grazulevicius, J. V. (2021). Tetraphenyl ornamented carbazolyl disubstituted diphenyl sulfone as bipolar TADF host for highly efficient OLEDs with low efficiency roll-offs. *Dyes and Pigments, 194*, 109573.

Gudeika, D., Lee, J. H., Lee, P.-H., Chen, C.-H., Chiu, T.-L., Baryshnikov, G. V., . . . Bezvikonnyi, O. (2020). Flexible diphenylsulfone versus rigid dibenzothiophene-dioxide as acceptor moieties in donor-acceptor-donor TADF emitters for highly efficient OLEDs. *Organic Electronics, 83*, 105733.

Hameed, B. S., AL-Temimei, F. A., & Hussain, Z. S. (2025). Design and theoretical investigation of diphenylsulfone-based blue-emitting TADF materials for advanced OLED applications. *Journal of Molecular Modeling, 31*(11), 1-14.

Lee, C., Yang, W., & Parr, R. G. (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Physical review B, 37*(2), 785.

Letellier, K., Yang, Y. J., Gao, W., Zhou, D. Y., Ari, D., Quinton, C., . . . Poriel, C. (2025). High-Efficiency Blue-Emitting Multi-Resonance TADF Organic Light-Emitting Diodes Constructed on Spiro Quinolinoacridine/Fluorene-diphenylphosphine Oxide Positional Isomers. *Advanced Optical Materials*, e01342.

Liu, S., Tian, Y., Yan, L., Wang, S., Zhao, L., Tian, H., . . . Wang, L. (2023). Color tuning in thermally activated delayed fluorescence polymers with carbazole and tetramethylphenylene backbone. *Macromolecules, 56*(3), 876-882.

Maqsood, N., Asif, A., Elmushyakhi, A., Ans, M., Shehzad, R. A., Rasool, A., . . . Iqbal, J. (2023). Environmentally affable and highly efficient donor material based on cyclopentadithiophene (CPDT) framework for remarkable organic solar cells. *Optical Materials, 135*, 113316.

Nathiya, S. (2024). Unravelling the impact of sulfur atom oxidation and donor–acceptor effects on the performance of blue TADF emitters: a detailed computational study. *Molecular Systems Design & Engineering, 9*(10), 1051-1062.

Sivasakthi, P., Jacob, J. M., Ravva, M. K., & Samanta, P. K. (2023). Theoretical Insights into the Optical and Excited State Properties of Donor–Phenyl Bridge–Acceptor Containing Through-Space Charge Transfer Molecules. *The Journal of Physical Chemistry A, 127*(4), 886-893.

Tomkeviciene, A., Matulaitis, T., Guzauskas, M., Andruleviciene, V., Volyniuk, D., & Grazulevicius, J. V. (2019). Thianthrene and acridan-substituted benzophenone or diphenylsulfone: Effect of triplet harvesting via TADF and phosphorescence on efficiency of all-organic OLEDS. *Organic Electronics, 70*, 227-239.

Wang, L., Ge, Z., Xu, L., & Song, Y. (2024). An effective method in modulating thermally activated delayed fluorescence (TADF) emitters from green to blue emission: the role of the phenyl ring. *Physical Chemistry Chemical Physics, 26*(6), 5597-5606.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Wang, Z., Liang, M., Hao, Y., Zhang, Y., Wang, L., Sun, Z., & Xue, S. (2013). Influence of the N-heterocycle substituent of the dithieno [3, 2-b: 2′, 3′-d] pyrrole (DTP) spacer as well as sensitizer adsorption time on the photovoltaic properties of arylamine organic dyes. *Journal of Materials Chemistry A, 1*(38), 11809-11819.

Zhang, Q., Liu, Y., Jiang, Z., Guan, T., Yang, Y., Qin, C., & Liu, Y. (2023). Femtosecond transient absorption spectroscopy on the thermally activated delayed fluorescence of bis [4-(9-H-carbazole) phenyl] sulfone. *Journal of luminescence, 253*, 119459.

Zhang, T., Xiao, Y., Wang, H., Kong, S., Huang, R., Ka-Man Au, V., . . . Huang, W. (2023). Highly twisted thermally activated delayed fluorescence (TADF) molecules and their applications in organic light-emitting diodes (OLEDs). *Angewandte Chemie International Edition, 62*(39), e202301896.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FARKLI II-KÖPRÜ SEÇİMİYLE TASARLANMIŞ BAZI DTP TÜREVLERİNİN MOLEKÜLER KENETLEME YÖNTEMİ İLE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Dr. Yasemin KEŞKEK KARABULUT[1]
Kırklareli Üniversitesi, Rektörlük, Proje Geliştirme ve Koordinasyon Ofisi, Kırklareli, Türkiye
ykeskekkarabulut@klu.edu.tr - 0000-0002-6742-783X

Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÖZTÜRK[2]
Iğdır Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Iğdır, Türkiye
kimyagerhan@hotmail.com - 0000-0003-4006-2428

Doç. Dr. Zeynep Şilan TURHAN[3]
Iğdır Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyokimya, Iğdır, Türkiye,
zeynepsilanturhan@hotmail.com - 0000-0002-3587-2576

ÖZET

Son yıllarda ditiyol [3,2-b:2′,3′-d]pirol (DTP) temelli malzemelerle ilgili birçok alanda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar yeni ve fonksiyonel bileşiklerin geliştirilmesinde dikkat çekici ilerlemeler göstermiştir. Çalışma da DTP, elektron veren, difenilfosfin oksit yapısı ise elektron alıcı birim olmak olarak tercih edilmiş ve bu iki yapı arasına benzen (P1), bifenil (P2), naftalin (P3) eklenerek yeni türevler tasarlanmıştır.

İlgili çalışmada; bileşiklerin ve referans ilaç olarak fosfomisinin E.coli, Staphylococcus aureus ve Pseudomonas aeruginosa üzerinde antibakteriyel özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla moleküler kenetlenme çalışmaları Autodock Vina programı yapılmış ve inhibe etme potansiyelleri incelenmiştir. Çalışmada protein veri bankasında yer alan yapılardan çözünürlük katsayısı, yapıda mutasyon olup olmadığı, çözünme tipi ve çözünme yılı dikkate alınarak uygun pdb kodlu yapılar seçilmiştir (4PRV, 6J7J ve 1MWT). Seçilen yapılarda X-ray kristal yapısında yer alan ligandın yapıdan çıkarılması ve aynı enzim molekülüne moleküler kenetlenme programı kullanılarak yeniden yerleştirilmesiyle validasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Referans molekül fosfomin ve ilgili yapıların E.coli, Staphylococcus aureus ve Pseudomonas aeruginosa ile moleküler kenetlenme sonucu konumları ve moleküller arası etkileşimleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Moleküler Kenetlenme, Fosfomin, DTP, Difenilfosfin Oksit.

1. GİRİŞ

Ditiyol [3,2-b:2′,3′-d]pirol (DTP), pirol halkasına kaynaşmış iki tiyofen halkasından oluşan bitişik halka sistemlerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Son yıllarda oligo ve poli ditiyolpiroller, düzlemsel yapısı, yeni bir yapıda konjuge π sistemi ve halka sistemindeki (DTP) N-H bağının alkil gruplarıyla kolay fonksiyonelleştirilebilmesinden dolayı N-alkil DTP bileşikleri nanotekonoloji, organik sentez kimyası ve polimer kimyası alanından pek çok araştırmacının çalışma konusu olmuştur. Ditiyol [3,2-b:2′,3′-d]pirol (DTP) bileşikleri çok geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadır [1-2].

Elde edilen malzemenin özelliklerini kontrol etmek amacıyla genellikle bazı sentez stratejileri (monomere fonksiyonel birimler ekleme , kopolimerizasyon elde etme ve Donör (D)-Akseptör (A) yaklaşımı) kullanılır. Azaltılmış bant aralığı ve ayarlanmış HOMO ve LUMO enerji seviyeleri, daha düşük oksidasyon potansiyeli, daha yüksek absorbans başlangıcı ve tatmin edici optik kontrast ile sonuçlanır. Bu nedenle, bilim insanları tarafından azaltılmış veya istenen bant aralığı değerlerine sahip yapılar elde etmek için büyük çabalar sarf edilmiştir. Donör-akseptör (DA) yaklaşımı en çok kullanılan stratejilerden biridir. Bu yaklaşımda, güçlü bir donör ve bir akseptör biriminin sırasıyla yüksek bir HOMO enerji seviyesine ve düşük bir LUMO seviyesine sahip olması istenir [3].

Elektron açısından zengin konjuge beş üyeli yapılar, örneğin tiyofenler, furan pirolleri ve selenofenler , genellikle düşük oksidasyon potansiyeline sahip elektrokromlar elde etmek için donör birimler olarak kullanılır . Neyse ki, bu sistemler sentetik modifikasyona oldukça uygundur. Bu yapılar arasında, farklı alt birimlere sahip tiyofen ve pirol ile elde edilen birçok yapı vardır [4-6]. Yapıların özelliklerini daha etkili hale getirmek için kullanılan yöntemlerden biri, tekrarlayan aromatik halkaların siklizasyonudur. Halkaların füzyonu, halkalar arasındaki dönme hareketini azaltarak ana zincirin yapısal sağlamlığını artırır . Bu tür bir oluşum, sistemin düzlemselliğini artırır ve π orbitallerinin daha iyi örtüşmesini sağlar. Örneğin, iki tiyofen halkasının birbirine kenetlenmesi, halkalar arası mesafeyi tiyofen birimine kıyasla azaltır ve bu da kinoide neden olur. Bu nedenle, birçok yapının omurgasına kaynaşmış tiyofen türevlerinin dahil edilmesi son zamanlarda oldukça popüler hale geldi. Bu sert ve eş düzlemli yapı, etkili π-konjugasyonunu artırdığı, bant aralığını düşürdüğünü göstermiştir [7-10].

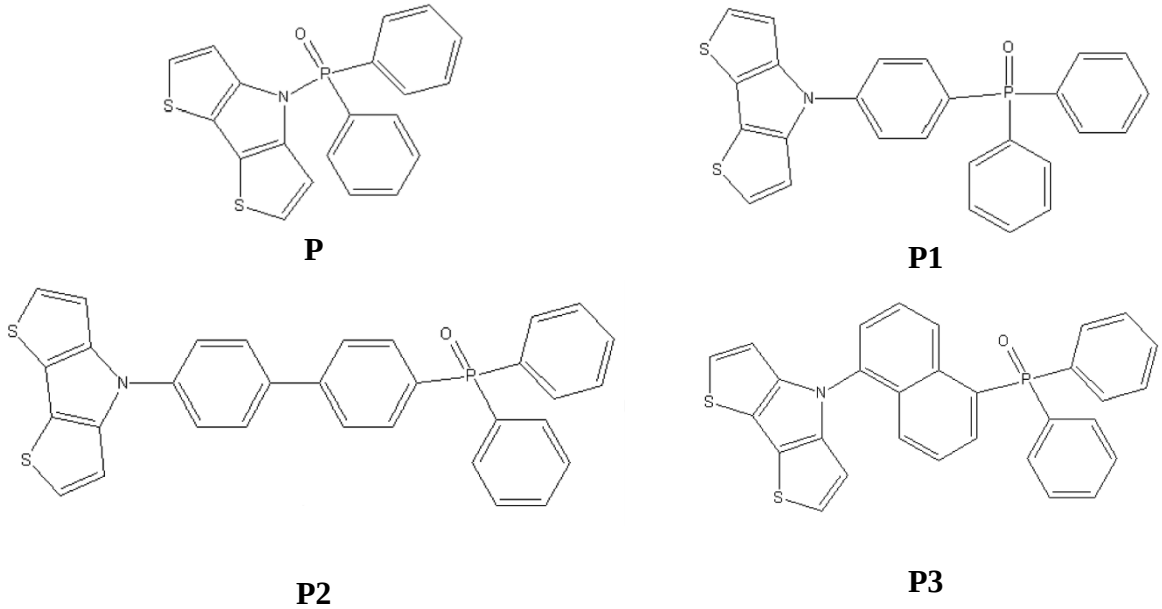
Antibakteriyel direnç, küresel çaptaki sağlık sorunları arasında en büyük olanıdır ve halk sağlığını da oldukça fazla tehdit eder. Yeni nesil antibiyotiklerin kullanılması, doğal antibakteriyellerde kombinasyon ve antibakteteriyel özellik gösteren kimyasal yapıların hibridizasyonu (yeni türevlerin oluşturulması) bu alandaki önemli yaklaşımlar arasında yer alır. Hibridizasyon, ilaç dirençlerini yenmek ve biyolojik aktiviteleri arttırmak için ilaç geliştirmek amacıyla son yıllarda oldukça sık kullanılan umut vadeden bir yöntemdir [11].

Moleküler yerleştirme yöntemi, bir bağlanma modeli oluşturan iki molekülün etkileşimini tahmin etmek için kullanılan hesaplamalı bir yöntemdir. Birçok ilaç keşfi uygulamasında kenetlenme, küçük bir molekül ile bir makromolekül arasında, örneğin protein-ligand kenetlenmesiyle yapılır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ise, kenetlenme, örneğin protein-protein kenetlenmesi gibi iki makromolekül arasındaki bağlanma modunu tahmin etmek için de uygulanmaktadır. Son 15 yıldan fazla bir süredir moleküler yerleştirmeyle ilgili yayınların sayısı önemli ölçüde artmıştır [12]. Moleküler yerleştirme gibi yaklaşımlar günümüzde milyonlarca bileşiğin uygun bir sürede sanal olarak taranmasını sağlayarak, deneysel

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

çalışmaların tanımlamasının ilk maliyetlerini düşürmekte ve istenen ilaç adaylarını bulma şansını artırmaktadır. Şu anda, ilaç keşfi görevlerini kolaylaştırmak için çeşitli moleküler modelleme teknikleri mevcuttur ve bunların çoğu yapı tabanlı ve ligand tabanlı yaklaşımlar olarak sınıflandırılmaktadır [13].

Bu çalışmada da DTP, elektron veren, difenilfosfin oksit yapısı ise elektron alıcı birim olmak olarak tercih edilmiş (P) ve bu iki yapı arasına benzen (P1), bifenil (P2), naftalin (P3) eklenerek yeni türevler tasarlanmıştır. Referans olarak ise piyasada aktif ilaç etken maddesi olarak kullanılan Fosfomisin yapısı tercih edilmiş ve çalışmalara dahil edilmiştir. Çalışılan türevlerden P, P1, P2 ve P3'ünn molekül yapısı Görsel 1'de görülebilir.



Görsel 1. P, P1, P2 ve P3 Türevlerinin kimyasal yapısı

2. TEORİK ÇALIŞMALAR

2.1. Referans (Fosfomisin) ve DTP Türevlerinin P ve P0 Teorik Hesaplamaları

Bu çalışmada ilk olarak kuantum kimyasal hesaplamalar için Gaussian09 paket programı kullanılmıştır. Bu program, moleküler sistemlerin elektronik yapılarını araştırmak amacıyla geliştirilmiş, yaygın olarak tercih edilen bir hesaplamalı kimya yazılımıdır. Kimya alanındaki geleneksel ve ileri düzey araştırmalara katkı sağlayan bu program, deneysel yöntemlerle incelenmesi güç ya da imkânsız olan moleküller, geçiş halleri ve ara ürünlerin detaylı analizinde etkin bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda, potansiyel reaksiyon mekanizmalarını değerlendiren araştırmacılar için de önemli bir araç niteliğindedir. Gaussian09, moleküllerin enerji seviyeleri, yapısal özellikleri ve spektral analizleri gibi çeşitli alanlarda kapsamlı modelleme olanağı sunarak hesaplamalı kimya çalışmalarına büyük katkı sağlar [14].

Gaussian yazılımına ait paket programlar için giriş (input) dosyalarını oluşturmak ve Gaussian çıktılarının görselleştirilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir grafik arayüzü olarak GaussView 5.0.8 programı kullanılmıştır. Bu arayüz, Gaussian formatında tanımlanan moleküllerin görsel olarak incelenmesine olanak tanır ve yapıların döndürülmesi, taşınması

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

veya moleküler değişikliklerin yapılmasını kolaylaştırır. Ayrıca, karmaşık hesaplamalar için dahi giriş dosyalarının hızlı ve pratik bir şekilde hazırlanmasını mümkün kılar [15].
Referans (Fosfomisin) ve DTP türevlerinin (P, P1, P2 ve P3) molekül yapıları gaussian 09 programı arayüzü yardımıyla çizilmiştir ve gaz fazında kuantum kimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi için GEN anahtarıyla DFT/B3LYP seviyesinde 6-311G optimize edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda antimikrobiyal özelliği değerlendirilip bakteriler üzerindeki etkilerini görmek için moleküler kenetlenme hesaplamaları da yapılmıştır.
Antimikrobiyal tanımlayıcı LUMO ve yoğunluk (d) değerlerine göre açıklanır [16]. Yoğunluk azaldığında hücre zarı üzerine yayılma potansiyeli ve etkileşim, penetrasyon kapasitesi artar. Bu durumda da, antibakteriyel etki artar.
P, P1, P2 ve P3 türevlerinin E_{LUMO} ve yoğunluk değerleri incelendiğinde, her ikisinin de referans ligand olan fosfomisine göre daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu değerlerden yola çıkarak, kuantum kimyasal hesaplamalar açısından türevlerin antimikrobiyal özellik gösterdiği söylenebilir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Referans (Fosfomisin) ve DTP türevlerinin (P, P1, P2 ve P3) E_{LUMO} ve yoğunluk değerleri

Molekül	E_{LUMO} (eV)	Yoğunluk (g/cm^3)
Fosfomisin	- 0,5075	1,8309
P	-1,6204	1,5539
P1	-1,5309	1,5068
P2	-1,4552	1,2863
P3	-1,9459	1,5346

2.2. Referans (Fosfomisin) ve DTP Türevlerinin (P, P1, P2 ve P3) Moleküler Kenetlenme Hesaplamaları

Bu çalışmada moleküler kenetlenme hesaplamalarını gerçekleştirmek adına AutoDock Vina programı kullanılmıştır. Bu program, 2010 yılında AutoDock'un geliştirildiği laboratuvar tarafından tasarlanmış bir kenetlenme (moleküler kenetlenme) yazılımıdır. Program, yerel ve global optimizasyon tekniklerini bir arada kullanan etkili bir algoritmaya sahiptir. AutoDock Vina, önceki versiyon olan AutoDock'a kıyasla yaklaşık iki kat daha hızlı kenetlenme işlemi gerçekleştirebilmektedir. Diğer moleküler kenetlenme yazılımlarında olduğu gibi, bu yazılım da sistemin kimyasal potansiyellerini yaklaşık olarak değerlendiren bir skorlama fonksiyonuna dayanır. AutoDock Vina'da kullanılan skorlama fonksiyonu, Xscore'un geliştirilmiş bir versiyonudur.
Skorlama fonksiyonları, fizik tabanlı terimler olan 6-12 van der Waals etkileşimlerini ve Coulomb enerjilerini içermektedir. Ancak, deneysel enerji ile serbest enerji değerleri arasındaki farklılıkları daha doğru bir şekilde yansıtabilmek için bu fonksiyonlarda bazı düzenlemeler yapılması gerekebilir. Bu bağlamda, hidrofobik atomlar arasındaki hidrofobik etkileşimler, hidrojen bağları ve atom çiftleri arasındaki sterik etkileşimlerin toplam etkisi dikkate alınmalıdır. Bu parametrelerin skorlama fonksiyonuna dahil edilmesi, hassasiyetin artırılması adına konfigürasyon dosyasında özelleştirmeler yapılmasını gerektirebilir [17]. Ayrıca,

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AutoDockTools (ADT) olarak bilinen bir grafik kullanıcı arayüzü de mevcuttur. ADT, ligandda hangi bağların dönebilir olarak tanımlanacağını ayarlamak ve yerleştirme sonuçlarını analiz etmek gibi işlevlerde araştırmacılara kolaylık sağlamaktadır [18].

Hem Gram pozitif bakteri Staphylococcus aureus hem de Gram negatif bakteri Escherichia coli ve Pseudomonas aeruginosa , çeşitli enfeksiyonlardan sorumlu olan çoklu ilaca dirençli patojenlerdir. RSCB Protein data bank da yer alan ve literatür taraması ile bulunan tüm çözünmüş enzimler veribankasından tarandı. Kullanılan Protein Veri Bankası (PDB), proteinler ve nükleik asitler gibi büyük biyolojik moleküllerin üç boyutlu yapılarını içeren bir veritabanıdır. Bu veritabanındaki yapısal bilgiler, genellikle X-ışını kristalografisi veya nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi yöntemleriyle elde edilmektedir. Araştırmacılar, Protein Veri Bankası'nda sunulan bu yapı verilerine dünyanın her yerinden ücretsiz olarak erişim sağlayabilirler. Veritabanında yer alan makromoleküller, .pdb dosya formatında sunulmaktadır. Bu dosyalar, adlandırılırken bir rakam ve belirli bir harf kodlama sisteminden oluşan toplam dört karakter kullanılır. PDB dosya formatı; proteinin atomik koordinatlarını, birincil ve ikincil yapı bilgilerini, kristalografik yapı faktörlerini, çözünme değerlerini ve yapı dizilim bilgilerini içerir. Ayrıca, bu dosya formatı, ilaç tasarımında yaygın olarak kullanılan yazılımların büyük çoğunluğu tarafından sorunsuz bir şekilde entegre edilebilmektedir [19].

Tüm enzimlerin R değerleri, Çözünme şekilleri ve ekli ligandları ile birlikte, literatürde var olan yapılmış çalışma sonuçları dikkate alınarak seçim yapıldı. Tüm parametreler değerlendirildiğinde Çizelge 2'de görülen 3 çözünmüş yapı moleküler kenetlenme çalışmaları için seçildi.

Çizelge 2. RSCB Database (Protein Veri Bankası)ndan seçilen patojen yapıları

Kod	Kaynak	Mutasyon	Çözünürlük	Metod	Yıl	Ligandı	Tanım
4PRV	Escherichia coli	Yok	2.00 A^0	X-Ray	2014	ADP, MG	E. coli GyrB 43-kDa N-terminal fragment in complex with ADP
6J7J	Pseudomonas aeruginosa	Yok	1.75 A^0	X-Ray	2019	MES	Pseudomonas aeruginosa PAO1
1MWT	Staphylococcus aureus	Yok	2.45 A^0	X-Ray	2002	PNM, CD, CL	Structure of penicillin G acyl-Penicillin binding protein 2a from methicillin resistant Staphylococcus aureus strain 27r at 2.45 A resolution.

Çalışmanın diğer aşamasında Autodock Vina programının uygunluğunu control etmek adına yöntem validasyonu yapılmıştır. Moleküler kenetlenme metodunun validasyonu, X-ray kristal yapısında yer alan ligandın yapıdan çıkarılması ve aynı enzim molekülüne moleküler kenetlenme programı kullanılarak yeniden yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Bu işlem sonucunda elde edilen konformasyonların, referans yapıdaki konformasyon ile karşılaştırılarak sapma değerlerinin incelenmesi sağlanır. Bu çalışmada validasyon amacıyla 4PRV [20] yapısında bulunan ADP ligandı kullanılmıştır. Enzimden çıkarılan ADP ligandı, AutoDock

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Vina programı yardımıyla tekrar aynı bölgeye yerleştirilmiş ve 4PRV enzimi ile moleküler kenetlenme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Görsel 2. ADP Ligandının Re-Moleküler kenetlenme Öncesi ve Sonrası Görüntüsü

Moleküler kenetlenme sonucunda en iyi yerleşme gösteren ligand konformasyonunun RMSD değeri 1,425 A^0 olarak bulunmuştur. RMSD değeri 2 A^0'dan küçük olduğundan dolayı autodock vina programının seçilen sistem için uygun olduğu belirlenmiştir [21].

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

AutoDock Vina ile moleküler kenetlenme işlemi gerçekleştirmek için, ADT arayüzü kullanılarak hazırlanan .pdbqt formatındaki enzim ve ligand dosyalarını içeren bir konfigürasyon dosyası oluşturulmuştur. Bu dosyada; moleküler kenetlenme yapılacak enzim ve ligand dosyalarının isimleri ve formatları, hedef bölgenin kartezyen koordinatları ve moleküler kenetlenme alanının genişliğini tanımlayan parametreler yer almaktadır. Ayrıca, moleküler kenetlenme işleminin gerçekleştirileceği grid haritasının kartezyen koordinatları ve grid kutusunun boyut bilgileri de bu dosyada tanımlanmıştır. Konfigürasyon dosyası, ligandların ve makromoleküllerin hazırlanmasından sonra AutoDock Vina tarafından hesaplamalarda kullanılan tek giriş dosyasıdır. Program tarafından Fosfomisin ve DTP türevleri olan P, P1, P2 ve P3 için bir log ve out dosyası yine .pdbqt formatında oluşturulmuştur.Seçilen 4PRV *E.coli dna griaz* proteini, 6J7J *Pseudomonas Aeruginosa* ve 1MWT *Staphylococcus Aureus* proteinleri ile Fosfomisin, P, P1, P2 ve P3'ün olası 9 konformasyonu değerlendirilmiştir.

Çizelge 3'te oluşturan log dosyaları görülmektedir.

Çizelge 3. Fosfomisin, P, P1, P2 ve P3'ün Autodock Vina programı tarafından oluşturulan log dosyaları

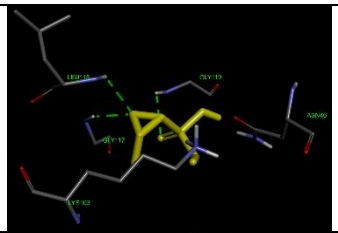
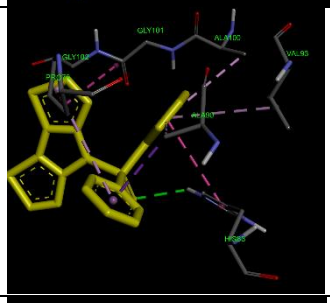
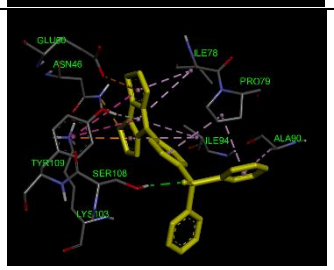
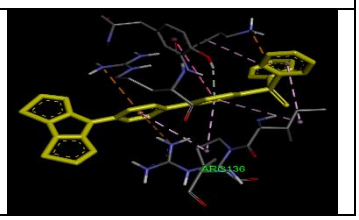
DTP Türevleri	4PRV (E.coli)	6J7J (Pseudomonas Aeruginosa)	1MWT (Staphylococcus Aureus)
Fosfomisin	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -5.2 0.000 0.000 2 -5.1 1.460 2.107 3 -5.0 1.844 2.676 4 -5.0 2.401 2.865 5 -4.9 2.242 3.081 6 -4.7 1.456 2.232 7 -4.6 1.254 2.049 8 -4.5 2.365 3.177 9 -4.5 2.289 3.294 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -4.3 0.000 0.000 2 4.2 1.411 2.306 3 -4.1 35.273 36.059 4 4.0 34.896 35.859 5 -4.0 1.610 2.492 6 -4.0 35.278 36.043 7 -3.9 35.266 36.222 8 -3.8 19.828 20.630 9 3.8 19.989 20.791 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -4.0 0.000 0.000 2 4.0 1.947 2.775 3 3.8 1.929 2.845 4 -3.7 2.078 2.801 5 -3.6 2.251 3.499 6 -3.5 2.089 2.739 7 3.4 4.565 5.436 8 3.4 2.397 3.592 9 -3.4 3.968 4.858 Writing output ... done.
P	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -5.9 0.000 0.000 2 5.8 2.758 4.664 3 -5.8 2.704 5.183 4 -5.8 2.689 4.258 5 -5.8 2.755 4.653 6 -5.7 2.634 5.220 7 -5.7 2.763 5.368 8 -5.6 2.947 5.906 9 -5.6 3.102 4.927 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 6.0 0.000 0.000 2 -5.9 0.291 2.726 3 -5.9 2.676 5.099 4 5.7 12.894 15.888 5 -5.7 13.864 15.[illegible]85 6 -5.7 17.414 20.636 7 -5.6 13.946 15.345 8 -5.6 2.600 5.657 9 -5.5 24.511 27.494 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 5.7 0.000 0.000 2 5.7 1.686 4.988 3 -5.6 0.253 2.723 4 -5.5 1.743 4.423 5 -5.5 16.176 18.036 6 -5.3 2.746 4.695 7 -5.3 1.265 3.063 8 -5.2 7.123 5.302 9 -5.[illegible] 15.630 17.735 Writing output ... done.
P1	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 7.9 0.000 0.000 2 -7.9 0.033 2.438 3 -7.7 1.656 3.730 4 -7.6 1.710 3.162 5 7.5 4.132 8.544 6 7.5 4.137 8.192 7 -7.4 1.444 4.736 8 -7.1 5.154 9.100 9 -7.1 5.159 9.305 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -7.3 0.000 0.000 2 -7.3 0.101 2.440 3 -7.1 10.343 13.878 4 -7.0 10.473 13.846 5 -6.9 10.817 14.736 6 -6.8 11.100 15.173 7 -6.7 10.653 14.[illegible]28 8 -6.7 10.617 14.230 9 -6.6 2.042 3.539 Writing output ... done.	mode | affinity (kcal/mol) | dist from best mode rmsd l.b. | rmsd u.b. 1 -6.6 0.000 0.000 2 -6.6 0.182 2.445 3 -6.4 4.200 9.029 4 -6.4 4.186 8.757 5 -6.2 1.309 2.696 6 -6.[illegible] 7.338 10.803 7 -6.[illegible] 16.096 20.092 8 -6.[illegible] 16.077 20.004 9 -6.[illegible] 4.344 6.805 Writing output ... done.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

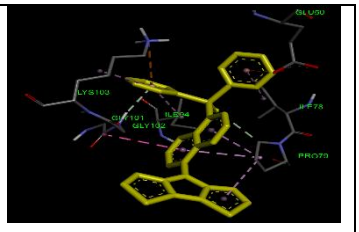
P2	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -8.1 0.000 0.000 2 -8.1 0.020 2.371 3 -8.1 9.928 13.308 4 -8.0 9.970 13.278 5 -7.8 3.229 4.744 6 -7.8 3.243 3.687 7 -7.7 6.278 8.729 8 -7.7 6.264 8.462 9 -7.6 5.113 6.941 Writing output ... done.	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -7.6 0.000 0.000 2 -7.4 0.259 2.249 3 -7.2 33.989 36.648 4 -7.1 34.021 36.650 5 -7.1 34.048 36.596 6 -7.1 33.634 36.199 7 -7.1 34.332 37.439 8 -7.1 32.962 36.201 9 -7.0 34.109 36.656 Writing output ... done.	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -6.6 0.000 0.000 2 -6.6 0.078 2.235 3 -6.6 5.732 11.221 4 -6.6 5.719 11.297 5 -6.4 3.364 5.126 6 -6.3 6.877 9.561 7 -6.3 5.290 11.410 8 -6.3 6.573 10.909 9 -6.2 6.787 10.788 Writing output ... done.
P3	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -8.1 0.000 0.000 2 -8.1 0.015 2.296 3 -7.3 5.803 9.163 4 -7.3 5.822 9.287 5 -6.9 3.996 8.667 6 -6.9 3.989 8.931 7 -6.6 4.067 8.496 8 -6.6 5.695 8.819 9 -6.5 4.773 8.571 Writing output ... done.	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -7.2 0.000 0.000 2 -7.1 0.512 2.346 3 -6.9 9.647 13.634 4 -6.8 4.074 8.286 5 -6.8 3.889 8.758 6 -6.8 3.888 8.453 7 -6.8 4.073 7.987 8 -6.7 9.648 13.672 9 -6.7 10.581 13.107 Writing output ... done.	mode | affinity | dist from best mode | (kcal/mol) | rmsd l.b.| rmsd u.b. ----+----------+---------- 1 -7.0 0.000 0.000 2 -7.0 0.090 2.298 3 -6.8 4.865 8.378 4 -6.6 5.151 8.338 5 -6.6 5.178 8.489 6 -6.5 12.552 17.202 7 -6.5 12.631 17.313 8 -6.4 10.817 14.726 9 -6.4 1.839 3.279 Writing output ... done.

Her bir yapı için 9 konformasyon belirlenmiştir ve sonuçlar ADT kullanıcı arayüzü yardımıyla yorumlanmıştır. En iyi bağlanmayı gösteren konformasyon seçilmiş ve aktif bölgede etkileşimde olduğu aminoasitler, etkileşim çeşitleri, aktif bölgedeki üç boyutlu pozisyonları Çizelge 4, 5 ve 6'da incelenmiştir.

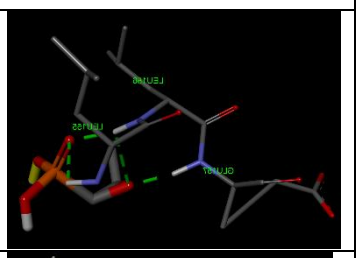
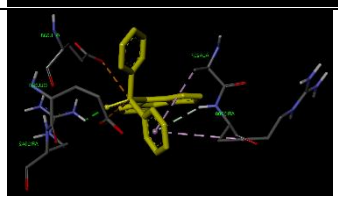
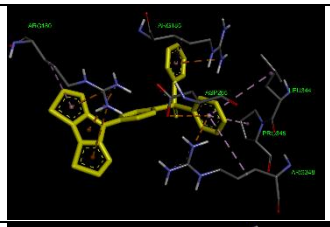
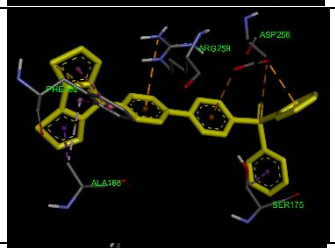
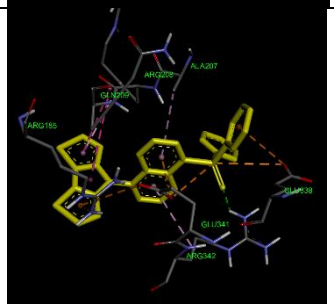
Çizelge 4. E.Coli (4PRV) Patojeni için Moleküler Kenetlenme Sonuçları

Yapı	Bağlanma Enerjisi	Etkileşimler	Etkileşimde olduğu Aminoasitler	Aktif Bölgedeki Görüntü
Fosfomisin	-5,2 kcal/mol	3 H Bağı (GLY119, LEU115 ve GLY117),	GLY119, LEU115, GLY117, ASN46, A103	
P	-5,9 kcal/mol	1 H Bağı (HIS83) Van der Waals Pi-sigma ve pi-alkil	VAL93, ALA100, ALA90, PRO79, HIS83, GLY101, GLY102	
P1	-7,9 kcal/mol	1 H Bağı (SER108) Pi-alkil, pi-katyon ve pi-anyon etkileşimleri Pi-pi etkileşimleri	ILE78, GLU50, TYR109, ALA90, PRO79, SER108, ILE94, LYS103, ASN46	
P2	-8,1 kcal/mol	Pi-pi etkileşimleri Pi-katyon ve pi-alkil	ILE78, ARG136, ARG76, LYS103, TYR109, PRO79	

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

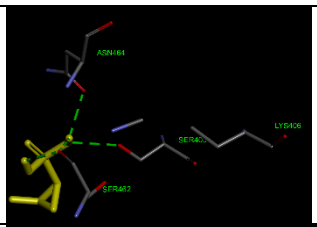
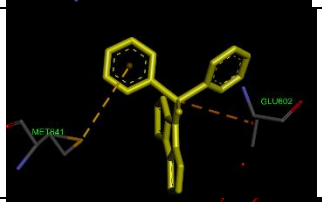
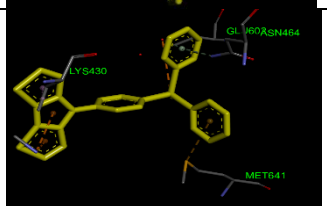
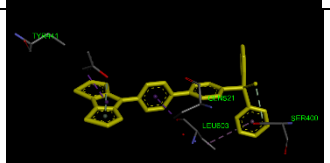
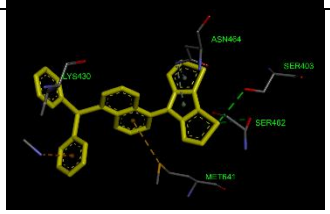
P3	-8,1 kcal/mol	Pi-katyon, pi-anyon ve pi-alkil etkileşimleri Amid-pi etkileşimleri	ILE78, PRO79, GLU50, ILE94, LYS103, GLY102, GLY101	

Çizelge 5. Pseudomonas aeruginosa (6J7J) Patojeni İçin Moleküler Kenetlenme Sonuçları

Yapı	Bağlanma Enerjisi	Etkileşimler	Etkileşimde olduğu Aminoasitler	Aktif Bölgedeki Görüntü
Fosfomisin	-4,3 kcal/mol	5H Bağı (GLU157, LEU156 ve LEU155)	GLU157, LEU156 ve LEU155	
P	- 6,0 kcal/mol	1 H Bağı (ARG342) Pi-anyon ve pi-alkil etkileşimleri	ARG208, ALA207, GLU341, ARG342, GLU338	
P1	-7,3 kcal/mol	Pi-katyon, pi-anyon ve pi-alkil etkileşimleri	PRO345, ASP265, ARG348, LEU344, ARG185, ARG180	
P2	-7,6 kcal/mol	Pi-katyon, pi-anyon ve pi-alkil etkileşimleri Pi-sigma etkileşimleri	SER175, ARG259, PHE162, ASP256, ALA168	
P3	-7,2 kcal/mol	1 H Bağı (ARG342) Pi-katyon ve pi-anyon etkileşimleri Van der Waals Pi-alkil etkileşimleri	GLU338, ARG342, ALA207, GLU341, GLN209, ARG208 ve ARG185	

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Çizelge 6. S. aureus (1MWT) Patojeni için Moleküler Kenetlenme Sonuçları

Yapı	Bağlanma Enerjisi	Etkileşimler	Etkileşimde olduğu Aminoasitler	Aktif Bölgedeki Görüntü
Fosfomisin	-4.0 kcal/mol	4 H Bağı (SER403, ASN464 ve SER462)	SER403, ASN464, LYS406 ve SER462	
P	5,7 kcal/mol	Pi-sülfür etkileşimi	GLU602 ve MET641	
P1	-6.6 kcal/mol	Pi-katyon ve pi-alkil etkileşimleri	MET641, ASN464, GLU602, LYS430	
P2	-6,6 kcal/mol	Pi-sigma ve pi-alkil etkileşimleri	SER400, GLN521, TYR441, LEU603	
P3	-7,0 kcal/mol	2 H Bağı (SER462 ve SER403) Pi-katyon ve pi-alkil etkileşimleri	ASN464, SER462, SER403, MET641, LYS430	

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, piyasada aktif ilaç olarak kullanılan Fosfomisin etken maddesi referans alınarak, DTP türevlerinde P, P1, P2 ve P3 türevlerinin kuantum kimyasal yöntemler ve moleküler kenetlenme yöntemleri ile anti mikrobiyal özellik gösterip göstermediğine dair teorik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak bağlanma enerjilerine bakıldığında, piyasada aktif ilaç etken maddesi olarak kullanılan Fosfomisinin diğer DTP türevlerine göre daha düşük bağlanma enerjisine sahip olması ilaç etkinliğinin türevlerden daha az olduğunu düşündürmektedir.

Her bir patojene karşı moleküler kenetlenme sonuçları tek tek incelendiğinde, tüm patojenlerde Fosfomisine kıyasla türevlerin bağlanma enerjileri -5,7 kcal/mol ile 8,1 kcal/mol arasında değişmektedir. Ayrıca, iyi olan bağlanma enerjilerinin yanında, aktif bölgeye yerleşme pozisyonlarının ve aktif bölgedeki aminoasitler ile olan etkileşimlerinin de fosfomisine göre daha fazla ve etkili olduğu görülmüştür. DTP türevlerinde benzen, bifenil ve naftalin varlığının ilaç olma potansiyelini arttırdığı söylenebilir.

Sonuç olarak, P, P1, P2 ve P3 türevlerinin kuantum kimyasal değerlendirilmesi ve doking hesaplamaları sonucunda, yapıların antimikrobiyal özellik gösterdiği ve ilaç olma potansiyellerinin yüksek olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Ogawa, K. ve Rasmussen, S.C., N-Functionalized Poly (Dithieno [3,2-b:2’,3’-d] Pyrrole)s: Highly Fluorescent Materials with Reduced Band Gaps, *Macromolecules*, 39(5), 1771–1778, 2006.

[2] Koeckelberghs, G., De Cremer, L., Persoons, A. ve Verbiest, T., Influence of the Substituent and Polymerization Methodology on the Properties of Chiral Poly (Dithieno [3,2-b:2’,3’-d] Pyrrole)s, *Macromolecules*, 40(12), 4173–4181, 2007.

[3] Carbas, B.B. ve Yıldız, H.B., A Review of Dithieno [3,2-b:2′,3′-d] Pyrrole-Based Electrochromic Conjugated Polymers, *European Polymer Journal*, 204, 112700, 2024.

[4] Dyer, A.L. ve Reynolds, J.R., Electrochromism of Conjugated Conducting Polymers, *Handbook of Conducting Polymers*, 1, 1–63, 2007.

[5] Camurlu, P., Polypyrrole Derivatives for Electrochromic Applications, *RSC Advances*, 4(99), 55832–55845, 2014.

[6] De Paoli, M.A., Casalbore-Miceli, G., Girotto, E.M. ve Gazotti, W.A., All Polymeric Solid State Electrochromic Devices, *Electrochimica Acta*, 44(18), 2983–2991, 1999.

[7] Brédas, J.L., Relationship Between Band Gap and Bond Length Alternation in Organic Conjugated Polymers, *The Journal of Chemical Physics*, 82(8), 3808–3811, 1985.

[8] Brédas, J.L., Themans, B., André, J.M., Heeger, A.J. ve Wudl, F., Geometric and Electronic Structures of Isothianaphthene and Thieno [3,4-c] Thiophene: A Theoretical Investigation, *Synthetic Metals*, 11(6), 343–352, 1985.

[9] Dkhissi, A., Louwet, F., Groenendaal, L., Beljonne, D., Lazzaroni, R. ve Brédas, J.L., Theoretical Investigation of the Nature of the Ground State in the Low-Bandgap Conjugated Polymer, Poly (3,4-Ethylenedioxythiophene), *Chemical Physics Letters*, 359(5-6), 466–472, 2002.

[10] Lee, K. ve Sotzing, G.A., Poly (Thieno [3,4-b] Thiophene): A New Stable Low Band Gap Conducting Polymer, *Macromolecules*, 34(17), 5746–5747, 2001.

[11] Farhadi, F., Khameneh, B., Iranshahi, M. ve Iranshahy, M., Antibacterial Activity of Flavonoids and Their Structure–Activity Relationship: An Update Review, *Phytotherapy Research*, 33(1), 13–40, 2019.

[12] Prieto-Martínez, F.D., Arciniega, M. ve Medina-Franco, J.L., Molecular Docking: Current Advances and Challenges, *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 2018.

[13] Pinzi, L. ve Rastelli, G., Molecular Docking: Shifting Paradigms in Drug Discovery, *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4331, 2019.

[14] Frisch, M.J.E.A., *Gaussian 09, Revision D.01*, Gaussian Inc., Wallingford, CT, 2009.

[15] Dennington, R., Keith, T. ve Millam, J., *GaussView, Version 5*, 2009.

[16] Turhan, Z.Ş. ve Tenlik, F., Theoretical Investigation of Some 1,2,4-Triazole-Based Molecules Synthetized, *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 236(10), 1357–1376, 2022.

[17] Trott, O. ve Olson, A.J., AutoDock Vina: Improving the Speed and Accuracy of Docking with a New Scoring Function, Efficient Optimization, and Multithreading, *Journal of Computational Chemistry*, 31(2), 455–461, 2010.

[18] Morris, G.M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M.F., Belew, R.K., Goodsell, D.S. ve Olson, A.J., AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated Docking with Selective Receptor Flexibility, *Journal of Computational Chemistry*, 30(16), 2785–2791, 2009.

[19] Berman, H.M., Westbrook, J., Feng, Z., Gilliland, G., Bhat, T.N., Weissig, H., ve Bourne, P.E., The Protein Data Bank, *Nucleic Acids Research*, 28(1), 235–242, 2000.

[20] Stanger, F.V., Dehio, C. ve Schirmer, T., Structure of the N-Terminal Gyrase B Fragment in Complex with ADP·Pi Reveals Rigid-Body Motion Induced by ATP Hydrolysis, *PLOS ONE*, 9(9), e107289, 2014.

[21] Keşkek Karabulut, Y., Yiğit, A., Karacalı Tunç, A., Sarıtaş, B.M., Kesici, S., Uzun, Y. ve Sadullahoğlu, C., MAO-A Inhibitor Properties by Molecular Modeling Method, Antimicrobial Activity and Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized from *Lactifluus Bertillonii* Mushroom, *Duzce University Journal of Science & Technology*, 12(4), 2024.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KOMPOSTLAŞTIRMA İŞLEMİNDE SERBEST HAVA BOŞLUĞUNUN ÖNEMİ

Dr. FEVZİ ŞEVİK
Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bingöl, Türkiye
fsevik@bingol.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7047-694X

Dr. KEMAL SÜLÜK
Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Muş, Türkiye
kemalsuluk@gmail.com – ORCID ID: 0000-0003-1853-8872

ÖZET

Kompostlaştırma sürecinin etkinliği, karışım içindeki hava boşluk oranının uygun seviyede olmasına bağlıdır. Bu oran, kompost karışımlarında oksijenin serbestçe dolaşabilmesini sağlayarak aerobik mikroorganizmaların faaliyetlerini doğrudan etkiler. Kompost karışımlarında kullanılan gözenek malzemeleri; ahşap parçacıkları, ağaç kabukları, saman, talaş gibi doğal ve ekonomik kaynaklardan elde edilmekte olup, bu malzemelerin fiziksel özellikleri karışımın serbest hava boşluğu seviyesini belirleyen temel unsurlardır. Yeterli hava boşluğu sağlandığında havalandırma akışı karışım boyunca homojen şekilde dağılarak oksijen transferi artar, sıcaklık dengesi korunur ve su muhtevası istenen seviyede tutulur. Bu durum, organik maddelerin daha hızlı ve verimli şekilde ayrışmasını destekler. Gözenek yapısının yetersiz olduğu durumlarda ise oksijen eksikliği nedeniyle anaerobik koşullar gelişir, süreç yavaşlar ve istenmeyen kokular oluşabilir. Dolayısıyla kompostlaştırma prosesinde gözenek malzemeleri ve buna bağlı hava boşluk oranı, hem ayrışma hızını hem de prosesin sürdürülebilirliğini belirleyen kritik faktörlerdendir. Uygun gözenekli yapı sayesinde kompostlama daha kontrollü, aktif ve verimli bir şekilde gerçekleşmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gözenek Malzemesi, Hava Boşluk Oranı, Kompostlaştırma.

1. GİRİŞ

Katı atık yönetiminde temel amaç; atık oluşumunun önlenmesi, mevcut atıkların miktar ve hacimlerinin azaltılması ve çevresel etkilerinin en aza indirilmesidir. Günümüzde katı atıkların önemli bir kısmını organik içerikli atıklar oluşturmaktadır. Bu durum, yönetim stratejilerinin özellikle organik atıklar üzerinde yoğunlaşmasını zorunlu kılmakta ve bu atıkların çevreyle uyumlu yöntemlerle bertaraf edilmesini gerekli hale getirmektedir. Depolama alanı bulmadaki güçlükler, toplama ve taşıma maliyetlerinin yüksekliği ve atıklardan maksimum düzeyde faydalanma isteği, alternatif bir yöntem olarak kompostlaştırmayı daha da önemli ve cazip bir seçenek haline getirmiştir.

Kompostlaştırma işlemi, farklı organik atıkların kontrollü koşullar altında biyolojik ayrışmasıyla gerçekleşmektedir. Bu süreçte, kullanılan atık türüne bağlı olarak karbon/azot (C/N) oranı ve yapısal özellikler değişiklik göstermektedir. Farklı atıkların bir araya getirilmesiyle uygun C/N oranı sağlanabilmekte; aynı zamanda karışımın fiziksel yapısı iyileştirilerek daha verimli bir ayrışma ortamı oluşturulabilmektedir. Kompostlaştırma sürecini etkileyen başlıca parametreler arasında sıcaklık, pH, nem (su muhtevası), uçucu katı madde miktarı, karıştırma ve havalandırma yer almaktadır. Bu faktörler, mikroorganizmaların faaliyetini doğrudan etkileyerek ayrışma hızını ve kompostun nihai kalitesini belirlemektedir.

Özellikle havalandırma ve buna bağlı olarak ortamda bulunan hava boşluğu miktarı (porozite), kompostlaştırma sürecinin başarısında kritik bir rol oynamaktadır. Yeterli hava boşluğuna sahip olmayan kompost yığınlarında oksijen transferi sınırlanmakta, bu da anaerobik koşulların oluşmasına, kötü koku problemlerine ve ayrışma hızının düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kompostlaştırma uygulamalarında, yığının fiziksel olarak sıkışmasını önlemek ve hava geçirgenliğini artırmak amacıyla gözenek malzemeleri kullanılmaktadır. Gözenek malzemeleri, yığın içerisinde yapısal destek sağlayarak gerekli hava boşluklarının oluşmasına ve verilen havanın yığın boyunca homojen bir şekilde dağılmasına katkı sunmaktadır. Böylece mikrobiyal aktivite için uygun bir ortam oluşturularak daha hızlı, daha etkin ve çevresel açıdan daha güvenli bir kompostlaştırma süreci gerçekleştirilebilmektedir.

1.1. Kompostlaştırma İşlemi

Kompostlaştırma kontrollü aerobik koşullardaki organik materyalin biyolojik ayrışması olayıdır [1]. Artan organik atık miktarı, bu yöntemle hacim ve kütle açısından azaltılmakta; depolama alanları üzerindeki baskı hafifletilmektedir. Ayrıca sızıntı suyu, koku ve su kirliliği gibi çevresel sorunların önlenmesine katkı sağlanırken geri kazanılan kompost tarım ve bahçecilikte değerlendirilebilmektedir. Ayrışma süresi, atığın türüne ve bileşimine göre değişir. Hayvansal atıklar daha kısa sürede parçalanırken, bitkisel atıklar içerdikleri selüloz ve lignin nedeniyle daha uzun sürede ayrışır. Basit yapılı organik bileşikler hızlı bir şekilde parçalanırken, daha karmaşık yapılar yavaşça dönüşür. Kompostlaştırmanın temel amacı; organik maddeleri stabil hale getirmek, zararlı mikroorganizmaları ve yabancı ot tohumlarını yok etmek, besin değeri yüksek ve bitki gelişimini destekleyen bir ürün elde etmektir.

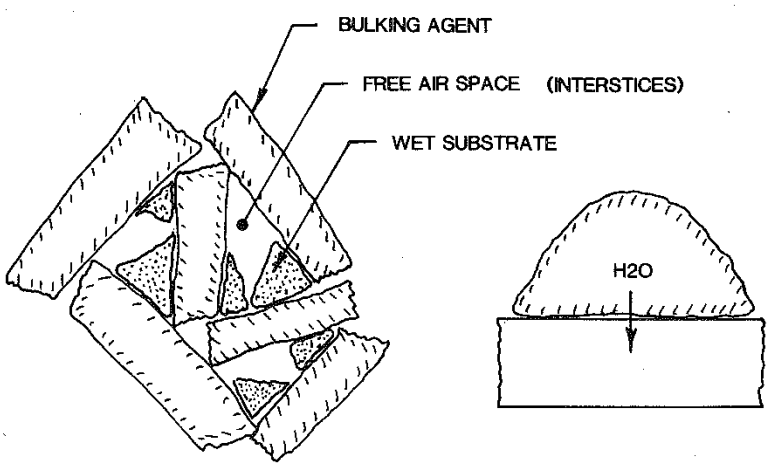
Kompostlaştırma işleminde etkili olan temel parametreler sıcaklık, C/N oranı, pH, su muhtevası, havalandırma ve karıştırma olarak sıralanabilir. Hızlı bir kompostlaştırma işlemi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

için önerilen koşullar şu şekildedir: (1) Karbon/Azot oranı 25:1-30:1, (2) kompost nem içeriği %50-60, (3) pH 6,5-8,0 ve (4) sıcaklık 55-60 °C [2]. Kompostlaştırma işlemi esnasında etkili olan parametrelerden sıcaklık, su muhtevası, havalandırma ve karıştırma aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.

2. KOMPOSTLAŞTIRMA İŞLEMİNDE HAVA BOŞLUK ORANI

Kompost karışımlarının hazırlanmasında havalandırmanın tüm kütle içerisine homojen dağılabilmesi için gözenek malzemeleri kullanılmaktadır. Kullanılan gözenek malzemeleri karışım içerisinde boşluklu bölümler oluşturarak kompostlamayı daha aktif kılmaktadır. Gözenek malzemeleri Gözenek malzemeleri ile kompost karışımlarında su muhtevası ve serbest hava boşluğu (free air space, FAS) oranları ayarlanabilmektedir [3]. Farklı kompost karışımlarında gözenek malzemesi kullanımı karışımların su muhtevasını %50–70 oranlarında azaltmaktadır [4]. Kompost karışımlarında gözenek malzemesi ve serbest hava boşluğu Görsel 1'de gösterilmiştir.



Görsel 1. Kompost içerisindeki gözenek malzemesi ve serbest hava boşluğu [5]

Su muhtevasının oldukça yüksek olması durumunda kompost yapısına oksijen transferini engellemekte ve anaerobik koşullara sebebiyet vermektedir [6]. Gözenek malzemesi eklenmesi ile karışımların FAS oranları iyileştirilebilmekte ve karışımların gaz ve katı fazları arasında yeterli su ve hava dağılımı sağlanmaktadır [7]. Haug'a [5] göre kompostlaştırma işleminde oksijen konsantrasyonu %5-7'den daha düşük olmamalı ve yeterli gözeneklilik ve FAS oranının %30 seviyelerinde olmasıyla uygun havalandırma mümkün olmaktadır. FAS, gözeneklilik ve birim hacim ağırlığı kompost yığınlarının hava akış direnci ile yakından ilişkilidir. Kompostlaştırma işleminde FAS havanın miktarı ve iletiminin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Kompost karışımları içerisinde kullanılan gözenek malzemeleri hammadde kaynaklarına göre fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılık göstermektedir. Kompostlama işleminde kullanılacak gözenek malzemesi; kolay temin edilebilir, düşük maliyetli, fiziksel olarak dayanıklı ve süreç

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

boyunca yığının içerisinde yeterli serbest hava boşluğu oluşturabilecek özellikte olmalıdır. Bu tür malzemeler, karışımın hava geçirgenliğini artırarak aerobik koşulların korunmasını sağlar ve böylece kompostlaşma sürecinin daha verimli, dengeli ve kokusuz bir şekilde gerçekleşmesine katkıda bulunmaktadır. Kompostlamada kullanılan gözenek malzemelerinden bazıları Görsel 2'de gösterilmiştir.

odun parçaları

elek üstü malzeme

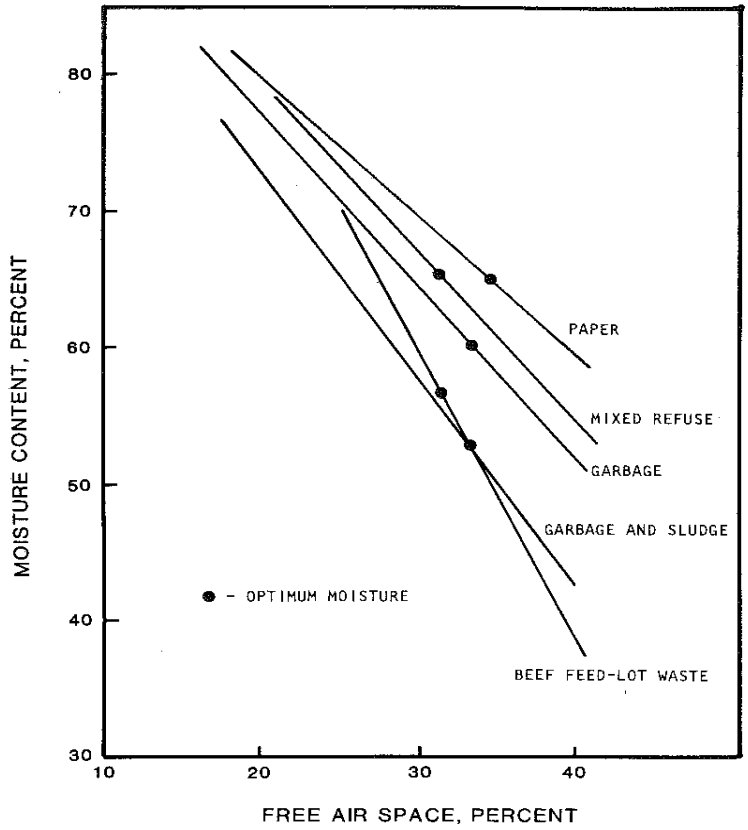
saman

talaş

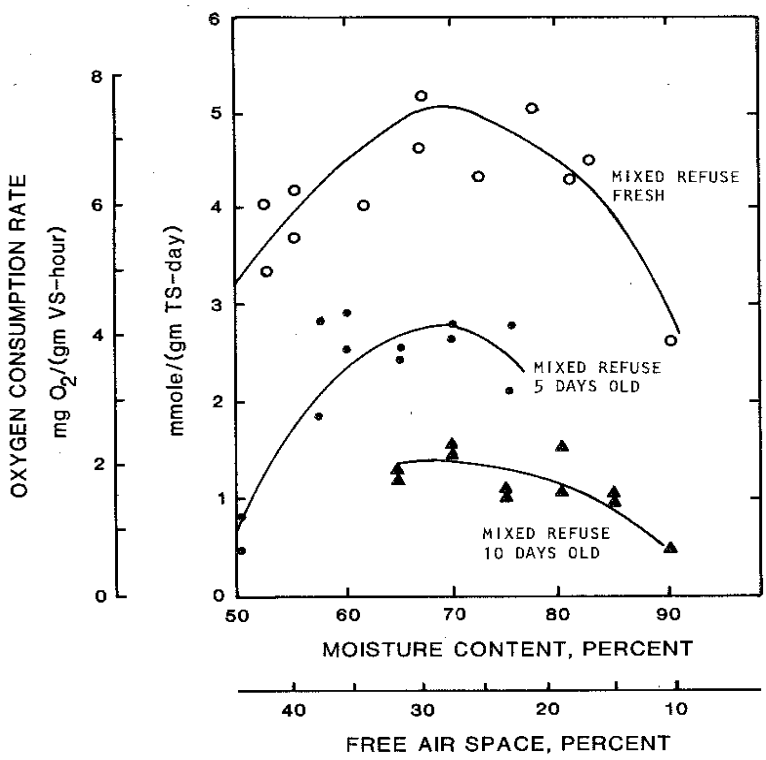
Görsel 2. Kompostlaştırma işleminde kullanılan gözenek malzemeleri

Karışımların su muhtevasının ve oksijen tüketim hızlarının serbest hava boşluğu ile olan ilişkileri sırasıyla Görsel 3 ve Görsel 4'te gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde su muhtevasının %60 ve oksijen tüketim hızının maksimum olduğu optimum FAS oranının %35 seviyelerinde olduğu görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 3. Serbest hava boşluk oranına göre su muhtevasının değişimi [5]



Görsel 4. Serbest hava boşluk oranına göre oksijen tüketim hızının değişimi [5]

3. GENEL DEĞERLENDİRME

Kompostlaştırma işleminin verimli bir şekilde yürütülebilmesi için gözenek malzemelerinin kullanımı ve karışım içerisinde yeterli serbest hava boşluğunun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Gözenek malzemeleri, kolay temin edilebilen ve düşük maliyetli doğal kaynaklardan karşılanabilmekte, aynı zamanda ayrışma sürecine yapısal ve biyolojik açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. Bu malzemeler sayesinde kompost karışımının hava boşluk oranı düzenlenmekte ve karışım içerisinde serbest hava boşluğu oluşturularak oksijenin mikroorganizmalara daha kolay ulaşması sağlanmaktadır.

Serbest hava boşluğu, aerobik mikroorganizmaların etkinliğini doğrudan etkileyen temel bir parametre olup, yetersiz olduğu durumlarda anaerobik koşullar oluşabilmekte, bu da kötü koku, metan gazı oluşumu ve proses veriminin düşmesine yol açmaktadır. Gözenek malzemeleri, havalandırmanın karışım içerisinde homojen dağılmasını sağlayarak sıcaklığın dengelenmesine, su muhtevasının uygun seviyede tutulmasına ve organik maddenin daha hızlı ve etkin bir şekilde ayrışmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, kompostlaştırma işleminin daha aktif, kontrollü ve çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gözenek malzemelerinin kullanılması ve serbest hava boşluğunun korunması temel bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Epstein, E. 1997. The Science of Composting. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, Basel.

[2] Rynk, R. 1992. On Farm Composting Handbook, NRAES-54, Cooperative Extension Service, Northeast Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca, NY, USA.

[3] Mason, I., Mollah, M., Zhong, M.F., Manderson, G., 2004. Composting high moisture content bovine manure using passive aeration. Compost Sci. Util. 12 (3), 249– 267.

[4] Richard, T.L., Hamelers, H., Veeken, A., Silva, T., 2002. Moisture relationships in composting processes. Compost Sci. Util. 10 (4), 286–302.

[5] Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, Florida.

[6] Miller, F.C., 1989. Matric water potential as an ecological determinant in compost, a substrate dense system. Microb. Ecol. 18 (1), 59–71.

[7] Iqbal, M.K., Shafiq, T., Ahmed, K., 2010. Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost. Bioresour. Technol. 101 (6), 1913– 1919.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KOMPOSTLAMA SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL RİSKLER: KÜRESEL HARİTALAMA ANALİZİ

Dr. KEMAL SÜLÜK
Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Muş, Türkiye
kemalsuluk@gmail.com – ORCID ID: 0000-0003-1853-8872

Dr. FEVZİ ŞEVİK
Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bingöl, Türkiye
fsevik@bingol.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7047-694X

ÖZET

Bu çalışma, kompostlama süreçlerinde ortaya çıkan çevresel risk bileşenlerini kapsamlı bir bibliyometrik perspektif ile incelemeyi ve haritalandırmayı amaçlamaktadır. Web of Science veri tabanından elde edilen ve 2015–2025 yılları arasını kapsayan 4500 bilimsel dokümanın analizi, kompostlamanın yalnızca bir organik atık bertaraf yöntemi değil, aynı zamanda ağır metal birikimi, mikroplastik kontaminasyonu, toksisite göstergeleri, biyoaerosoller, patojen varlığı ve kimyasal kirleticilerin davranışı gibi çok boyutlu çevresel risk unsurlarını barındıran karmaşık bir ekoteknolojik süreç olduğunu göstermektedir. R Studio Bibliometrix yazılım paketi kullanılarak gerçekleştirilen haritalama analizlerine göre, kompostlamaya ilişkin bilimsel üretimin son on yılda belirgin biçimde arttığını, tematik odak alanlarının ise zaman içerisinde biyolojik süreçlerden çevresel risk parametrelerine, sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi temalarına doğru kaydığını ortaya koymuştur. Ülke bazlı değerlendirmelerde Çin'in yayın sayısı, uluslararası işbirliği ve atıf düzeyi bakımından açık ara lider konumda olduğu, Hindistan, ABD, İspanya ve İtalya'nın ise bilimsel üretime önemli katkılar sunduğu belirlenmiştir. Anahtar kelime ve trend konu analizleri, özellikle ağır metaller, mikroplastikler, arıtma çamuru, toprak sistemleri, kirlilik kontrolü ve biochar uygulamalarının literatürde baskın temalar hâline geldiğini doğrulamaktadır.

Elde edilen bulgular, kompostlama süreçlerinde çevresel risklerin etkin yönetimi için mevzuatların güncellenmesi, risk temelli kompost kalite kriterlerinin geliştirilmesi, proses parametrelerinin sürekli izlenmesi ve yüksek riskli hammaddeler (atıklar) için ayrı değerlendirme protokollerinin oluşturulması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, gelecekte mikroplastik–toprak–bitki etkileşimlerinin detaylı analizi, ağır metal konsantrasyonuna yönelik risk modellerinin geliştirilmesi ve yapay zekâ tabanlı akıllı kompost yönetim sistemlerinin tasarlanması öncelikli araştırma alanları olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Çevresel Risk Analizi, Kompostlama, Mikroplastik.

1. GİRİŞ

Kompostlama, bitkisel ve hayvansal organik atıkların mikrobiyal ve fiziko-kimyasal süreçler aracılığıyla stabilize edilerek toprak iyileştirici bir ürüne dönüştürüldüğü, ekosistem açısından kritik öneme sahip biyo-teknolojik bir atık dönüşüm mekanizmasıdır [1]. Bununla birlikte bu kompostlama süreci, kullanılan organik atıkların niteliksel çeşitliliğine ve işletme koşullarının kontrol düzeyine bağlı olarak bir dizi çevresel risk bileşeni üretme potansiyeline sahiptir. Arıtma çamurları, hayvansal gübreler ve kentsel organik atıklar gibi yüksek kirletici yüküne sahip hammaddelerin kompostlanması; ağır metallerin dinamikleri, mikroplastik parçacıklarının transformasyonu, kalıcı organik kirleticilerin taşınım davranışı, patojen mikroorganizma kalıcılığı, koku emisyonları ve sızıntı suyu oluşumu gibi çok boyutlu çevresel riskleri beraberinde getirmektedir [2,3,4]. Dolayısıyla kompostlama, yalnızca bir organik atık yönetim yöntemi değil, aynı zamanda ekotoksikolojik açıdan hassas bir süreçtir.

Kompostlama işlemi, her ne kadar atık yönetimi ve toprak iyileştirme açısından faydalı bir atık bertaraf yöntemi olsa da sağlık ve güvenlik açısından çeşitli riskler taşımaktadır. Bu riskleri etkileyen çeşitli parametreler vardır; özellikle biyoaerosoller, kimyasal kirleticiler ve biyolojik tehlikeler bunların başlıcalarındandır [5]. Kompostlama süreçlerinde ortaya çıkan bu çevresel risklerin minimize edilmesi, hem toprak ekosistemlerinin sürekliliği hem de insan sağlığının korunması bakımından bütüncül bir yönetim yaklaşımı gerektirmektedir. Proses boyunca sıcaklık değişimleri, oksijen düzeyi, nem içeriği ve C/N oranı gibi operasyonel parametrelerin sürekli izlenmesi; patojen eliminasyonunun sağlanması ve anaerobik bölgelerin oluşumunun önlenmesi, sürecin çevresel güvenilirliğini belirleyen temel unsurlardır [6,7]. Biyoaerosoller, kompostlama işlemi sırasında salınan bakteri, mantar ve endotoksinler dahil olmak üzere havaya karışan biyolojik maddeler olarak tanımlanmaktadır [5]. Kimyasal kirlilik (pH, C, N, C/N oranı, ağır metaller) kompostlamayla ilişkili bir diğer kritik risk faktörüdür [8]. Genel olarak, kompostlama işlemlerinin güvenliğini ve etkinliğini sağlamak için bu risk parametrelerinin etkili yönetim stratejileriyle ele alınması esastır. Kompostlamayla ilişkili çevre ve insan sağlığı tehlikelerini azaltmak için biyoaerosol seviyelerinin düzenli olarak izlenmesi, kimyasal parametrelerin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi ve optimum fiziksel koşullar gereklidir.

Bu çalışma, kompostlama süreçlerinde ortaya çıkan çevresel risk parametrelerine ilişkin bilimsel literatürü 2015–2025 yılları aralığını kapsayan geniş bir veri seti üzerinden bibliyometrik haritalama yaklaşımıyla incelemeyi amaçlamaktadır. Web of Science Core Collection veri tabanından elde edilen 4500 dokümanın analiz edilmesiyle, kompostlamaya ilişkin kirletici temelli risk bileşenlerinin küresel araştırma eğilimleri, tematik kümelenmeleri, bilimsel işbirliği ağları ve yayın ekosistemine ilişkin temel göstergeler bütüncül bir perspektifle değerlendirilmiştir. Çalışma, hem kompostlamanın çevresel risk boyutunun uluslararası literatürde nasıl ele alındığını hem de gelecekte bilimsel önceliklerin hangi alanlara yönelmesi gerektiğini ortaya koyarak, sürdürülebilir atık yönetimi politikalarının geliştirilmesi açısından bilimsel bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

2. MATERYAL VE METOT

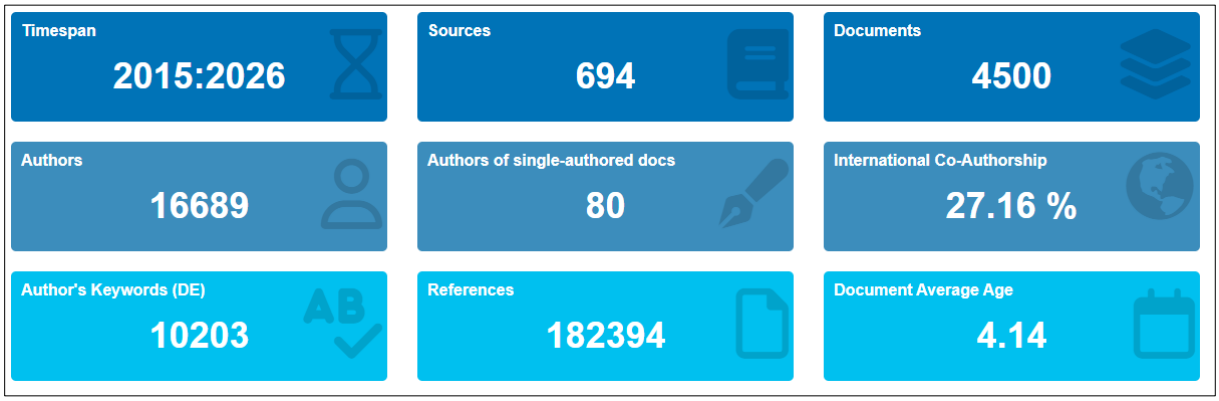
Bu çalışma, kompostlama süreçlerinin başlangıcından nihai ürüne kadar ortaya çıkabilen çevresel risk parametrelerini ele alan bilimsel yayınları kapsamlı bir bibliyometrik haritalama yaklaşımıyla analiz etmektedir. Veri toplama aşamasında, kapsamlı ve disiplinler arası literatüre erişim sağlamak amacıyla Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Arama stratejisi, kompostlama ve çevresel risk ilişkisini doğrudan yansıtan genişletilmiş anahtar kelime kümeleri üzerine kurulmuştur. Bu doğrultuda kullanılan arama ifadeleri şu şekildedir: ("Compost" OR "Composting" OR "organic waste" OR "organic waste compost" OR "compost quality") **AND (**"environmental risk" OR "risk assessment" OR "toxicity" OR "pollution" OR "ecotox" OR "eco-tox" OR "heavy metal" OR "environmental hazard" OR "pollution risk" OR "microplastic" OR "pathogen"). Bibliyometrik taramada doküman türü sınırlaması yapılarak yalnızca araştırma makalesi, review makale, tam metin bildiri çalışmaları ve BKCI (book citation index) kitap bölümü niteliğindeki çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. Zaman aralığı olarak kompostlama literatüründeki güncel eğilimleri yansıtmak amacıyla 2015–2025 yılları arasındaki on yıllık dönem seçilmiştir. Araştırma kapsamını çevresel risk unsurlarıyla doğrudan ilişkili disiplinlerle sınırlandırmak için WoS sınıflandırmasında "Environmental Sciences, Engineering Environmental, ve Green & Sustainable Science and Technology" kategorileri filtrelenmiştir. WoS indeks filtrelemesinde Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Emerging Sources Citation Index (ESCI), Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S) ve Book Citation Index – Science (BKCI-S) indeksleri kullanılmıştır.

WoS veri tabanından indirilen bibliyografik kayıtlar, analiz için uygun "plain text file" formatında dışa aktarılmış ve değerlendirme süreci R Studio version 4.5.1 (2025-06-13) sürümünde yürütülmüştür. Analizlerde Bibliometrix ve Biblioshiny 5.0 [9] yazılım paketleri kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

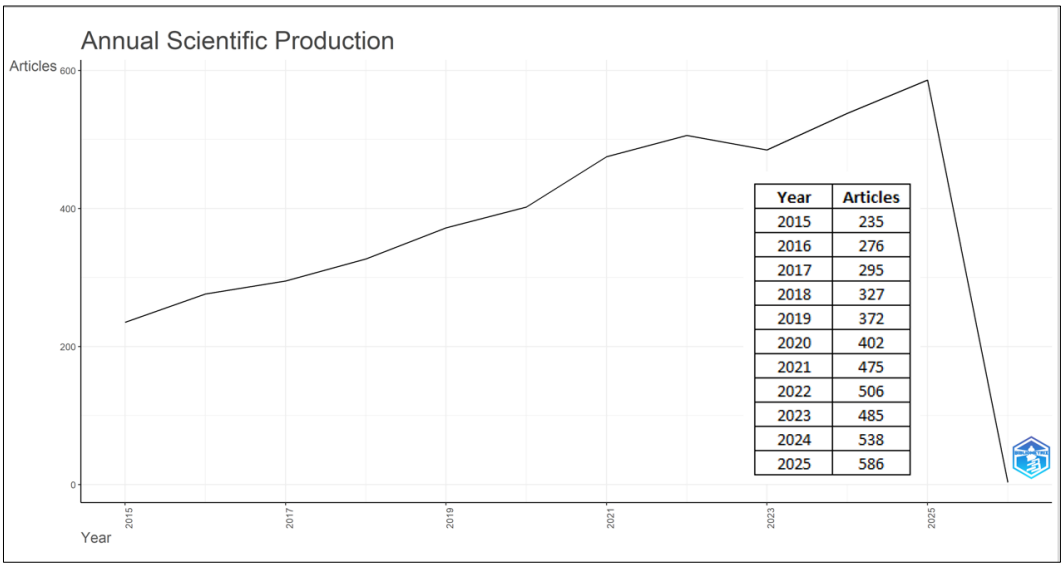
Bu çalışma kapsamında 2015–2025 yılları arasında Web of Science veri tabanında yer alan kompostlama ve çevresel risk temalı toplam 4500 bilimsel doküman analiz edilmiştir. İncelenen yayınlar 694 farklı kaynakta (dergi/kitap/konferans serisi) yayımlanmış olup, veri tabanında yer alan çalışmaların üretimine toplam 19.185 farklı araştırmacı katkı sağlamıştır. Bu araştırmacılar arasında yalnızca 82 yazarın tek yazarlı bilimsel eser ürettiği, kompostlama ve çevresel risk alanının ağırlıklı olarak çok yazarlı ve iş birliğine dayalı olduğunu göstermektedir. Veri setinde yer alan çalışmaların bibliyografyasında toplam 182.394 bağımsız kaynak referans olarak kullanılmış, araştırmacılar tarafından üretilen 10.203 farklı anahtar kelime bilimsel alanın kavramsal genişliğini ortaya koymuştur. Uluslararası iş birliği oranı %27.16 olup, çalışmaların yaklaşık üçte birinin farklı ülkelerden araştırmacıların ortak katkısıyla üretildiği anlaşılmaktadır. Doküman başına ortalama yazar sayısı 5.61 olarak hesaplanmış, bu da kompostlama–çevresel risk araştırmalarının disiplinler arası doğasını desteklemektedir (Görsel 1).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 1. Çalışmaya ilişkin genel analiz sonuçları

Yıllara göre bilimsel çalışmalar incelendiğinde, 2015–2025 dönemi boyunca kompostlama ve çevresel risk temalı yayınlarda belirgin bir artış eğilimi gözlenmektedir. 2015 yılında 235 olan yayın sayısı her yıl düzenli olarak artmış; 2018'de 327, 2020'de 402, 2021'de 475 ve 2022'de 506 dokümana ulaşmıştır. 2023 yılında küçük bir dalgalanma görülse de üretim 485 yayın ile yüksek seviyede devam etmiştir. Bu ivme, 2024 ve 2025 yıllarında yeniden güçlenmiş; yayın sayısı 2024'te 538, 2025 yılında ise veri setinin en yüksek değeri olan 586'ya ulaşmıştır (Görsel 2). Bilimsel çalışmalardaki bu artış genel olarak değerlendirildiğinde, kompostlama süreçlerinin çevresel risk bileşenlerine yönelik akademik ilginin son on yılda istikrarlı bir şekilde arttığı, özellikle 2020 yılı sonrasında bu çalışma alanının uluslararası literatürde güçlü bir araştırma teması hâline geldiği görülmektedir. Artış eğrisi, çevresel risklerin (mikroplastikler, ağır metaller, toksisite, patojenler, kirlilik vb.) küresel araştırma öncelikleri arasında önemli bir yer tuttuğunu doğrulamaktadır.



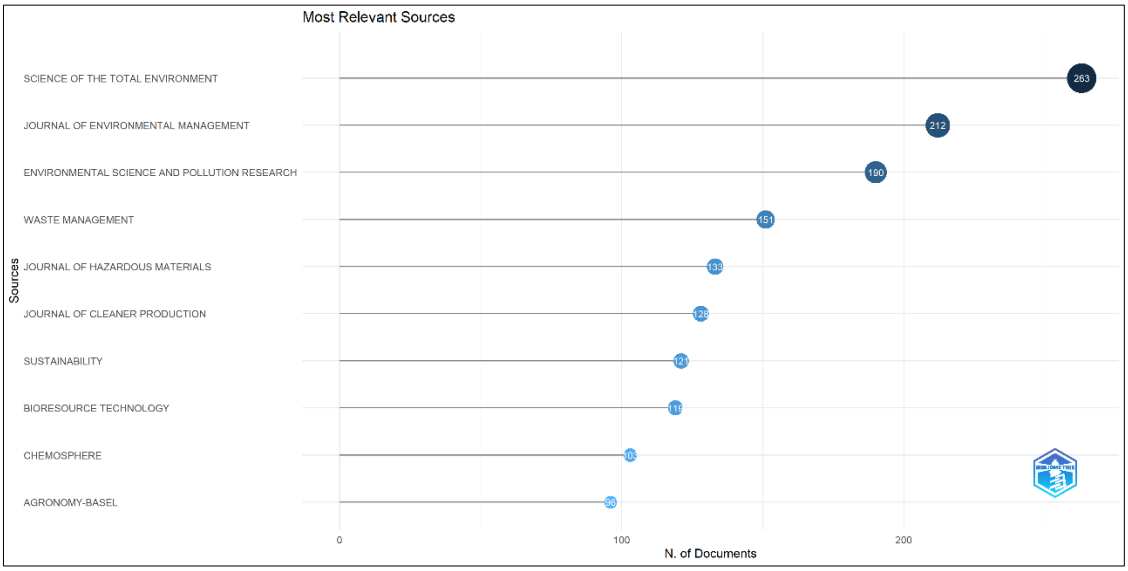
Year	Articles
2015	235
2016	276
2017	295
2018	327
2019	372
2020	402
2021	475
2022	506
2023	485
2024	538
2025	586

Görsel 2. Yıllık bilimsel yayın üretimi

Kompostlamada çevresel risk parametreleri ile ilgili çalışmalar, uluslararası literatürde toplam 694 kaynakta yayınlanmış ve en fazla yayın yapan kaynaklar incelendiğinde, araştırma çıktılarının büyük bölümünün çevre bilimleri ve sürdürülebilirlik odaklı yüksek etkili

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

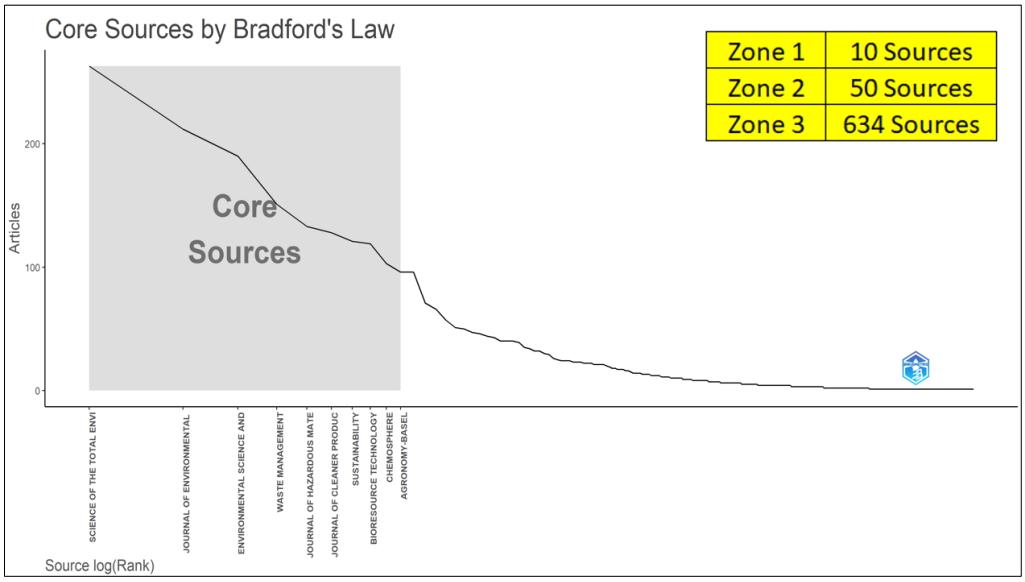
dergilerde yoğunlaştığı görülmektedir. Grafik sonuçlarına göre, alanın en üretken kaynağı Science of the Total Environment (263 yayın) olup Journal of Environmental Management (212 yayın) ve Environmental Science and Pollution Research (190 yayın) kompostlanmış materyallerde ağır metal mobilitesi, toksisite ve kirlilik riskleri gibi kritik konuların işlendiği başlıca kaynaklar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte Waste Management (151 yayın), kompostlama teknolojileri, organik atık yönetimi ve sürdürülebilir bertaraf yaklaşımları üzerine bilimsel eserlerin olduğu bir kaynaktır (Görsel 3).



Görsel 3. Kompostlamada çevresel risk bileşenleri ile ilgili en fazla yayın yapan bilimsel kaynaklar

Bir bilimsel kaynağın bibliyometrik analizi, ilgili kaynağın bir ülke veya bölgedeki kalitesini, olgunluğunu ve üretkenliğini ortaya koymanın yanı sıra derginin daha geniş bir perspektiften portresini de ortaya koymaktadır [10,11]. Bu çalışmadaki bilimsel kaynakların etki düzeyleri birbirine eşit değildir. Çalışmaların yayınlandığı bazı kaynaklar, bu alandaki bilimsel çalışmalara etki düzeyleri sebebiyle farklı derecelerde katkıda bulunmaktadır. Bradford yasası, tüm kaynak dergileri üç ana bölgeye ayırır: Bölge 1 (yüksek üretken bölge), Bölge 2 (orta üretken bölge) ve Bölge 3 (düşük üretken bölge) [12]. Bu bağlamda, 10 kaynak dergi Bölge 1, 50 kaynak dergi Bölge 2 ve kalan 634 kaynak dergi düşük üretken olan Bölge 3'te yer almaktadır (Görsel 4).

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



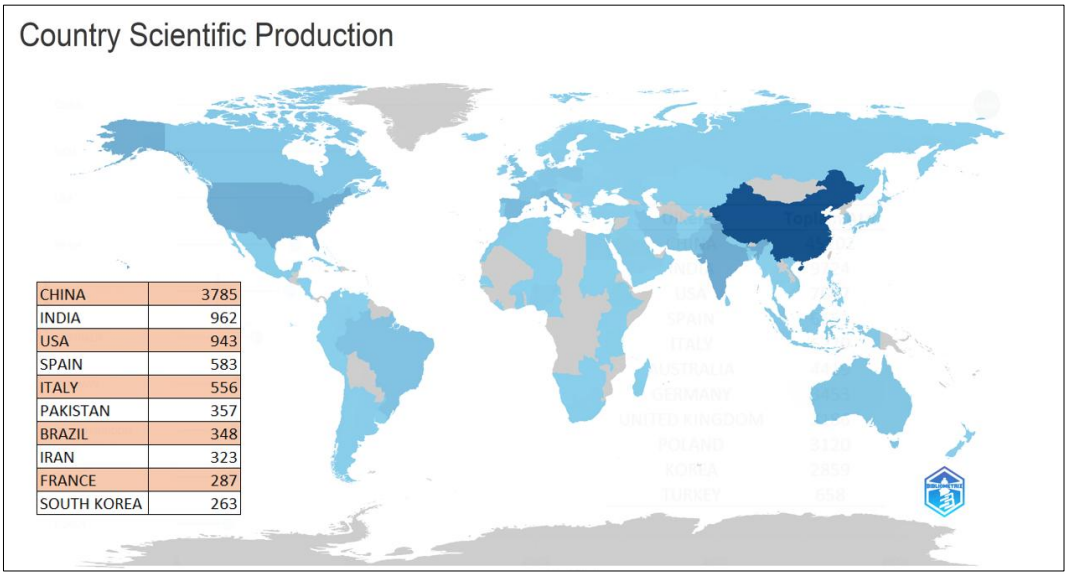
Görsel 4. Bilimsel üretimin yayınlandığı kaynakların Bradford's Yasası'na göre dağılımı

Yazarların işbirliği analizi verilerine göre kompostlama ve çevresel risk bileşenleri alanındaki bilimsel üretime en fazla katkı sağlayan ve yüksek bir üretkenlik sergileyen ülke açık ara farkla Çin'dir. Çin'i sırasıyla Hindistan, ABD, İspanya ve İtalya takip etmektedir. Bu ülkeler yalnızca yayın sayılarıyla değil, aynı zamanda çok uluslu işbirliklerine katkılarıyla da alanın uluslararası görünürlüğünü şekillendirmektedir. Polonya, Brezilya, İran, Fransa, Pakistan, Almanya, Güney Kore ve Kanada gibi ülkeler ise orta düzeyde fakat istikrarlı bir bilimsel üretim göstermektedir. Bu dağılım, kompostlama ve çevresel risk araştırmalarının özellikle Asya ve Batı Avrupa merkezli güçlü bir bilimsel işbirliği ağına sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Görsel 5).

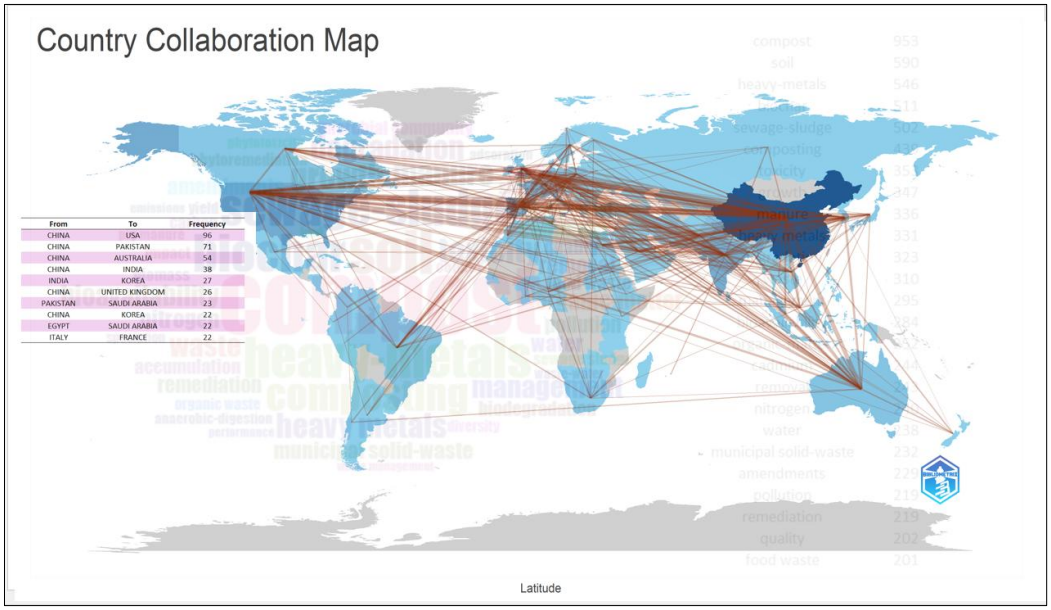
Ülkelerin toplam atıf sayılarına bakıldığında, Çin yalnızca yayın sayısı bakımından değil, aynı zamanda bilimsel etki açısından da açık farkla lider durumdadır (45.102 atıf). Çin'i Hindistan (9.724 atıf) ve ABD (7.607 atıf) takip etmektedir. Bu ülkelerin yüksek atıf değerleri, alanın metodolojik gelişiminde öncü çalışmalar ürettiklerini göstermektedir. Türkiye'nin 658 atıf ile bu alanda giderek görünür hâle geldiği, özellikle son yıllarda çevresel risk değerlendirmeleri ve kompost kalitesi üzerine yapılan çalışmalarla katkısını artırdığı anlaşılmaktadır.

Ülkeler arası bilimsel işbirliği haritasına bakıldığında (Görsel 6), kompostlama ve çevresel risk bileşenleri araştırmaların güçlü bir küresel ağ yapısına sahip olduğu görülmektedir. Haritada en yoğun bağlantıların Çin merkezli olarak kümelendiği, özellikle ABD (96 işbirliği), Pakistan (71), Avustralya (54), Hindistan (38) ve Birleşik Krallık (26) ile yüksek frekanslı ortak yayınlar üretmesi, ülkenin bu alandaki tartışmasız liderliğini ve uluslararası bilimsel ilişkilerdeki merkezi konumunu ortaya koymaktadır. Harita üzerinde yoğunlaşan çizgiler, araştırma alanının karakterini de açıkça yansıtmaktadır. Çevresel risk bileşenleri; özellikle ağır metal, toksisite, atık yönetimi, mikroplastik kirliliği ve kompost kalitesi, disiplinlerarası ve çok uluslu ekiplerin ortak çalışmasıyla ele alınan karmaşık bilimsel konulardır. Bu nedenle ülkeler arası işbirliği ağının güçlü olması, literatürün teknik derinliğini ve bilimsel kapsamını da artırmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0



Görsel 5. Ülkelerin bilimsel üretiminin yoğunluk haritası

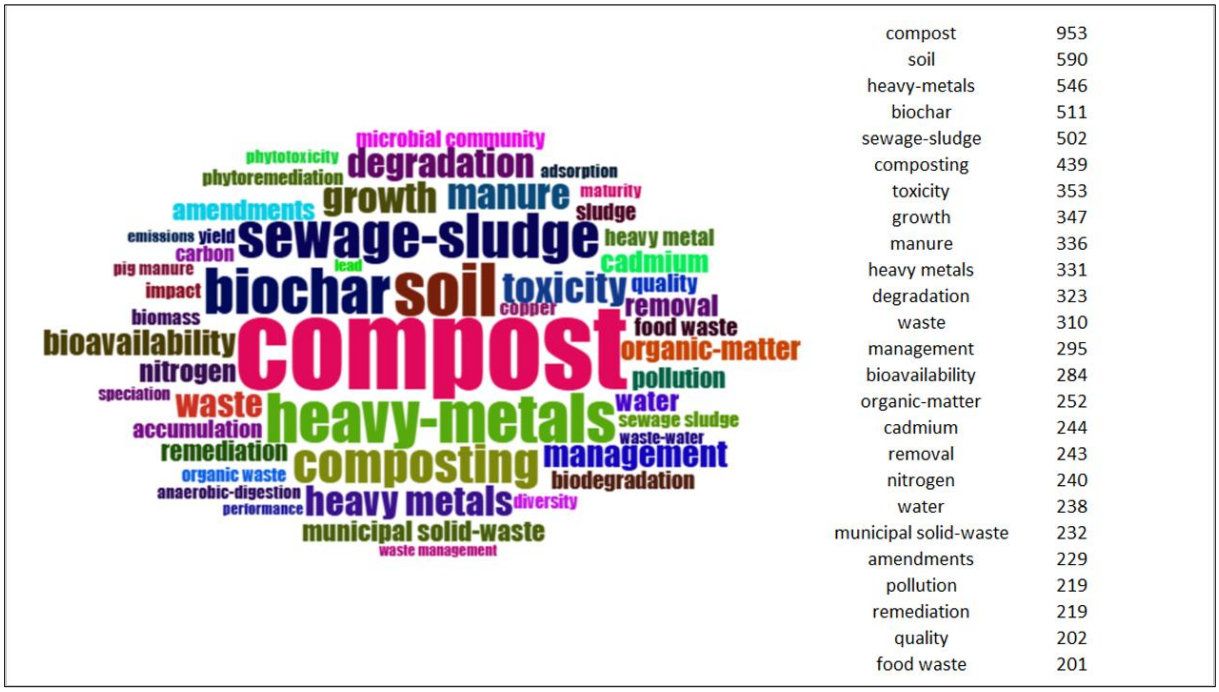


Görsel 6. Kompostlamada çevresel risk bileşenleri alanında ülkelerarası işbirliği

Kelime bulutu analizi, kompostlama ve çevresel risk bileşenleri ile ilgili araştırmaların omurgasını açık bir biçimde ortaya koymaktadır. Görselde en baskın şekilde yer alan "compost", "soil", "heavy-metals", "biochar" ve "sewage-sludge" gibi anahtar kelimeler, literatürün son on yılda büyük ölçüde toprak kalitesi, kirletici taşınımı ve organik atık yönetimi ekseninde şekillendiğini göstermektedir. Özellikle heavy-metals (546), bioavailability (284), toxicity (353) ve cadmium (244) gibi terimlerin yüksek frekansla öne çıkması, kompostlama süreçlerinde ağır metal mobilitesi ve toksisite risklerinin araştırmacılar tarafından kritik bir odak alanı olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

Görselde sewage-sludge (502), manure (336), municipal solid-waste (232) ve food waste (201) gibi atık türlerinin sıkça vurgulanması, kompostlama işleminde kullanılan hammaddeye bağlı olarak değişen çevresel risk bileşenleri profillerinin literatürde geniş yer bulduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle arıtma çamuru ve hayvansal gübre gibi risk seviyesi yüksek atıkların, ağır metal ve patojen içeriği nedeniyle çevresel değerlendirmelerde öncelikli tartışma konularından biri olduğunu doğrulamaktadır (Görsel 7).

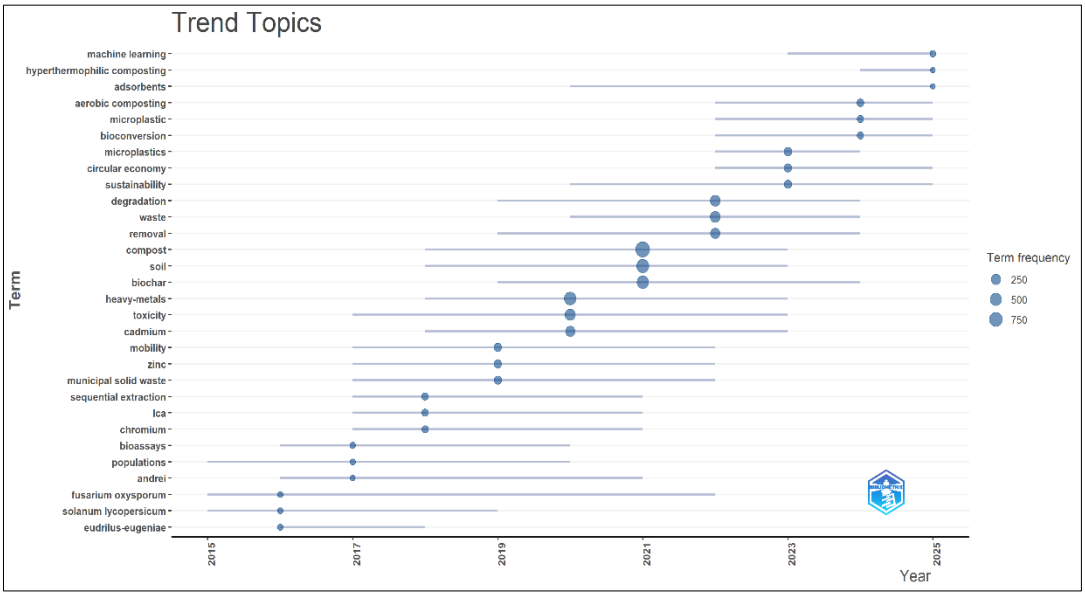


Görsel 7. Kompostlamada çevresel risk parametreleri ile ilgili kelime bulut analizleri

Trend konu analizine göre kompostlama ve çevresel risk bileşenlerinin literatürü, 2015–2025 yılları arasında belirgin bir tematik dönüşüm geçirmiştir. İlk dönemde (2015–2018) araştırmalar daha çok biyolojik süreçler, solucan türleri ve bitki-patojen ilişkileri gibi temel biyolojik tematik konulara odaklanmıştır. Bu dönem, kompostlamanın biyolojik mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik klasik çalışmaların yoğun olduğu bir fazı temsil etmektedir. 2018–2021 dönemine gelindiğinde literatürün odağı önemli ölçüde çevresel risk bileşenlerine kaymıştır. “heavy-metals”, “toxicity”, “cadmium”, “zinc”, “mobility”, “sequential extraction” gibi terimlerin yükselişi, kompost ham materyallerinde kirleticilerin davranışı, biyoyararlanabilirliği ve olası ekotoksik etkilerin araştırmalarda merkezi bir yer edindiğini göstermektedir. Aynı yıllarda municipal solid waste, sewage sludge, waste management, biochar gibi kavramların güçlenmesi, farklı atık türlerinin çevresel etkileri ve risk azaltıcı iyileştirici materyallerin (amendments, biochar) önem kazandığını ortaya koymaktadır. 2021 sonrasında araştırma eğilimleri daha da çeşitlenerek sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi temalarına doğru genişlemiştir. “sustainability”, “circular economy”, “bioconversion”, “degradation”, “removal” gibi kavramların literatürde öne çıkması, kompostlamanın yalnızca atık bertarafı değil, aynı zamanda sürdürülebilir kaynak yönetimi ve ürün kalitesi açısından değerlendirildiğini göstermektedir. Grafiğin en çarpıcı bulgularından biri, 2023 sonrası dönemde “microplastic” teriminin hızlı yükselişidir. Bu durum, kompostlama süreçlerinde

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

mikroplastik kontaminasyonu konusunun uluslararası literatürde kritik bir çevresel risk parametresi hâline geldiğini açıkça göstermektedir. Yapay zeka modelleme çalışmalarının hızla arttığı günümüzde literatüre hızlı bir şekilde giren machine learning, terimi ise teknolojik yeniliklerin ve ileri modelleme yaklaşımlarının kompost araştırmalarına entegre edilmeye başlandığını göstermektedir. Bu eğilim, gelecekte kompostlamanın dijital izleme sistemleri, proses optimizasyonu ve akıllı karar destek modelleri ile daha bütüncül bir kompostlamanın altyapısına kavuşacağının işaretidir (Görsel 8).



Görsel 8. Kompostlamada çevresel risk bileşenleri çalışmalarının zamana bağlı gelişimindeki konu başlıkları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, 2015–2025 yılları arasındaki kompostlama süreçlerinin çevresel risk bileşenlerini inceleyen literatürü kapsamlı bir biçimde analiz etmiş olup, elde edilen analiz verileri, çalışma alanının tematik, metodolojik ve coğrafi boyutta hızlı bir dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır. Toplam 4500 doküman, 694 farklı kaynak, 19.185 yazar ve 182.394 referans içeren geniş bir veri seti, kompostlama ve çevresel risk ilişkisine yönelik araştırma hacminin güçlü bir akademik, bilimsel ve sektörel altyapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Yıllara göre bilimsel yayın üretimleri incelendiğinde, literatürün 2015'teki 235 yayından 2025'teki 586 yayına istikrarlı bir artış gösterdiği görülmüştür. Kaynak bazlı dağılımda Science of the Total Environment, Journal of Environmental Management, Environmental Science and Pollution Research gibi yüksek etkili dergilerin çekirdek literatürü oluşturduğu; Bradford Yasası'na göre ise sadece 10 kaynaklık küçük bir çekirdek grubun alanın ana bilgi üretim merkezini temsil ettiği görülmektedir.

Ülkelerin bilimsel üretim analizlerinde, kompostlama ve çevresel risk bileşenleri çalışmalarının Asya merkezli bir üretim merkezine sahip olduğunu göstermiştir. Çin; yayın sayısı, uluslararası

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

işbirliği ve toplam atıf bakımından açık ara lider ülke olup Hindistan, ABD, İspanya ve İtalya takip etmektedir. Ülkeler arası işbirliği haritasına göre ise, özellikle Çin–ABD, Çin–Pakistan, Çin–Hindistan ve Çin–Avustralya eksenlerinde güçlü bilimsel ağların oluştuğunu göstermektedir. Avrupa ise daha çok sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi ve ağır metal immobilizasyonu alanlarında stratejik bir rol üstlenmektedir.

Anahtar kelime analizinde çevresel güvenlik, sürdürülebilirlik ve risk yönetimi perspektiflerini de bütüncül bir şekilde ele aldığını göstermektedir. Arıtma çamuru, ağır metal, mikroplastik kelimeleri hemen hemen her bilimsel çalışmada yer alan anahtar kelime olup çevresel risk parametreleri denilince akla ilk gelen tematik konuyu çağrıştırmaktadır. Bu bulgular Trend Topics analizinde de doğrulanmış, literatürün 2015–2018 döneminde biyolojik temelli konulara odaklanırken 2019 sonrası dönemde ağır metal, toksisite, ekotoksikolojik riskler ve kirletici davranışlarının öne çıktığı görülmüştür. 2021 itibarıyla microplastic, sustainability, circular economy gibi yeni nesil temalar yükselişe geçmiş; 2023 sonrası ise machine learning, bioconversion ve ileri proses teknolojileri literatürde güçlü bir şekilde görünür hâle gelmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen kapsamlı bibliyometrik haritalama analizi, kompostlama süreçlerinin başlangıcında ve sonrasında ortaya çıkan çevresel risk bileşenleri açısından giderek daha karmaşık ve çok boyutlu bir bilimsel çalışma alanına dönüştüğünü açıkça ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, özellikle ağır metal ve mikroplastik birikimi, mikrobiyolojik toksisite göstergeleri ve patojen varlığı gibi kritik parametrelerin kompost kalitesi, çevre ve insan sağlığı açısından çok önemli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası mevzuatların güncellenerek çevresel risk parametreleri temelli kompost kalite standartlarının geliştirilmesi, yüksek riskli atık türleri için ayrı değerlendirme protokollerinin oluşturulması ve ürün güvenliğinin sağlanmasına yönelik izleme sistemlerinin yaygınlaştırılması ve takip edilmesi gerekmektedir. Uygulama düzeyinde ise kompost üretiminde kompostlama proses parametrelerinin düzenli izlenmesi, risk azaltıcı katkı maddelerinin bilimsel temelli kullanımının teşvik edilmesi ve üretilen kompostların tarımsal faaliyetlerde kullanmadan önce fitotoksisite, biyoyararlanabilirlik ve uzun dönem çevresel etkiler açısından kapsamlı şekilde test edilmesi önem taşımaktadır. Gelecek araştırmalar bakımından "kompost-mikroplastik-toprak-bitki" bağlamında detaylı incelenmesi, ağır metal birikimine dayalı risk modellemelerinin geliştirilmesi ve makine öğrenmesi tabanlı akıllı kompost yönetim sistemlerinin oluşturulması öncelikli olarak ele alınması gereken konulardır. Tüm bu öneriler ışığında, kompostlama işleminin yalnızca bir atık bertaraf yöntemi olmaktan çıkarak sürdürülebilir toprak yönetimi, çevresel risk azaltımı ve döngüsel ekonomiye geçişin stratejik araçlarından biri hâline geldiği görülmekte; bu durum, gelecekte daha güvenli, izlenebilir ve bilimsel temellere dayalı kompost üretim sistemlerinin geliştirilmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

[1] Nemet, F., Perić, K., & Lončarić, Z. 2021. Microbiological activities in the composting process : a review. Columella : Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 8(2), 41-53. https://doi.org/10.18380/szie.colum.2021.8.2.41.

[2] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. *The future of food and agriculture – Trends and challenges.* Rome: FAO.

[3] EPA (United States Environmental Protection Agency). 2020. *Guidelines for Compost Quality and Environmental Safety*. Washington, DC: U.S. EPA.

[4] EU (European Union). 2018. *Waste Framework Directive (Directive 2008/98/EC) – Consolidated version.* Brussels: European Commission.

[5] Chang, M., Lee, C., Hung, H., Teng, K., Huang, H., & Chuang, C. 2013. Bioaerosols from a food waste composting plant affect human airway epithelial cell remodeling genes. International Journal of Environmental Research and Public Health, 11(1), 337-354. https://doi.org/10.3390/ijerph110100337.

[6] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.* Cambridge University Press.

[7] WHO (World Health Organization). 2021. *Health risks associated with wastewater and organic waste reuse in agriculture.* Geneva: WHO.

[8] Bazrafshan, E., Zarei, A., Mostafapour, F. K., Poormollae, N., Mahmoodi, S., & Zazouli, M. A. 2016. Maturity and stability evaluation of composted municipal solid wastes. Health Scope, 5(1). https://doi.org/10.17795/jhealthscope-33202.

[9] Aria, M., & Cuccurullo, C. 2017. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics, 11(4), 959-975.

[10] Swain DK (2013) Journal bibliometric analysis: A case study on internet research. Library Philosophy and Practice 985: 1–23.

[11] FDB de Sousa, 2021. Management of plastic waste: A bibliometric mapping and analysis. Waste Management & Research. 1-15. DOI: 10.1177/0734242X21992422.

[12] Bhattacharjee, S., Panja, A., Kumar, R., Ram, H., Meena, R., Basak, N. 2023. Municipal solid waste compost: a comprehensive bibliometric data-driven review of 50 years of research and identification of future research themes. Review Article. Environmental Science and Pollution Research, 30:86741–86761. https://doi.org/10.1007/s11356-023-28663-x.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SUMAK (*RHUS CORİARİA*) POLİFENOLLERİN *ENTEROCOCCUS FAECALİS* İLE ETKİLEŞİMLERİNİN İN-SİLİKO DEĞERLENDİRİLMESİ

Neslihan TOPTAŞ
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.
neslihan.toptas@fbe.karaelmas.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-6074-3461

Doç.Dr.İbrahim ARMAN
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.
ibrahim.arman@beun.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-4603-7602

Prof.Dr.Zehra SAFİ ÖZ
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.
zehra.soz@beun.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-1359-5026

Arş. Gör. Dr. Aycan ÇELİK
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.
aycan.celik@beun.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-0151-4081

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ÖZET

Son zamanlarda kullanılan antibiyotiklere karşı gelişen direncin artması, yeni ve etkili antimikrobiyal ajanların araştırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Yapılan çalışmalarda bitkilerin sahip olduğu biyokimyasal içerikleri sayesinde bu alandaki önemli doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Eski çağlardan beri geleneksel tıpta enfeksiyon hastalıkların tedavisinde kullanılan sumak (*Rhus coriaria*) güçlü antimikrobiyal etkileri ortaya konmuş bitkidir.

Hücre duvarı biyosentezinde görevli MurA *(E. faecalis)* proteini hedef olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, moleküler docking yöntemi kullanılarak sumağın (*Rhus coriaria*) sahip olduğu polifenolik bileşiklerin (quercitrin, rutin, myricetin, epikateşin ve gallik asit) MurA proteinine bağlanma potansiyeli moleküler docking yöntemiyle incelenmiştir.

Docking analizleri AutoDock Vina yazılımı ile gerçekleştirilmiş, protein-ligand etkileşimleri Discovery studio ile değerlendirilmiş olup LigPlot+ ile incelenmiştir. Docking analiz sonuçları; MurA proteinine en yüksek bağlanma afinitesin quercitrin (-9.7 kcal/mol) ve rutin (-8.9 kcal/mol), ile elde edildiği ortaya konmuştur. En belirgin şekilde quercitrin, MurA proteinin aktif bölgesinde çoklu hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimlerle aktif bölgede stabil bir kompleks oluşturmuştur. Tüm ligand bağlanmaları karşılaştırıldığında Gallik asit; MurA (-5.9 kcal/mol) için elde edilen en düşük bağlanma enerjileriyle en zayıf etkileşime sahip ligand olmuştur. Quercitrin, rutin ve myricetin gibi flavonoidlerin güçlü aday moleküller olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak; sumak (*Rhus coriaria*) bitkisinin antibakteriyel etkilerini dair moleküler düzeyde açıklamakta ve sumakta bulunan doğal bileşiklerin yeni nesil antibakteriyel ilaçların geliştirilmesinde potansiyel adaylar olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sumak (*Rhus coriaria*), *E. faecalis*, MurA, Moleküler Docking, Antibakteriyel Etki.

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AGARİCUS BİSPORUS VE *PRİESTİA MEGATERİUM* TİROZİNAZ ENZİMLERİNİN İN SİLİKO KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Yonca YAMANER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

yonca.yamaner@fbe.karaelmas.edu.tr-ORCID ID: 0000-0001-8245-816X

Doç. Dr. İbrahim ARMAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

ibrahim.arman@beun.edu.tr-ORCID ID: 0000-0003-4603-7602

ÖZET

Bir oksidaz olan tirozinaz enzimi, monofenolleri o-difenollere ve o-difenolleri o-kinonlara oksitleyen yapısında bakır bulunduran oksidoredüktaz enzimleridir. Çağımızda, ticari ölçekte kullanılan tek tirozinaz kaynağı *Agaricus bisporus*'tur. Fakat düşük kararlılık ve kısıtlı sayıda çalışma şartları nedeniyle *Agaricus bisporus* dışında alternatif ek kaynak arayışları önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı, *Agaricus bisporus* ve *Priestia megaterium* tirozinazlarının biyoinformatik ve biyokimyasal özelliklerini karşılaştırarak endüstriyel uygulamalara uygunluğunu değerlendirmektir. Literatür verileri, ikincil yapıları, Expasy ve Protein Data Bank (PDB) kayıtları temel alınarak iki enzimin amino asit dizileri, üç boyutlu yapıları, iki boyutlu yapıları biyoinformatik olarak incelenmiştir. Ayrıca enzimlerin kinetik parametreleri, optimum pH ve sıcaklık değerleri, substrat özgüllükleri ve stabilite özellikleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, *Agaricus bisporus* tirozinazı heterotetramerik bir yapı sergilemektedir. Aktif bölgesinde iki bakır iyonu içeren ~120 kDa molekül ağırlığına sahip bir oksidoredüktazdır. Optimum sıcaklığı 35°C'dir ve optimum pH aralığı 6-7'dir. Buna karşılık *Priestia megaterium*'a ait tirozinaz enzimi, monomerik yapıda olup ~31–34 kDa'dur. 40–50 °C aralığında ve geniş pH (7-7.5) koşullarında artmış katalitik etkinlik göstermektedir. L-tirozin substratına karşı yüksek afinite göstermektedir ve L-DOPA üretiminde %97'ye varan performans elde edilmektedir. *Priestia megaterium* tirozinazının, *Agaricus bisporus* tirozinazına nazaran yüksek düzeyde ısı ve kimyasal stabilite özelliklerine, geniş pH dayanıklılığı ve gelişmiş katalitik aktivite verimliliğine sahip olduğu gösterilmiştir. Bu özellikler doğrultusunda *Priestia megaterium* tirozinazı, ulaşılabilirliği, endüstriyel uygunluğu bakımından, biyokataliz, biyosensör geliştirme, rekombinant DNA teknolojisine dayalı çalışmalar ve farmasötik üretim gibi alanlarda mantar tirozinazına karşı ümit vadeden güçlü bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Tirozinaz, *Agaricus bisporus*, *Priestia megaterium*, biyoinformatik analiz, enzim stabilitesi

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

IN SILICO COMPARATIVE ANALYSIS OF *AGARICUS BISPORUS* AND *PRIESTIA MEGATERIUM* TYROSINAS ENZYMES

ABSTRACT

Tyrosinase is a copper-containing oxidoreductase enzyme that oxidizes monophenols to o-diphenols and o-diphenols to o-quinones. Today, the only tyrosinase source used on a commercial scale is *Agaricus bisporus*. However, due to its low stability and limited working conditions, the search for alternative additional sources beyond *Agaricus bisporus* has gained importance. The aim of this study is to evaluate the suitability of *Agaricus bisporus* and *Priestia megaterium* tyrosinases for industrial applications by comparing their properties using bioinformatic tools. The amino acid sequences, three-dimensional structures, and two-dimensional structures of both enzymes were analyzed using literature data, Expasy, Protein Data Bank (PDB) records, and other bioinformatic sources. In addition, the kinetic parameters, optimum pH and temperature values, substrate specificities, and stability characteristics of the enzymes were comparatively analyzed. According to the analysis, *Agaricus bisporus* tyrosinase exhibits a heterotetrameric structure. It is an oxidoreductase with a molecular weight of approximately 120 kDa containing two copper ions in its active site. Its optimal temperature is 35 °C and its optimal pH range is 6–7. In contrast, the tyrosinase enzyme from Priestia megaterium is monomeric and has a molecular weight of ~31–34 kDa. It shows increased catalytic activity at 40–50 °C and across a broader pH range (7–7.5). It has high affinity for the L-tyrosine substrate and reaches up to 97% performance in L-DOPA production. It has been demonstrated that *Priestia megaterium* tyrosinase possesses higher thermal and chemical stability, broader pH tolerance, and enhanced catalytic efficiency compared to *Agaricus bisporus* tyrosinase. In light of these properties, *Priestia megaterium* tyrosinase is considered a promising and strong alternative to mushroom tyrosinase in terms of availability and industrial suitability, particularly for applications in biocatalysis, biosensor development, recombinant DNA technology, and pharmaceutical production.

Keyword : Tyrosinase, *Agaricus bisporus*, *Priestia megaterium*, bioinformatics analysis, enzyme stability

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

KARVAKROL İÇERİKLİ ANTİMİKROBİYAL MEDİKAL TEKSTİL GELİŞTİRİLMESİ

M. Sinem Kıral
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Zonguldak,Türkiye
E-mail: sinemkral12@gmail.com **Orcid No:** 0009-0005-5545-4442
Dr.Arzu Erol Afatoğlu
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Zonguldak,Türkiye
E-mail: erol.arzu@yahoo.com **Orcid No:** 0000-0002-1674-6937

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, karvakrol içeren biyomalzemeler geliştirerek bu malzemelerin bakteriyel ve fungal patojenler üzerindeki antimikrobiyal etkilerini değerlendirmektir. Bu kapsamda, piyasada yaygın olarak kullanılan kadın pedi, yara bandı, sargı bezi ve cerrahi kumaş gibi medikal materyaller karvakrol ile modifiye edilecek ve elde edilen yüzeylerin mikrobiyal inhibisyon kapasiteleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Artan antibiyotik direnci ve yara enfeksiyonlarının ciddi sağlık sorunlarına yol açması, doğal ve etkili antimikrobiyal ajanlara olan ihtiyacı giderek artırmaktadır. Karvakrol, doğal kaynaklı bir fenolik monoterpen olup güçlü antimikrobiyal ve antifungal özellikleriyle ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada kadın pedi, yara bandı, ıslak mendil, sargı bezi ve bebek bezi gibi çeşitli tıbbi tekstil ürünleri karvakrol ile işlenmiş ve bu materyallerin *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* ve *Candida albicans* suşları üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, karvakrol uygulanan tıbbi tekstil materyallerinin belirgin antibakteriyel ve antifungal etki sergilediğini göstermiştir.

Bu çalışmada karvakrolun biyomalzemelerle entegrasyonu, yara bakım ürünleri ve cerrahi materyallerde yeni nesil, doğal bazlı antimikrobiyal yüzeylerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Elde edilecek bulguların, hem biyomalzeme tasarımı alanında hem de enfeksiyon kontrol stratejilerinde yenilikçi yaklaşımlara ışık tutması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyomalzeme, Antibakteriyel, Antifungual, Tıbbi tekstil, Karvakrol, *Eschericia coli, Bacillius subtilis, Candida albicans*

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEVELOPMENT OF ANTİMİCROBİAL MEDİCAL TEXTİLES CONTAİNİNG CARVACROL

M.Sinem Kıral
Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Zonguldak, Türkiye
E-mail: sinemkral12@gmail.com **Orcid No:** 0009-0005-5545-4442
Dr.Arzu Erol Afatoğlu
Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Zonguldak, Türkiye
E-mail: erol.arzu@yahoo.com **Orcid No:** 0000-0002-1674-6937

Abstract

Aim of this study was to develop biomaterials incorporating carvacrol and to evaluate their antibacterial and antifungal performance against clinically relevant microorganisms. Commonly used medical textiles—such as feminine hygiene pads, adhesive bandages, wet wipes, gauze, surgical fabrics, and diapers—were surface functionalized with carvacrol.

Antimicrobial activity against *Escherichia coli, Bacillus subtilis,* and *Candida albicans* was assessed using the disk diffusion method, and the inhibition capacities of treated surfaces were compared across material types.

Escalating antibiotic resistance and the burden of wound infections necessitate safe, effective, and preferably natural-based antimicrobial strategies.Carvacrol, a phenolic monoterpene of plant origin, is recognized for broad spectrum antibacterial and antifungal properties.

Our findings show that carvacrol-treated medical textiles produced pronounced zones of inhibition relative to untreated controls, demonstrating clear antibacterial and antifungal effects. Integrating carvacrol with biomaterials therefore represents a promising route toward next generation, natural-based antimicrobial textiles for wound care and surgical applications, and may inform innovative approaches to infection control strategies.

Keywords: Biomaterial; Antibacterial; Antifungal; Medical textiles; Carvacrol; *Escherichia coli; Bacillus subtilis; Candida albicans.*

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

STELLAR POPULATION MAPPING AND GALACTIC STRUCTURE ANALYSIS IN THE CAUCASUS REGION

Prof. Dr. Tural Aliyev
Baku State University, Azerbaijan

Dr. Leyla Mammadova
Baku State University, Azerbaijan

Abstract
This study presents new insights into the distribution of stellar populations and the structural features of the Milky Way as observed from the Caucasus region. Using high-resolution photometric data captured at the Shamakhy Astrophysical Observatory, researchers map the density and types of stars across illustrative sectors of the night sky. Data correction techniques and advanced modeling are utilized to account for atmospheric and instrumental effects, revealing variations in stellar populations linked to galactic arms and local interstellar medium conditions. Spectroscopic surveys shed light on chemical compositions, indicating regional enrichment differences that expand understanding of stellar evolution in this geographic area. The project integrates comparative analysis with global surveys, positioning Azerbaijani research facilities within international astrophysical cooperation. Findings highlight the potential for regional observatories to contribute to large-scale galactic mapping and propose future collaborations for multi-wavelength studies.

Keywords: stellar populations, galactic structure, photometry, spectroscopy, Caucasus region

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ANALYSIS OF COSMIC RAY VARIATIONS AND SPACE WEATHER IMPACTS IN AZERBAIJAN

Assoc. Prof. Dr. Shahmardan Amirov
Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Dr. Gunel Bahaddinova
Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Vusala Eminova
Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Abstract
Focused on the dynamic nature of cosmic rays and their interactions with the near-Earth environment, this research analyzes daily and long-term variations in cosmic ray fluxes over Azerbaijan. Data are gathered using ground-based detectors and modeled with respect to solar activity cycles, geomagnetic field variations, and atmospheric density profiles. The study connects these variations to space weather events, demonstrating correlations with local communication disruptions, satellite operation anomalies, and energy grid fluctuations. The paper discusses adaptive mitigation strategies, including real-time monitoring and predictive modeling, aiming to minimize technological impacts. Multi-disciplinary field campaigns and regional educational outreach further strengthen Azerbaijan's capacity for space weather research. The work underscores the significance of cosmic ray studies for national infrastructure and global space weather forecasting.

Keywords: cosmic rays, space weather, solar activity, geomagnetic field, Azerbaijan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INDONESIAN SATELLITE DEPLOYMENT: ENGINEERING CHALLENGES AND SOCIETAL BENEFITS

Dr. Setra Yoman
Surya University, Indonesia

Prof. Dr. Rahayu Sari
Surya University, Indonesia

Fajar Pradipta
Surya University, Indonesia

Abstract
This paper chronicles Indonesia's ambitious satellite programs, focusing on recent CubeSat deployments and the engineering challenges encountered. The authors detail the design, construction, and launch of Surya Satellite-1, highlighting innovations in payload miniaturization, communications, and ground network integration. A section on in-orbit operations assesses environmental factors affecting satellite lifespan and mission success, including microgravity and radiation exposure. Societal benefits are reviewed through case studies in disaster response, education, and rural connectivity, showing measurable improvements in national resilience and access. The authors conclude by profiling Indonesia's evolving satellite development landscape and applications in public policy, while recommending further investment in interdisciplinary training for the space industry workforce.

Keywords: satellite engineering, CubeSat, Indonesia, space technology, societal impact

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

STRATOSPHERIC BALLOON EXPERIMENTS FOR ATMOSPHERIC RESEARCH IN INDONESIA

Prof. Dr. Dwi Susanto
ITB Institute of Technology Bandung, Indonesia

Dr. Irfan Hakim
ITB Institute of Technology Bandung, Indonesia

Kurniawan Adi
ITB Institute of Technology Bandung, Indonesia

Abstract
This research investigates the applications of stratospheric balloon platforms to atmospheric science in Indonesia. Experiments conducted by multidisciplinary teams track temperature, pressure, particulate distributions, and ozone fluctuations across various altitudes. The article documents instrument calibration procedures, launch logistics, and data transmission protocols. Key findings demonstrate that stratospheric balloons provide high-resolution, cost-effective alternatives to satellite-based monitoring, especially for regions with limited ground infrastructure. Balloon missions enhance training for students and enable international partnerships. The conclusion recommends scaling up balloon-based atmospheric research and integrating findings into national climate strategies and air quality improvement initiatives.

Keywords: stratospheric balloon, atmospheric research, Indonesia, climate monitoring, air quality

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PROGRESS IN PLANETARY SCIENCE AND DEEP SPACE MISSIONS FROM CHINA

Prof. Dr. Wei Fengsi
Harbin Institute of Technology, China

Dr. Ming Xu
Harbin Institute of Technology, China

Abstract
This article discusses China's rapid advancements in planetary science and deep space exploration. It summarizes recent robotic missions to the Moon, Mars, and asteroids, with an emphasis on technology transfer, data analysis, and mission planning from Harbin Institute of Technology. The paper explores breakthroughs in propulsion, autonomous navigation, and high-fidelity remote sensing, drawing on cross-sector collaborations. Results from planetary surface sampling and remote composition studies illuminate China's growing capacity in extraterrestrial science and international cooperation. The authors underscore the importance of long-term robotic infrastructure for planetary exploration, outreach, and science education, offering recommendations for future mission architectures.

Keywords: planetary science, deep space missions, China, robotic exploration, mission planning

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SOLAR WIND INTERACTION WITH EARTH'S MAGNETOSPHERE: NEW SIMULATION APPROACHES FROM CHINA

Dr. Qian Chen
Peking University, China

Prof. Dr. Hui Zhang
Peking University, China

Fang Li
Peking University, China

Ling Wang
Peking University, China

Abstract
This study uses novel magnetohydrodynamic (MHD) simulations to investigate solar wind interaction with the Earth's magnetosphere. The Peking University team incorporates adaptive mesh refinement and real-time solar wind parameters to model geomagnetic storms, substorms, and particle transport phenomena. Results highlight new features of magnetic reconnection, ring current development, and ionosphere coupling. The research has led to improved predictive models for global space weather impacts, including satellite safety and radio signal reliability. Collaboration with international simulation centers strengthens China's position in geospace forecasting and environmental monitoring.

Keywords: solar wind, magnetosphere, China, MHD simulation, space weather

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MOON REGOLITH MINING: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND SUSTAINABILITY STRATEGIES IN QATAR

Prof. Dr. Khalid Al-Kuwari
Qatar University, Qatar

Dr. Salma Al-Jaber
Qatar University, Qatar

Sara Mahmoud
Qatar University, Qatar

Abstract
This paper provides a comprehensive review of technological advances in moon regolith mining and resource utilization pursued at Qatar University. Research includes robotic excavation, in-situ processing, and dust mitigation strategies. The study evaluates engineering prototypes tested in simulated lunar environments and details sustainability assessments for energy and material cycles. Key discussions include international partnerships and regulatory challenges in space resources. Results emphasize Qatar's innovation in developing environmentally sound mining practices for moon-based habitats and energy generation, with recommendations for policy frameworks and education in space resource governance.

Keywords: moon mining, regolith, Qatar, lunar technology, sustainability

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

REMOTE SENSING FOR CLIMATE ASSESSMENT AND HABITAT MAPPING: NEW METHODS FROM QATAR UNIVERSITY

Dr. Ahmed Al-Ansari
Qatar University, Qatar

Laila Hassan
Qatar University, Qatar

Abstract
This article details the application of remote sensing techniques for climate assessment and habitat mapping in the Middle East, focusing on work conducted at Qatar University. Researchers utilize multispectral satellite imagery, synthetic aperture radar, and ground validation to characterize climatic change, coastal habitats, and desert ecosystems. Data-processing innovations and AI-driven classification enhance spatial accuracy and inform conservation efforts. Collaborative projects with regional agencies create a digital environmental knowledge base for Qatar, fostering sustainable resource management and ecological resilience. The study concludes by advocating for expanded remote sensing infrastructure and expertise across the region.

Keywords: remote sensing, climate assessment, Qatar, habitat mapping, environmental management

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SYNTHESIS AND CATALYTIC PERFORMANCE OF NOVEL METAL-ORGANIC FRAMEWORKS FOR CO2 CONVERSION

Prof. Dr. Mahin Moradi
University of Tehran, Iran
Dr. Farshad Bakhtiari
University of Tehran, Iran
Nasrin Khatib
University of Tehran, Iran

Abstract
This study explores the synthesis and catalytic evaluation of novel metal-organic frameworks (MOFs) tailored for the efficient conversion of CO2 into value-added chemicals. Using innovative solvothermal methods, a series of MOFs with varying pore structures and metal centers have been developed and thoroughly characterized via X-ray diffraction, BET analysis, FTIR spectroscopy, and SEM. The ability of these MOFs to catalyze the cycloaddition of CO2 with epoxides and the hydrogenation of CO2 to methanol was systematically investigated under mild conditions. Activity tests demonstrated that frameworks containing open metal sites exhibited enhanced conversion rates and selectivity, attributed to optimized CO2 adsorption and activation. The study further discusses the effect of linker functionality and framework topology on catalytic mechanisms. Results highlight the potential of designed MOFs to bridge the gap between adsorption and activation in CO2 utilization, offering a pathway for sustainable greenhouse gas management. The work calls for further research into stability improvements and scale-up for industrial application, showing that MOF-based catalysts could serve as a pivotal technology in the development of carbon-neutral processes.

Keywords: metal-organic frameworks, CO2 conversion, catalysis, sustainable chemistry, greenhouse gas utilization

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PHOTOCATALYTIC WATER SPLITTING USING NANOSTRUCTURED TITANIUM DIOXIDE

Assis. Prof. Dr. Afsaneh Ramezani
Sharif University of Technology, Iran
Ali Jamshidi
Sharif University of Technology, Iran

Abstract
This paper presents the synthesis, characterization, and water splitting performance of nanostructured titanium dioxide (TiO2) photocatalysts. Advanced hydrothermal and sol-gel techniques were employed to control particle size, morphology, and phase composition. XRD, TEM, UV-Vis, and BET analyses confirmed the production of anatase-rich TiO2 with superior surface area and light absorption properties. Lab-scale photoreactors tested the hydrogen evolution under simulated solar irradiation, comparing the effects of doping with transition metals and non-metals on photocatalytic efficiency. Results revealed enhanced hydrogen yields with doped TiO2, attributed to reduced recombination rates and increased charge carrier mobility. The research discusses practical challenges including scalability, photo-corrosion, and long-term stability, proposing directions for further optimization. This work offers insights for developing efficient, low-cost solar hydrogen generation technologies, supporting Iran's efforts in renewable energy research.

Keywords: photocatalysis, water splitting, titanium dioxide, nanomaterials, hydrogen production

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

A GREEN SYNTHESIS APPROACH TO BIODEGRADABLE POLYMERS FROM RENEWABLE FEEDSTOCKS

Dr. Priyanka Singh
Indian Institute of Science, India
Manoj Raval
Indian Institute of Science, India

Abstract
Addressing the challenge of plastic waste, this study introduces a green synthesis route for producing biodegradable polymers from renewable plant-based feedstocks. A variety of biomass derivatives—including starch, cellulose, and vegetable oils—were polymerized using environmentally benign catalysts and mild reaction conditions. NMR, GPC, and DSC analyses confirmed the synthesis of polyesters and polyhydroxyalkanoates with tunable thermal and mechanical properties. The study delves deeply into the polymerization kinetics, molecular weight distributions, and processing conditions for each type of monomer. Biodegradability tests under simulated soil and aquatic environments demonstrated rapid material disintegration and low ecological toxicity. The work further examines the lifecycle assessment, highlighting reduced carbon footprint compared to petroleum-based plastics. The research ultimately advocates for policy interventions and industry partnerships to accelerate the market adoption of bio-based, ecofriendly polymers—positioning India as a leader in sustainable plastics innovation.

Keywords: green synthesis, biodegradable polymers, renewable feedstocks, sustainable chemistry, bioplastics

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ORGANIC-INORGANIC HYBRID PEROVSKITES FOR NEXT-GENERATION SOLAR CELLS: DESIGN AND STABILITY ANALYSIS

Dr. Sonal Mehra
Indian Institute of Technology Bombay, India
Ajay Bhargava
Indian Institute of Technology Bombay, India

Abstract
This research investigates the design, synthesis, and stability of organic-inorganic hybrid perovskite materials for high-efficiency solar cells. State-of-the-art fabrication techniques, such as solution processing and vapor-assisted deposition, were used for preparing perovskite thin films with varied cation and halide compositions. Advanced characterization tools (SEM, XPS, absorption spectroscopy) provided a deep understanding of structure-property relationships. Device testing under standard conditions revealed efficiencies exceeding 22%, but long-term testing highlighted challenges in device stability due to moisture and thermal effects. The study discusses material engineering solutions, including encapsulation, compositional tuning, and defect passivation, to address degradation pathways. Implications for scalable production and commercial viability are evaluated. The findings position hybrid perovskites as promising, but not yet fully optimized, candidates in solar energy technologies for India's renewable energy transition.

Keywords: perovskites, solar cells, hybrid materials, stability, renewable energy

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE FOR ORGANIC DYE REMOVAL FROM WATER

Dr. Kavita Agarwal
Jawaharlal Nehru University, India

Abstract
Focusing on environmental remediation, this study details the synthesis of chemically functionalized graphene oxide (GO) for removing organic dyes from polluted water. The GO surface was modified with amino and carboxyl groups to boost adsorption capabilities. Batch adsorption experiments evaluated removal efficiencies for dyes such as methylene blue and rhodamine B under various pH and temperature conditions. Kinetic, isotherm, and thermodynamic analyses informed adsorption mechanisms and capacity. Reusability tests demonstrated functionalized GO's stability and regenerability. The work proposes the integration of GO adsorbents in water treatment plants and discusses the translation of laboratory findings to scalable applications. The research confirms GO's effectiveness as a sustainable, high-surface-area adsorbent, especially for rapid and cost-efficient dye removal in India's textile and chemical industries.

Keywords: graphene oxide, water treatment, adsorption, organic dyes, environmental remediation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF PHARMACEUTICAL INTERMEDIATES USING ENZYME IMMOBILIZATION STRATEGIES

Prof. Dr. Nour-eddine Bouziane
University of Algiers, Algeria
Assis. Prof. Dr. Lamia Cherif
University of Algiers, Algeria
Dr. Rachid Benyounes
University of Algiers, Algeria

Abstract
This research evaluates biocatalytic synthesis routes for pharmaceutical intermediates using innovative enzyme immobilization techniques. Different supports—such as silica, polymers, and magnetic nanoparticles—were tested for covalent binding and encapsulation of lipase and protease enzymes. Detailed kinetic studies assessed the conversion efficiency of key pharmaceutical precursors, comparing immobilized and free enzyme preparations. Recyclability, operational stability, and product purity were thoroughly analyzed. The study found that immobilized enzymes offer superior activity retention and industrial practicality. Data supports the scalability of these methods for Algeria's pharmaceutical sector, promoting greener, more efficient drug production with minimal waste. The research outlines future perspectives for expanding enzyme libraries and optimizing immobilization chemistry to further enhance process yields.

Keywords: biocatalysis, enzyme immobilization, pharmaceutical synthesis, green chemistry, industrial applications

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CORROSION RESISTANCE OF ALUMINUM ALLOYS IN AGGRESSIVE INDUSTRIAL ENVIRONMENTS

Prof. Dr. Hakim Khellaf
University of Oran, Algeria
Dr. Noor Ahmed
University of Oran, Algeria

Abstract
This paper investigates the corrosion resistance of new-generation aluminum alloys engineered for use in severe industrial environments, such as refineries and marine infrastructure. Alloys with carefully controlled microstructure and alloying elements (Mg, Zn, Cu) were subjected to accelerated corrosion testing, electrochemical analysis, and surface characterization by SEM/EDS. Results indicate substantial improvements in pitting resistance and uniform corrosion rates, attributed to grain boundary engineering and surface passivation. The mechanisms of passive layer formation and breakdown were elucidated, providing insights for alloy optimization and protective coating development. Recommendations extend to industrial deployment, maintenance practices, and lifecycle monitoring—essential for enhancing infrastructure durability in Algeria's key economic sectors.

Keywords: aluminum alloys, corrosion resistance, industrial environments, materials engineering, surface analysis

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TAILORING ZEOLITE MATERIALS FOR SELECTIVE CATALYTIC CRACKING IN PETROLEUM REFINING

Prof. Dr. Giovanni Russo
University of Milan, Italy
Dr. Martina Romano
University of Milan, Italy
Assis. Prof. Dr. Luca Barbieri
University of Milan, Italy

Abstract
Aiming at efficient petroleum refining, this study presents the design of novel zeolite catalysts optimized for selective catalytic cracking (SCC) processes. The synthesis employed hierarchical porosity control and metal functionalization to enhance hydrocarbon selectivity and conversion rates. The catalysts were tested with real refinery feedstocks, and their structure was elucidated by XRD, TEM, and ammonia-TPD. Reaction engineering studies discussed how zeolite composition and acidity impacted product distribution, particularly light olefins and aromatics. The study also tackled issues of catalyst deactivation and regeneration under intense operational conditions. Pilot plant trials in collaboration with industry highlighted the commercial potential and environmental advantages. These advancements signal a leap forward for Italy's refining industry and efforts toward cleaner fuels.

Keywords: zeolites, catalytic cracking, petroleum refining, catalyst design, hydrocarbon selectivity

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

STRUCTURAL INVESTIGATION OF COORDINATION POLYMERS WITH MAGNETIC PROPERTIES

Dr. Francesca Moretti
Sapienza University of Rome, Italy
Assis. Prof. Dr. Silvia Gatti
Sapienza University of Rome, Italy

Abstract
This paper reports comprehensive structural analyses of a series of novel transition metal-based coordination polymers exhibiting distinctive magnetic behaviors. Single-crystal X-ray diffraction, magnetic susceptibility measurements, and spectroscopic studies (EPR, NMR) were employed to deduce structure-property relationships. Systematic ligand variation and metal center substitution allowed for fine tuning of magnetic ordering and critical temperatures. Computational modelling (DFT, molecular dynamics) complemented experimental data, elucidating interchain interactions and mechanism origins of long-range magnetism. The research is relevant for spintronic material development, quantum computing, and data storage applications. The findings place Italy at the forefront of functional magnetic materials and inform future molecular engineering approaches.

Keywords: coordination polymers, magnetic properties, structural analysis, spintronics, material science

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ADVANCED NMR SPECTROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF ORGANIC SYNTHETIC INTERMEDIATES

Dr. Alessio Romano
University of Turin, Italy

Abstract
This study illustrates the pivotal role of advanced nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy techniques in elucidating the structure of complex organic intermediates. State-of-the-art tools, including multidimensional (2D, 3D) NMR, variable-temperature experiments, and dynamic nuclear polarization (DNP), greatly enhanced structural determination, stereochemistry assignment, and identification of reaction byproducts. Integration with computational methods and other spectroscopic approaches (MS, IR) enabled cross-validation and increased confidence in mechanistic studies. The research showcased case studies from pharmaceutical and natural product synthesis, highlighting NMR's capacity to accelerate discovery and minimize costly synthetic detours. The paper concludes by recommending greater investment in high-field instrumentation and researcher training to maintain Italy's leadership in modern organic chemistry.

Keywords: NMR spectroscopy, organic synthesis, structure elucidation, analytical chemistry, pharmaceutical chemistry

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PROGRESS IN QUANTUM DOTS SYNTHESIS FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

Prof. Dr. Reza Soltani
Sharif University of Technology, Iran
Dr. Laleh Khadem
Sharif University of Technology, Iran
Saeed Zangeneh
Sharif University of Technology, Iran

Abstract
This work investigates the recent advancements in the chemical synthesis and functionalization of quantum dots (QDs) with an emphasis on their optoelectronic applications. Quantum dots, owing to their size-tunable energy band gaps, present unique photoluminescence and electronic properties desirable for lasers, LEDs, solar cells, and bio-imaging. The research details multiple synthesis routes—colloidal, vapor-phase, and organometallic methods—along with approaches to surface passivation for reduced trap states and enhanced quantum yield. Comprehensive characterization by UV-Vis absorption, photoluminescence spectroscopy, and TEM/SEM is performed to correlate structure with functional performance. The performance metrics of QDs incorporated in photovoltaic devices and light-emitting diodes are critically assessed. Key challenges highlighted include environmental concerns, scalability for industry, and overcoming photostability limitations. The authors propose future research directions such as the exploration of greener synthetic processes, enhancement of device integration, and development of non-toxic, heavy metal-free quantum dots. This study demonstrates how ongoing advances in QD technology can accelerate optoelectronic device innovation while demanding increased attention to safety and sustainability benchmarks.

Keywords: quantum dots, optoelectronics, photoluminescence, synthesis, photostability

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EXPLORING MAGNETIC PROPERTIES OF LOW-DIMENSIONAL IRON OXIDE NANOSTRUCTURES

Dr. Farhad Hosseini
University of Tehran, Iran

Abstract
This paper focuses on the experimental study and theoretical modeling of magnetic properties in low-dimensional iron oxide nanostructures. These materials have attracted attention for potential applications in spintronics, magnetic storage media, and biomedical devices. The research explores the impact of size, surface effects, morphology, and crystallinity on superparamagnetism, coercivity, and blocking temperature. State-of-the-art synthesis via hydrothermal and sol-gel processes is coupled with advanced magnetic characterizations, including SQUID magnetometry, Mössbauer spectroscopy, and X-ray diffraction. Theoretical analysis leverages mean-field and Monte Carlo models to interpret observed magnetic anomalies and relaxation phenomena. Results indicate that surface spin disorder and particle interactions are key factors dictating magnetic behavior at the nanoscale. The study concludes by considering the implications of these findings for the rational design of iron oxide nanoparticles in targeted drug delivery and high-density memory architectures.

Keywords: nanostructures, iron oxide, magnetism, SQUID, surface effects

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

NEUTRINO MASS ESTIMATION VIA ACCELERATOR-BASED DETECTION IN PAKISTAN

Prof. Dr. Ahsan Mahmood
Quaid-i-Azam University, Pakistan
Dr. Sana Fatima
Quaid-i-Azam University, Pakistan
Dr. Zafar Malik
University of the Punjab, Pakistan

Abstract
In this detailed investigation, the mass of neutrinos is estimated using accelerator-generated beams and state-of-the-art detection systems in Pakistan's leading high-energy physics labs. The experiment utilizes a combination of silicon trackers, time-projection chambers, and Cherenkov detectors set up at multiple distances from the beam source to capture oscillation patterns. Analysis methods rely on spectral shape fits and event rate measurements based on the three-flavor neutrino mixing paradigm. Results are cross-validated with Monte Carlo simulations and global neutrino oscillation data. The measured limits are compared against previous experimental constraints and Standard Model expectations, with particular attention paid to systematic uncertainties arising from background processes, detector alignment, and energy calibration. Broader implications for cosmology, particle physics, and understanding CP violation are discussed. The study advocates enhanced international collaboration and further infrastructure investment for Pakistan's participation in the global search for absolute neutrino mass scale.

Keywords: neutrinos, mass estimation, accelerators, oscillation, high-energy physics

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

OPTIMIZED PHOTOVOLTAIC MATERIALS FOR SOLAR ENERGY CONVERSION IN TROPICAL CLIMATES

Dr. Bilal Ahmad
National University of Sciences and Technology, Pakistan
Ali Raza
National University of Sciences and Technology, Pakistan
Samreen Aslam
University of Karachi, Pakistan
Assis. Prof. Dr. Farooq Siddiqui
University of Karachi, Pakistan

Abstract
This research explores the optimization of photovoltaic (PV) materials for efficient solar energy conversion in the distinctive conditions of tropical climates. Specific focus is paid to thin-film materials (CdTe, CIGS) and perovskite-based solar cells, whose bandgaps and thermal stability are pivotal for high-temperature operation. Laboratory tests assess power conversion efficiency, degradation rates, and temperature coefficients under controlled illumination and humidity cycles. Field studies in Karachi and Islamabad compare real-world performance and highlight the necessity for improved encapsulation and anti-soiling coatings. Energy yield modeling combines spectral response data with weather statistics to predict system lifetimes and cost-to-performance ratios for largescale deployment. The study concludes that integrating advanced encapsulation, optimized device stacking, and periodic maintenance protocols significantly enhances energy yield and economic viability in Pakistan's solar sector. Policy suggestions include further public-private research consortia for technology localization and skill development.

Keywords: photovoltaics, solar energy, materials optimization, perovskite solar cells, Pakistan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ATOMIC STRUCTURE ANALYSIS OF LANTHANIDE-DOPED GARNET CRYSTALS VIA SYNCHROTRON X-RAY DIFFRACTION

Prof. Dr. Mohamed Gharbi
University of Algiers, Algeria

Dr. Nassima Benamar
University of Algiers, Algeria

Abstract
This comprehensive study applies synchrotron-based X-ray diffraction techniques to elucidate the atomic structure of lanthanide-doped garnet crystals synthesized by the Czochralski method. Detailed Rietveld refinement provides precise lattice parameters, site occupancies, and atomic displacement factors for various trivalent lanthanide substitutions. The investigation relates these structural details to observed variations in optical absorption and photoluminescence, with implications for solid-state lasers and scintillator design. Temperature-dependent experiments reveal subtle phase transitions, highlighting the sensitivity of local environments to dopant radius and charge state. The paper addresses crystal growth challenges such as compositional zoning and twin defect formation, suggesting optimized growth protocols for improved homogeneity. The overall findings advance the understanding of structure-property relationships, guiding the development of novel functional materials for photonics and radiation detection.

Keywords: lanthanide, garnet, synchrotron X-ray diffraction, crystal growth, photoluminescence

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATION OF MAGNETOCALORIC EFFECTS IN ALGERIAN PEROVSKITE OXIDES

Assis. Prof. Dr. Amine Bouzidi
University of Oran, Algeria
Dr. Warda Amrani
University of Oran, Algeria
Prof. Dr. Hakim Yacine
University of Oran, Algeria
Imene Belkacem
University of Oran, Algeria

Abstract
This paper investigates the magnetocaloric properties of perovskite oxide compounds synthesized and tested at the University of Oran. Both bulk and nanostructured forms are examined for magnetic phase transitions and entropy change under external magnetic fields using vibrating sample magnetometry (VSM) and calorimetric techniques. Theoretical modeling based on Landau theory and first-principles calculations complement the experimental results, providing insight into the composition-dependent magnetocaloric response. The performance of select samples is benchmarked against commercial magnetocaloric materials, with particular reference to their cooling capacity and reversibility. The study provides a roadmap for developing efficient, rare-earth-lean materials adapted to next-generation magnetic refrigeration. Recommendations for scale-up, material processing, and further exploration of aliovalent doping are outlined.

Keywords: magnetocaloric effect, perovskite oxides, magnetic refrigeration, Landau theory, Algeria

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

NUMERICAL MODELING OF COSMIC RAY PROPAGATION IN THE MILKY WAY GALAXY

Dr. Vugar Javadov
Baku State University, Azerbaijan

Abstract
This research develops a robust numerical framework for modeling the propagation and energy spectra of cosmic rays throughout the Milky Way. Employing finite-difference methods and multi-zone diffusion-convection equations, simulations incorporate key processes such as galactic magnetic turbulence, energy losses, and spallation. Model calibration is performed using recent observational data from the AMS-02, Fermi-LAT, and CALET missions. Results accurately reconstruct primary and secondary cosmic ray abundances and predict spatial variation trends under different galactic input conditions. The study discusses the impact of galactic winds and local bubble environments on particle transport. Uncertainty analysis includes parameter scans for diffusion coefficients and source distributions. Concluding, the model offers a flexible toolkit adaptable to both local astrophysical questions and extragalactic propagation studies. It highlights the crucial link between advanced simulation, new observational campaigns, and the broader quest to unravel cosmic ray origins.

Keywords: cosmic rays, numerical modeling, galactic propagation, Milky Way, simulation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR PREDICTIVE ANALYTICS IN KAZAKHSTAN'S HEALTHCARE SYSTEM

Prof. Dr. Aigerim Tuleuova
Nazarbayev University, Kazakhstan

Assis. Prof. Dr. Yerzhan Bakyt
Nazarbayev University, Kazakhstan

Dr. Valentina Sarsembayeva
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Abstract
This study investigates the implementation and optimization of artificial intelligence (AI) algorithms within Kazakhstan's healthcare infrastructure, focusing on predictive analytics for patient risk assessment and resource allocation. Using a combination of neural networks and machine learning models, the research analyzes patient datasets from regional hospitals to forecast disease outbreaks and readmission risks. Results show a measurable improvement in early intervention and the efficient allocation of medical resources. The project identifies gaps related to data interoperability, privacy regulations, and the need for localized training datasets to achieve higher accuracy. Collaborative development between university computer scientists and medical practitioners is highlighted as essential for algorithm adaptation and trust building. The study concludes that while AI offers transformative potential for healthcare delivery, systemic integration requires not only technical validation but also institutional support and public engagement. Policy recommendations are offered for standardizing data formats, ethical guidelines, and continual cross-disciplinary education to ensure responsible scaling of predictive analytics in Kazakhstan.

Keywords: artificial intelligence, predictive analytics, healthcare, machine learning, Kazakhstan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF SMART CITY TRANSPORTATION NETWORKS IN ALMATY

Dr. Nursultan Baimurzin
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Kazakhstan

Bibigul Amanzhol
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Kazakhstan

Abstract
This paper presents mathematical models and optimization techniques for developing efficient transportation networks in the context of Almaty's ongoing smart city initiative. Employing graph theory, linear programming, and combinatorial optimization, the research studies real-time vehicular data, public transit logistics, and pedestrian flows to develop adaptive routing algorithms. Simulations and urban mobility data analyses reveal optimal network configurations that can minimize congestion, reduce emissions, and enhance commuter experience. The feasibility of real-time feedback systems and dynamic re-routing using IoT (Internet of Things) nodes is explored. Challenges discussed include data incompleteness, integration with legacy systems, and alignment with municipal governance structures. Recommendations highlight the value of modular algorithm design and participatory planning, advocating stronger ties between academic research, private sector technology companies, and city planners to achieve resilient urban transport frameworks.

Keywords: mathematical modeling, optimization, smart city, transportation networks, Kazakhstan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SOFTWARE FOR MATHEMATICS TEACHING IN SECONDARY IRAQI SCHOOLS

Prof. Dr. Samir Abbass
University of Baghdad, Iraq

Assis. Prof. Dr. Noor Fayez
University of Baghdad, Iraq

Abstract
This research addresses the design and implementation of educational software tailored for mathematics curricula in Iraqi secondary schools. The project details user-centered design principles, engagement with educators, and the development of localized content in Arabic and English. Evaluation of prototype software in classroom environments demonstrates improved student problem-solving skills, conceptual understanding, and motivation. Data from teacher interviews and student assessments reveal both enthusiasm and logistical barriers, including limited access to computers, internet instability, and the need for ongoing teacher training. The study concludes that customized software must align with local educational standards, with recommendations focusing on teacher involvement in content creation, community engagement, and government investment in digital infrastructure for sustainable impact in mathematics education across Iraq.

Keywords: educational software, mathematics education, Iraq, secondary schools, e-learning

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ADVANCED APPLIED ALGEBRAIC METHODS FOR CRYPTOGRAPHIC SECURITY IN IRAQI E-GOVERNMENT SYSTEMS

Dr. Lamia Jawad
University of Basrah, Iraq

Yousef Abdul-Rahman
University of Basrah, Iraq

Abstract
This article presents recent progress in applied algebraic methods for the cryptographic security of e-government systems in Iraq. The study evaluates algebraic structures such as finite fields, elliptic curves, and modular arithmetic for their effectiveness in public key infrastructure, secure authentication, and digital signature schemes. Case studies include simulated attacks, vulnerability assessments, and comparative benchmarking of custom versus international cryptographic standards. Results highlight areas of both robustness and potential weaknesses unique to Iraq's digital landscape. Recommendations emphasize increased research funding, collaboration with cybersecurity experts, and continuous cryptology education for IT personnel in government agencies, thereby strengthening national digital security and resilience.

Keywords: cryptography, algebra, e-government, cybersecurity, Iraq

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SOFTWARE ENGINEERING CHALLENGES AND AGILE PRACTICES IN SOFTWARE FIRMS OF LAOS

Prof. Dr. Viengxay Khamphoumy
National University of Laos, Laos

Dr. Sombath Malathep
National University of Laos, Laos

Manivone Sengchanh
National University of Laos, Laos

Abstract
This comprehensive study analyzes current software engineering challenges within Laos, particularly the adoption and adaptation of agile methodologies across software companies. Drawing on interviews with managers, developers, and clients, as well as project outcome analyses, the research highlights the benefits and barriers of agile transformation, including improved flexibility, faster delivery, but persistent difficulties in scaling, client communication, and backlog management. Cultural aspects such as hierarchical decision-making and educational background are also considered. Concrete recommendations focus on tailored agile training, iterative implementation strategies, and government incentives to foster the local tech ecosystem. The findings position Laos as a growing contributor to Southeast Asia's tech market, advocating for continued collaboration between academia and industry in software engineering research and training.

Keywords: software engineering, agile practices, Laos, technology industry, project management

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ALGORITHMIC THINKING AND MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN LAOS PRIMARY EDUCATION

Dr. Sivilay Kettavong
National University of Laos, Laos

Abstract
This paper explores the relationship between algorithmic thinking and mathematics achievement among primary school students in Laos. Through classroom experiments, diagnostic test analysis, and teacher interviews, the research finds that students exposed to systematic problem decomposition, pseudo-code exercises, and stepwise reasoning outperform peers on math assessments. Analysis includes insights into gender parity, rural-urban disparities, and resources for teacher development. Implementation challenges are noted, such as curriculum rigidities and technology gaps, but the advantages in logical reasoning, error detection, and perseverance are clear. The paper recommends integrating algorithmic activities into math curricula, with extensive teacher support and the adoption of age-appropriate problem-solving software.

Keywords: algorithmic thinking, mathematics achievement, primary education, pedagogy, Laos

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BIG DATA ANALYTICS AND MACHINE LEARNING FOR BANGLADESHI FINANCIAL INSTITUTIONS

Prof. Dr. Md. Shah Alam
University of Dhaka, Bangladesh

Taslima Khan
University of Dhaka, Bangladesh

Mizanur Rahman
University of Chittagong, Bangladesh

Asmaul Husna
Jahangirnagar University, Bangladesh

Abstract
This article examines how financial institutions in Bangladesh leverage big data analytics and machine learning techniques to improve operational efficiency, risk management, and customer service. Drawing on case studies from leading banks, the research outlines technical frameworks for data collection, feature engineering, and predictive modeling. The study demonstrates substantial improvements in fraud detection, credit scoring, and personalized banking services, while also discussing data privacy, regulatory constraints, and workforce upskilling needs. The authors urge the creation of cross-university research centers and the modernization of analytics curricula to create a pipeline of skilled professionals capable of navigating both technological and ethical complexities of banking digitalization.

Keywords: big data analytics, machine learning, financial institutions, Bangladesh, digital banking

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MATHEMATICAL FOUNDATIONS AND APPLICATIONS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN BANGLADESH

Dr. Farhana Haque
Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

Prof. Dr. Abdullah Sarkar
Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

Hasan Al Mamun
Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

Abstract
This detailed study explores the mathematical principles underpinning blockchain technology, and its applications across various sectors in Bangladesh, including supply chain, agriculture, and digital identity management. Focusing on consensus algorithms, hash functions, and cryptographic protocols, the research highlights local pilot projects and theoretical models, while reviewing performance, scalability, and adoption barriers. Expert interviews highlight the demand for blockchain literate graduates and the necessity of government support for proof-of-concept ventures. The findings provide a roadmap for educators, policymakers, and industry stakeholders seeking to capitalize on secure, transparent technological solutions rooted in robust mathematical frameworks.

Keywords: blockchain, mathematics, Bangladesh, digital transformation, cryptography

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND SOCIOECONOMIC BARRIERS AMONG WOMEN IN RURAL KYRGYZSTAN

Prof. Dr. Meerim Aitmatova
Ala-Too International University, Kyrgyzstan

Dr. Bakytgul Uulu
Jalal-Abad State University, Kyrgyzstan

Abstract
This research investigates the multi-layered socioeconomic barriers that women in rural Kyrgyzstan encounter when accessing maternal healthcare services. Utilizing a mixed-methods approach that integrates structured interviews, focus groups, and medical service utilization records, the study reveals how economic hardship, transportation limitations, and cultural norms collectively restrict prenatal and postnatal care for pregnant women. Findings indicate that household income and education level are significant predictors of maternal healthcare access, with lower-income families more likely to experience delays or forgo antenatal visits. Cultural expectations regarding home birth and family support also factor prominently, influencing both health-seeking behavior and birth outcomes. Despite governmental efforts to decentralize healthcare services and promote outreach programs, systemic inequities persist. The paper suggests actionable policy interventions, including transportation funding, expanded rural health education, and incentives for local healthcare providers to remain in underserved regions. These findings contribute to evidence-based advocacy for improving maternal health outcomes and reducing preventable maternal morbidity and mortality in Kyrgyzstan.

Keywords: maternal healthcare, rural women, socioeconomic barriers, Kyrgyzstan, prenatal care

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PERCEPTIONS AND PRACTICES OF ANTENATAL NUTRITION AMONG PREGNANT WOMEN IN BISHKEK

Dr. Nurgul Isaeva
Kyrgyz State Medical Academy, Kyrgyzstan

Zamira Sadykova
Osh State University, Kyrgyzstan

Gulzat Sultanalieva
Kyrgyz State Medical Academy, Kyrgyzstan

Abstract
The study explores antenatal nutrition knowledge, perceptions, and behavioral practices among pregnant women in Bishkek, Kyrgyzstan. Through qualitative interviews and questionnaire surveys with expectant mothers and healthcare professionals, it examines the sources of nutrition information, dietary habits, and cultural beliefs that influence maternal nutrition. Results highlight inconsistency in dietary guidance, with many women relying on traditional advice over clinical recommendations and demonstrating moderate awareness of micronutrient requirements. Socioeconomic differences play a critical role in the quality and diversity of maternal diets. The presence of food taboos and the influence of elders further complicate nutritional choices during pregnancy. The paper emphasizes the potential of community-based nutritional education programs and healthcare provider training to address misinformation and support healthy dietary changes. Policy implications are drawn regarding the integration of maternal nutrition modules into existing antenatal care frameworks with a culturally sensitive approach.

Keywords: antenatal nutrition, pregnant women, Kyrgyzstan, health education, dietary practices

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PSYCHOSOCIAL STRESSORS AND COPING STRATEGIES AMONG PREGNANT WOMEN IN THE WEST BANK

Assoc. Prof. Dr. Lina Barghouti
Birzeit University, Palestine

Dr. Hala Najjar
An-Najah National University, Palestine

Abstract
This research provides an in-depth examination of psychosocial stressors affecting pregnant women living in the West Bank, Palestine, and the coping mechanisms they employ. Using cross-sectional survey data coupled with qualitative interviews, the paper documents how ongoing conflict, mobility restrictions, economic instability, and family pressures contribute to elevated stress levels during pregnancy. The findings reveal that social support—especially from extended family and health professionals—acts as a crucial buffer. However, many women face barriers in accessing psychological counseling due to stigma or resource constraints. Religious faith and community engagement emerge as significant factors in positive coping. The authors argue for the integration of culturally adapted mental health support into routine antenatal care, along with community awareness campaigns to destigmatize psychological assistance. The study underscores the importance of resilience-building interventions tailored to conflict-affected populations.

Keywords: pregnancy, psychosocial stress, Palestine, coping strategies, maternal mental health

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BARRIERS TO ADEQUATE PRENATAL CARE IN GAZA: PERSPECTIVES OF WOMEN AND HEALTH PROVIDERS

Dr. Abeer Khalil
Islamic University of Gaza, Palestine

Mohammed Saleh
Al-Azhar University – Gaza, Palestine

Ayah Abu Seir
Al-Azhar University – Gaza, Palestine

Abstract
This article examines the factors limiting access to adequate prenatal care among women in Gaza, combining qualitative interviews with pregnant women, midwives, and obstetricians with quantitative data from health records. The analysis identifies logistical obstacles such as transportation difficulties, restricted crossings, and clinic overcrowding, as well as social challenges including financial hardship, low health literacy, and conservative gender roles. Health providers cite supply shortages and high caseloads as further barriers to quality care. Despite significant humanitarian aid targeting maternal health, system inefficiencies and ongoing conflict undermine these efforts. The study recommends targeted interventions—such as home visits, mobile health units, and community education—to alleviate access problems and improve prenatal care adherence in this unique geopolitical context.

Keywords: prenatal care, Gaza, access barriers, maternal health, health system challenges

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

IMPACT OF WOMEN'S EDUCATION ON MATERNAL AND INFANT HEALTH OUTCOMES IN SINGAPORE

Dr. Cheryl Tan
National University of Singapore, Singapore

Liew Wei Ling
Singapore Management University, Singapore

Prof. Dr. Siti Rahimah
Nanyang Technological University, Singapore

Dr. Jasmine Goh
National University of Singapore, Singapore

Abstract
This research explores the relationship between maternal education and health outcomes for mothers and infants in Singapore. Utilizing national birth registry data and longitudinal health survey results, the paper shows that higher education attainment among women correlates with reduced rates of preterm birth, low birth weight, and neonatal mortality. The study finds educated mothers demonstrate greater adherence to antenatal recommendations, improved nutrition, and more proactive engagement with healthcare services. Interviews with stakeholders point to educational empowerment as a driver for health literacy and informed health behaviors. The authors discuss policy implications for expanding educational access, targeted health education, and supporting equity among different demographic groups to ensure optimal maternal and child health outcomes.

Keywords: women’s education, maternal health, infant health, Singapore, health outcomes

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CULTURAL INFLUENCES ON CONTRACEPTIVE USE DECISIONS AMONG SINGAPOREAN WOMEN

Assoc. Prof. Dr. Sharon Lee
Nanyang Technological University, Singapore

Samantha Tan
National University of Singapore, Singapore

Abstract
This study investigates how cultural beliefs, social expectations, and family dynamics influence contraceptive use decisions among Singaporean women of reproductive age. Survey and focus group results indicate both persistent traditional values and increasing openness to modern contraceptive choices. Factors such as marital status, ethnic background, religious affiliation, and socioeconomic status are examined in relation to contraceptive preferences and health-seeking behaviors. Healthcare provider perspectives illuminate how cultural sensitivity and effective counseling correlate with increased uptake and satisfaction. The results suggest public health policies should address cultural nuance and empower women's autonomy through comprehensive education and destigmatized reproductive health services.

Keywords: contraception, Singapore, cultural influence, women's health, reproductive decisions

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PREGNANCY-RELATED HEALTH LITERACY AND OUTCOMES IN OMANI WOMEN

Assis. Prof. Dr. Maha Al-Rashdi
Dhofar University, Oman

Abstract
This comprehensive study examines the levels of health literacy related to pregnancy among Omani women and how this knowledge translates into antenatal behavior and health outcomes. Survey and interview data reveal that higher health literacy correlates with better adherence to medical advice, fewer pregnancy complications, and healthier birth outcomes. Demographic variables including age, education, and geographic region significantly influence health literacy. Cultural norms about pregnancy information sharing and trust in healthcare systems are also analyzed. The paper recommends culturally-sensitive outreach, accessible education, and ongoing health communication improvements to support maternal wellbeing in Oman.

Keywords: health literacy, Oman, pregnancy, maternal health, antenatal outcomes

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SOCIAL SUPPORT NETWORKS AND MATERNAL WELL-BEING DURING PREGNANCY IN OMAN

Assis. Prof. Dr. Abdullah Al-Balushi
University of Nizwa, Oman

Dr. Salima Al-Yahyaei
University of Nizwa, Oman

Huda Al-Shukaili
University of Nizwa, Oman

Abstract
This study focuses on the role of social support networks in shaping the psychological well-being of pregnant women in Oman. Using structured interviews, standardized mental health assessment tools, and social network analysis, it finds that strong familial, peer, and community ties are associated with lower rates of antenatal depression and anxiety. The paper demonstrates that support from both partners and extended family is vital for emotional resilience. Barriers to effective support, such as social isolation or stigma, are discussed alongside culturally embedded strategies for enhancing support. Policy implications include promoting inclusive maternal wellness programs and encouraging proactive social engagement throughout pregnancy.

Keywords: social support, pregnancy, Oman, maternal well-being, mental health

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ADVANCED HEXAGONAL BORON NITRIDE NANOMATERIALS FOR THERMAL MANAGEMENT IN ELECTRONICS

Prof. Dr. Nursultan Sadykov
Kyrgyz National University, Kyrgyzstan

Dr. Aida Abdykadyrova
Kyrgyz State Technical University, Kyrgyzstan

Abstract

This study explores the synthesis, structural characterization, and application potential of hexagonal boron nitride (h-BN) nanomaterials for next-generation thermal management systems in electronics. h-BN, known for its high thermal conductivity and excellent chemical stability, was synthesized via chemical vapor deposition using ammonia borane precursors. Advanced techniques such as XRD, TEM, and Raman spectroscopy revealed highly crystalline nanosheets with uniform thickness. Detailed analysis of thermal conductivity, evaluated by transient plane source method, demonstrates that h-BN nanomaterials outperform conventional fillers in polymer composites for electronic heat dissipation. Compatibility with various polymer matrices and low dielectric constant were tested, confirming their suitability for high-frequency devices. Life-cycle assessment highlighted the environmental advantages of h-BN compared to metal-based materials, supporting sustainability in electronics manufacturing. While this research verifies the performance reliability of h-BN, economic challenges in large-scale production remain. The findings constitute a foundation for integrating h-BN nanomaterials into flexible electronics and high-performance microprocessors, pointing toward future research on optimizing production and scalability.

Keywords: hexagonal boron nitride, nanomaterials, thermal management, electronics, polymer composites

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

FUNCTIONALIZATION OF CARBON NANOTUBES FOR TARGETED DRUG DELIVERY SYSTEMS

Dr. Bakytbek Mamatov
International University of Kyrgyzstan, Kyrgyzstan

Meerim Zhumabaeva
Kyrgyz National Agrarian University, Kyrgyzstan

Almazbek Ashymov
Ala-Too International University, Kyrgyzstan

Abstract

This paper presents the chemical functionalization of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) and their performance as targeted drug delivery vehicles. Using acid treatment and covalent bonding, carboxyl and amine groups were introduced onto CNT surfaces to improve solubility and biocompatibility. Model anticancer drugs were loaded onto the functionalized nanotubes, and release kinetics were studied in vitro under varying pH and enzymatic conditions. Transmission electron microscopy and FTIR confirmed successful functionalization and preservation of natural tube morphology. Flow cytometric analysis using cancer cell lines indicated enhanced cellular uptake, minimal cytotoxicity, and controlled drug release compared to free drug counterparts. Preliminary in vivo experiments, performed in collaboration with medical faculty partners, showed reduced side effects and improved therapeutic efficacy. The study concludes by addressing biosafety, clearance, and regulatory considerations, emphasizing the need for standardized protocols in nanomedicine translation. The results highlight the promise of functionalized CNTs for safe, efficient, and selective cancer therapy.

Keywords: carbon nanotubes, drug delivery, functionalization, biocompatibility, cancer therapy

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GRAPHENE-BASED NANOCOMPOSITES FOR ENERGY STORAGE APPLICATIONS IN PHOTOVOLTAIC DEVICES

Prof. Dr. Yasmin Khalil
Birzeit University, Palestine

Dr. Samiya Salameh
Al-Quds University, Palestine

Nael Banat
Birzeit University, Palestine

Abstract

This research investigates the fabrication and electrochemical evaluation of graphene-based nanocomposites designed to enhance energy storage in next-generation photovoltaic (PV) devices. Reduced graphene oxide (rGO) was synthesized via modified Hummers' method and integrated with metal oxide nanoparticles using solution casting. Structural properties were analyzed via SEM, XPS, and EIS, while capacitance and charge-discharge cycling were tested under solar cell conditions. Results show that rGO nanocomposites significantly boost capacitance and cycle stability in PV devices compared to traditional materials. The introduction of graphene improved electron mobility and enabled higher energy densities. This study explores the interdependence between nanocomposite ratios, device architecture, and performance optimization for renewable energy. Fabrication scalability and environmental safety are also discussed. The work demonstrates the applied potential of graphene nanocomposites for efficient solar energy storage, offering green solutions within the transition to sustainable energy infrastructures.

Keywords: graphene, nanocomposites, energy storage, photovoltaic devices, renewable energy

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

IRON OXIDE NANOPARTICLE SYNTHESIS FOR MRI CONTRAST ENHANCEMENT AND DIAGNOSTICS

Dr. Lina Qaddumi
An-Najah National University, Palestine

Assis. Prof. Dr. Mohammad Mustafa
Al-Azhar University – Gaza, Palestine

Abstract

This study reports the synthesis of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) and their use as contrast agents in magnetic resonance imaging (MRI). SPIONs were produced via co-precipitation and stabilized with biocompatible polymers, with particle size and morphology analyzed by DLS and TEM. Magnetic properties were characterized via VSM, confirming high saturation magnetization and rapid response under alternating fields. In vitro MRI assessments using phantoms and cell studies demonstrated substantial contrast enhancement at low nanoparticle concentrations. The study evaluated cellular uptake and biocompatibility in human fibroblast and macrophage models, establishing negligible cytotoxicity and high labeling efficiency. Ongoing animal studies are exploring biodistribution and clearance pathways. The paper reviews regulatory and biosafety considerations for future clinical translation. Overall, these iron oxide nanoparticles show excellent potential to improve MRI diagnostics, enabling the early detection of disease with minimal patient risk.

Keywords: iron oxide nanoparticles, MRI contrast, synthesis, biocompatibility, diagnostics

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SILICON NANOWIRES SYNTHESIS FOR NEXT-GENERATION BIOSENSOR PLATFORMS

Assoc. Prof. Dr. Wang Jian
National University of Singapore, Singapore

Dr. Clara Lim
National University of Singapore, Singapore

Wei Chen
Singapore University of Technology and Design, Singapore

Xin Li
Nanyang Technological University, Singapore

Abstract
This study examines the vapor–liquid–solid (VLS) synthesis of silicon nanowires (SiNWs) for development of high-sensitivity biosensor platforms. Various catalyst compositions and growth conditions were optimized to control wire diameter and surface morphology for enhanced biomolecule immobilization. Structural analysis with TEM and XRD confirmed crystalline quality and uniform growth. Biotinylated SiNWs were functionalized with antibodies and DNA aptamers, with performance evaluated by detection of low-concentration biomarkers in serum. The biosensors showed excellent selectivity, stability, and signal-to-noise ratios across multiple tests. The research highlights integration strategies for SiNWs with microelectronic circuits, and discusses challenges in reproducibility and mass production. These biosensor platforms could revolutionize early disease detection, personalized medicine, and environmental monitoring, bringing nanotechnology closer to real-world healthcare and diagnostic applications.

Keywords: silicon nanowires, biosensors, synthesis, molecular detection, diagnostics

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TUNABLE PLASMONIC PROPERTIES OF GOLD NANOPARTICLES FOR CANCER PHOTOTHERMAL THERAPY

Prof. Dr. Siti Mariam Rahmat
Nanyang Technological University, Singapore

Dr. Muhammad Arif
Singapore University of Technology and Design, Singapore

Abstract

The paper presents the synthesis and tuning of gold nanoparticles (AuNPs) with specific plasmonic properties, focusing on applications in cancer photothermal therapy. Seed-mediated growth and surface modification were employed to create AuNPs with controlled size, aspect ratio, and absorption maxima in the near-infrared region, which was confirmed by UV-Vis and TEM analysis. Photothermal conversion efficiency and heating profiles were systematically measured under different laser powers, and in vitro tests assessed cytotoxicity, cellular uptake, and apoptosis induction in cancer cell lines. The study demonstrated shape-dependent therapeutic efficiency and addressed biocompatibility and circulation lifetime issues. The optimization of AuNP plasmonics allows effective localized therapy with minimal invasiveness and collateral tissue damage. Results highlight translational prospects, regulatory limitations, and future clinical pathways for safe, effective use in oncology.

Keywords: gold nanoparticles, plasmonics, photothermal therapy, cancer, synthesis

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

METAL-OXIDE NANOSTRUCTURES FOR HIGH-PERFORMANCE GAS SENSORS IN ENVIRONMENTAL MONITORING

Dr. Amna Al-Nasseri
Sultan Qaboos University, Oman

Assoc. Prof. Dr. Mohammed Al-Khalili
Sultan Qaboos University, Oman

Zainab Al-Lawati
Sultan Qaboos University, Oman

Abstract

This paper focuses on the fabrication and characterization of metal-oxide nanostructures for constructing high-performance gas sensors, emphasizing air quality monitoring and environmental safety. Nanostructured films of ZnO, SnO2, and TiO2 were synthesized via sol–gel and hydrothermal routes, then deposited onto interdigitated electrodes. XRD and SEM analyses confirmed formation of nanostructured morphologies with high surface-to-volume ratio. Sensor performance was tested for selectivity, sensitivity, and response speed towards NO2, CO, and VOCs under ambient conditions. Results reveal enhanced detection and stability, attributed to abundant active sites and grain boundary engineering. Cross-sensitivity and drift were minimized with compositional tuning. The study recommends these sensors for real-time, low-power applications in industrial and urban areas, and discusses scaling up manufacturing. This work establishes a path for advanced gas sensing leveraging nanotechnology for cleaner environments.

Keywords: metal-oxide nanostructures, gas sensors, environmental monitoring, air quality, sensing

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

POLYSACCHARIDE-BASED NANOCARRIERS FOR CONTROLLED MEDICATION DELIVERY IN OMANI HEALTHCARE

Prof. Dr. Fatma Al-Khusaibi
University of Nizwa, Oman

Noor Al-Maawali
University of Nizwa, Oman

Yusuf Al-Shibli
Sultan Qaboos University, Oman

Dr. Amal Al-Amri
University of Buraimi, Oman

Abstract

The research delves into the development and therapeutic evaluation of organic nanocarriers derived from biocompatible polysaccharides for controlled medication delivery. By employing ionic gelation and self-assembly techniques, the team engineered nanocarriers from chitosan and alginate, characterizing their morphology, encapsulation efficiency, and release profiles via DLS and TEM. The in vitro and ex vivo release studies demonstrated a sustained, pH-sensitive release of anticancer and antibiotic drugs. The study further evaluated cytotoxicity and biocompatibility with mammalian cells, establishing minimal immunogenicity. Initial clinical pilot tests in Omani healthcare partners confirmed improved drug bioavailability and patient compliance. The work addresses scalability, regulatory pathways, and future tailoring for personalized medicine, positioning polysaccharide nanocarriers as a promising avenue for advanced therapeutic solutions.

Keywords: polysaccharide nanocarriers, drug delivery, controlled release, Oman, nanomedicine

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SELF-ASSEMBLED SUPRAMOLECULAR NANOFIBERS FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS

Dr. Luc Moreau
Sorbonne University, France

Assis. Prof. Dr. Emilie Dubois
Sorbonne University, France

Louis Laurent
Sorbonne University, France

Abstract
This study investigates the design and biomedical evaluation of peptide-based supramolecular nanofibers for use in tissue engineering. Building on principles of molecular self-assembly, the research team synthesized amphiphilic peptides from natural amino acids, optimizing gelation and nanofiber morphology via pH adjustment and crosslinking. Characterization with AFM, TEM, and FTIR revealed robust networks with tunable stiffness suited for soft tissue scaffolds. In vitro studies demonstrated excellent cytocompatibility, support for cell adhesion, and promotion of proliferation for fibroblasts and chondrocytes. Scaffold biodegradability and integration with host tissue were evaluated in rodent wound models, where nanofiber matrices accelerated tissue repair compared to controls. The study highlights scalability, shelf-life, and regulatory considerations for future clinical translation. Overall, the work establishes supramolecular nanofibers as a versatile platform for regenerative medicine, with potential in wound healing, cartilage repair, and stem cell therapies.

Keywords: supramolecular nanofibers, tissue engineering, peptide assembly, regenerative medicine, biomaterials

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DESIGN AND APPLICATION OF MESOPOROUS SILICA NANOPARTICLES FOR CANCER DIAGNOSIS AND THERAPY

Prof. Dr. Claire Dubois
University of Montpellier, France

Dr. Sophie Lefevre
University of Montpellier, France

Emilie Rousseau
University of Montpellier, France

Abstract

This paper presents a comprehensive study of mesoporous silica nanoparticles (MSNs) as multifunctional agents in cancer diagnosis and therapy. MSNs were synthesized with narrow pore size distribution and controllable surface chemistry using sol-gel methods. Particle size and porosity were characterized by BET, TEM, and DLS. The team functionalized MSNs with targeting ligands and luminescent markers for dual imaging and therapeutic capability. Drug loading and controlled release efficiency were evaluated with model chemotherapeutics under physiological conditions, while in vitro cellular uptake and toxicity studies confirmed high tumor specificity and low off-target toxicity. In vivo pilot models demonstrated MSN-assisted imaging improved tumor visualization, and MSN-delivered drugs significantly enhanced treatment efficacy with reduced side effects. Regulatory and translational aspects are discussed, underlining prospects for MSN integration into future nanomedicine initiatives in France.

Keywords: mesoporous silica nanoparticles, cancer therapy, bioimaging, nanotechnology, drug delivery

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EPIDEMIOLOGICAL SURVEY OF BOVINE TUBERCULOSIS IN RURAL TAJIKISTAN: DIAGNOSIS AND CONTROL STRATEGIES

Dr. Suhrob Safarov
Tajik Agrarian University, Tajikistan

Dr. Gulnara Sharipova
Tajik Agrarian University, Tajikistan

Abstract
This study presents a comprehensive epidemiological survey of bovine tuberculosis (bTB) in rural areas of Tajikistan, focusing on diagnostic advancements and practical control strategies. Over 1,200 cattle from ten districts were tested using tuberculin skin tests and molecular diagnostic tools to determine bTB prevalence. Results indicated an average prevalence rate of 6.4%, with certain regions showing disproportionately higher rates linked to herd density and poor biosecurity practices. Genotyping revealed Mycobacterium bovis as the predominant pathogen. Interviews with local veterinarians and farmers highlighted barriers to effective control, including limited access to modern diagnostics, lack of consistent animal movement monitoring, and traditional husbandry practices. The study assessed the economic impact of bTB on local farmers, emphasizing the significance of early detection and culling. It also evaluated the effectiveness of awareness campaigns, vaccination efforts, and government policies. Recommendations include expanding mobile veterinary units, subsidizing diagnostic tools, and enhancing farmer education to improve containment and reduce disease transmission. The research provides a blueprint for integrating modern diagnostic technology with community-based approaches to control endemic diseases in resource-limited settings.

Keywords: bovine tuberculosis, Tajikistan, epidemiology, diagnosis, veterinary public health

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PARASITIC INFESTATIONS IN SMALL RUMINANTS: CHALLENGES FOR RURAL LIVESTOCK FARMERS IN TAJIKISTAN

Shodmon Mirzoev
Tajik National University, Tajikistan

Dr. Farzona Rajabova
Tajik National University, Tajikistan

Jamila Saidova
Tajik National University, Tajikistan

Abstract
A major obstacle to sustainable small ruminant farming in Tajikistan is the prevalence of parasitic infestations, particularly gastrointestinal nematodes and ectoparasites. This paper reports findings from a cross-sectional survey of over 800 sheep and goats in three provinces, utilizing fecal examination, blood sampling, and external parasite identification. The most frequent infestations included Haemonchus contortus and tick species responsible for significant morbidity and production loss. Interviews with farmers revealed gaps in parasite management, limited knowledge of anthelmintic resistance, and cultural adherence to traditional treatment methods. Statistical analysis showed clear associations between poor husbandry, irregular deworming, and high infection rates. The study examined educational outreach by extension services and efficacy of locally available antiparasitic drugs. Improved farmer training, rotation grazing, and integrated parasite control are advocated. Emphasis is placed on building partnerships between universities and local agencies, ensuring cost-effective strategies and sustainable improvements in animal health and productivity.

Keywords: small ruminants, parasites, Tajikistan, animal husbandry, extension education

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CONTROL OF BRUCELLOSIS IN DAIRY CATTLE: VACCINATION EFFORTS IN EGYPTIAN GOVERNORATES

Prof. Dr. Hossam Eldin Mahmoud
Cairo University, Egypt

Ahmed Zaki
Cairo University, Egypt

Assis. Prof. Dr. Mona El-Sayed
Cairo University, Egypt

Abstract
This paper examines the status and effectiveness of brucellosis vaccination campaigns across multiple Egyptian governorates, focusing on Brucella abortus and Brucella melitensis. Field surveys combined laboratory assessments of serological responses in over 4,000 dairy cattle and goats. Despite a concerted vaccination effort, outbreak hotspots persisted, traced to logistical lapses, cold-chain failures, and vaccine hesitancy among farmers due to misinformation. Regression analysis of risk factors found significant associations with herd size, open grazing, and lack of follow-up post-vaccination. Stakeholder interviews revealed that continuous educational programs and veterinary follow-up visits were critical in increasing compliance. Policy recommendations include digital tracking of vaccination status, mandatory reporting, and targeted retraining for rural veterinarians. This study contributes actionable insights for controlling zoonotic diseases and improving livestock productivity, with broad implications for food safety and rural livelihoods in Egypt.

Keywords: brucellosis, vaccination, Egypt, dairy cattle, disease management

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AVIAN INFLUENZA MONITORING AND BIOSECURITY PRACTICES IN POULTRY FARMS OF EGYPT

Dr. Faten Abdelrahim
Alexandria University, Egypt

Mohamed Saber
Alexandria University, Egypt

Abstract
Avian influenza poses ongoing threats to poultry production and food security in Egypt. This research monitored virus prevalence and evaluated biosecurity measures at commercial and backyard farms in three regions. Over 3,500 samples from birds, workers, and environments were analyzed using PCR and serological assays, revealing sporadic outbreaks and evidence of H5 and H9 strains co-circulating in the region. The study identified critical lapses in quarantine practices, movement control, and disinfection routines, especially in informal farming sectors. Surveys of farm managers highlighted resource constraints, insufficient training, and gaps in government support. Comparison of biosecurity scores confirmed that higher standards correlate strongly with lower outbreak risk and economic loss. The paper emphasizes the need for centralized surveillance, targeted extension services, and regional cooperation on disease reporting. Recommendations include capacity-building, subsidized biosecurity upgrades, and public awareness campaigns to reduce risk and enhance Egypt's poultry sector resilience.

Keywords: avian influenza, Egypt, poultry, biosecurity, surveillance

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TICK-BORNE DISEASES IN IRANIAN SHEEP FLOCKS: MOLECULAR DIAGNOSIS AND CONTROL MEASURES

Prof. Dr. Hassan Shirazi
Tehran University, Iran

Assis. Prof. Dr. Sara Foroughi
Tehran University, Iran

Dr. Mohsen Farzi
Tehran University, Iran

Abstract
Tick-borne diseases (TBDs) present significant challenges for sheep production in Iran's arid and semi-arid regions. This study combined field sampling with advanced PCR-based diagnostics to detect pathogens such as Anaplasma, Babesia, and Theileria among 18 flocks in two provinces. Results demonstrated a high prevalence of mixed infections, with spatial analysis linking outbreaks to environmental and management factors. Questionnaires administered to flock owners revealed gaps in tick control practices and misunderstanding of acaricide use and resistance. The cost-effectiveness of different control strategies, including strategic dipping, pasture management, and genetic selection for resistance, was assessed. The findings stress the need for veterinary extension, integrated disease surveillance, and regionally tailored intervention policies. Enhancing collaboration between researchers, veterinary practitioners, and farmers is essential for reducing productivity losses and improving animal welfare in resource-constrained settings.

Keywords: tick-borne diseases, Iran, sheep, molecular diagnosis, animal health policy

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

VETERINARY EDUCATION REFORM AND PRACTICAL TRAINING IN IRANIAN UNIVERSITIES

Dr. Sahar Kaviani
Shiraz University, Iran

Prof. Dr. Ali Akbar Dehghan Banadaki
Shiraz University, Iran

Abstract
This paper critically evaluates the structure and reforms of veterinary education in Iran, focusing on bridging the gap between theoretical knowledge and practical field training. The study analyzed curriculum frameworks at six major universities, stakeholder workshops, and graduate employment outcomes. Challenges identified include insufficient clinical exposure, outdated teaching resources, and limited industry collaboration. The reformative measures reviewed include curricular integration of new diagnostic technologies, expanded internships, and partnerships with private clinics. Evaluation of pre- and post-reform cohorts indicated significant improvements in clinical competency and problem-solving abilities. Faculty interviews and employer surveys provided feedback on curriculum relevance and industry expectations. The findings demonstrate that innovation in curriculum design and hands-on training are crucial for producing veterinarians ready for modern challenges, and call for sustained investment in faculty development and infrastructure.

Keywords: veterinary education, Iran, curriculum reform, practical training, employability

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SURVEILLANCE OF ZOONOTIC DISEASES AT THE WILDLIFE-LIVESTOCK INTERFACE IN WESTERN INDIA

Dr. Ramesh Gopalakrishnan
Gujarat Veterinary College, India

Assis. Prof. Dr. Meera Nair
Gujarat Veterinary College, India

Abstract
India's Western region is a hotspot for zoonotic disease emergence due to close wildlife-livestock interactions. This study details three years of surveillance across national parks and bordering livestock farms, focusing on pathogens including foot-and-mouth disease, leptospirosis, and anthrax. Using serological surveillance, GPS tracking, and molecular diagnostics, the research mapped transmission routes and identified risk factors such as habitat fragmentation and unregulated livestock movement. Collaboration with forest rangers and local governments enabled rapid response to outbreaks. The findings highlight effective strategies, such as buffer zone vaccination, stakeholder education, and cross-sectoral reporting systems to mitigate transmission risks. Insights inform the development of early warning and contingency plans, advancing the One Health approach.

Keywords: zoonoses, India, wildlife-livestock, surveillance, One Health

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EVALUATION OF TRYPANOSOMIASIS CONTROL PROGRAMS IN INDIAN DAIRY CATTLE

Prof. Dr. Priya Sreenivasan
Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, India

Dr. Bhaskar Rao
Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, India

Dr. Aparna Nair
Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, India

Abstract
Trypanosomiasis, a vector-borne disease, threatens dairy productivity in southern India. This study assesses national and state control campaigns, including chemotherapeutic protocols, vector management, and farmer outreach. Data from 40 dairy cooperatives revealed sporadic outbreaks linked to altered rainfall patterns and surveillance lapses. Interviews with farmers and veterinarians showed awareness gaps and drug resistance as persistent problems. The cost-effectiveness and impact of control measures were examined through milk yield, morbidity, and economic loss metrics. The research advocates for integrated vector management, periodic training, and strengthening public–private partnerships. The paper concludes with an agenda for tailored region-specific interventions and highlights ongoing research on vaccine candidates.

Keywords: trypanosomiasis, India, dairy cattle, disease control, vector management

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF CANINE PARVOVIRUS STRAINS IN DOG POPULATIONS IN SPAIN

Dr. Marta Ferrer
Complutense University of Madrid, Spain

Assis. Prof. Dr. Pablo Alonso
Complutense University of Madrid, Spain

Abstract
This research investigates the genetic diversity and epidemiology of canine parvovirus (CPV) in Spain's urban and rural dog populations. Employing PCR and sequencing, the study identified the prevalence of CPV-2a, CPV-2b, and emerging variants in over 900 samples from animal shelters and veterinary clinics. Phylogenetic analysis traced the introduction and spread of new strains, revealing spatial clusters connected to dog movement and shelter practices. The study also evaluates the efficacy of current vaccination regimens in field conditions. Survey data from veterinarians provided insights into compliance rates, challenges in booster administration, and the need for public awareness. Recommendations include improved surveillance, high-coverage vaccination, and targeted owner education to contain outbreaks and limit viral evolution.

Keywords: canine parvovirus, Spain, molecular epidemiology, vaccination, companion animals

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SURGICAL OUTCOMES OF ORTHOPEDIC PROCEDURES IN HORSES: A MULTICENTRIC ANALYSIS IN SPAIN

Prof. Dr. Carlos Ortega
University of Zaragoza, Spain

Dr. Isabel Fernandez
University of Zaragoza, Spain

Lucia Ruiz
University of Barcelona, Spain

Assis. Prof. Dr. Sergio Morales
University of Cordoba, Spain

Abstract
This multicentric study evaluates the surgical outcomes and complications of orthopedic procedures performed on horses across four leading Spanish veterinary hospitals. Medical records and follow-up data from 312 cases covering fractures, joint injuries, and tendon repairs were analyzed for surgical technique, recovery, complication rates, and return-to-function. Findings indicate that advanced imaging and early rehabilitation significantly improve prognosis, while infection and hardware failure remain challenges. Differences in outcomes by hospital, surgeon experience, and post-operative care protocols are discussed. Recommendations involve standardized surgical guidelines, expanded specialist training, and investment in equine rehabilitation facilities. The study informs evidence-based practices and continual advancement of equine orthopedic surgery in Spain.

Keywords: equine surgery, Spain, orthopedic outcomes, horses, veterinary medicine

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEVELOPMENT AND PHARMACOKINETIC EVALUATION OF HERBAL ANTIOXIDANT FORMULATIONS FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT

Prof. Dr. Lamia Bensalem
University of Algiers, Algeria

Dr. Karim Djeghlal
University of Algiers, Algeria

Abstract
This research investigates the formulation and pharmacokinetic characterization of herbal antioxidant products intended for chronic disease management, with a focus on bioavailability improvements and safety profiling. Using extracts from indigenous Algerian medicinal plants, both standardized and novel semi-synthetic preparations were developed and assessed through in vitro assays and in vivo animal studies. Key outcome measures included absorption rate, tissue distribution, metabolic stability, and potential hepatic or renal toxicity. Results demonstrated that optimized formulations significantly improved antioxidant activity, slowing the progression of oxidative stress markers in chronic pathologies. The study revealed variability in pharmacokinetic profiles based on both the extraction method and excipient composition. Clinical translation was evaluated through initial human safety trials, which indicated good tolerability and the potential for integration into multi-modal chronic disease therapy. The findings underscore the relevance of local botanical resources in pharmaceutical innovation and highlight the need for further large-scale clinical assessments to validate long-term efficacy and safety in diverse patient populations.

Keywords: herbal medicine, pharmacokinetics, antioxidants, chronic disease, Algeria

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CURRENT CHALLENGES IN ANTIMICROBIAL STEWARDSHIP PROGRAMS IN ALGERIAN HOSPITAL PHARMACY PRACTICE

Assis. Prof. Dr. Nesrine Toumi
University of Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algeria

Dr. Ilyes Bendaoud
University of Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algeria

Abstract
This comprehensive review analyzes the effectiveness and implementation problems of antimicrobial stewardship programs (ASP) across hospital pharmacies in Algeria. Data was collected through structured interviews with pharmacy staff, audits of prescription protocols, and evaluation of resistance trend reports from various teaching hospitals. Findings revealed multiple barriers, including insufficient staff training, lack of protocol standardization, communication gaps between pharmacists and prescribers, and limited integration of clinical decision-support systems. The study also explores the consequences of high empirical antibiotic use and the challenges presented by multi-drug resistant organisms. Key recommendations involve strengthening interprofessional education, upgrading information technologies in pharmacies, and establishing national guidelines tailored for the Algerian clinical context. This work highlights the essential role of hospital pharmacists in ASP leadership to reduce inappropriate antibiotic usage and curb resistance rates while safeguarding patient safety.

Keywords: antimicrobial stewardship, hospital pharmacy, antibiotics, resistance, Algeria

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

NICOTINE ADDICTION AND PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS AMONG SYRIAN YOUTH: A CROSS-SECTIONAL STUDY

Prof. Dr. Nour Al-Shami
Damascus University, Syria

Dr. Bassel Haddad
Damascus University, Syria

Dr. Lina Mansour
Aleppo University, Syria

Abstract
This cross-sectional study examines the prevalence of nicotine addiction among Syrian adolescents and the evaluation of available pharmacological interventions in supporting smoking cessation. The researchers conducted structured interviews with over 600 students from urban and rural schools and analyzed cessation rates through follow-up at community health centers. Pharmacotherapies investigated included nicotine replacement therapy, bupropion, and varenicline. Results indicated that while pharmacological interventions improved cessation attempts slightly over behavioral counseling alone, accessibility and social stigma limited comprehensive adoption. The report underscores gaps in public awareness, cultural resistance, and availability of medications in war-affected regions. The authors propose the establishment of integrated school- and pharmacy-based intervention programs and community campaigns to promote early intervention and standardize cessation protocols across Syria.

Keywords: nicotine addiction, pharmacological interventions, adolescents, cessation, Syria

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EVALUATION OF TRADITIONAL HERBAL DRUG USE IN PHARMACEUTICAL PRACTICE IN SYRIA

Assis. Prof. Dr. Hani Nasr
Tishreen University, Syria

Amina Qabbani
Tishreen University, Syria

Abstract
This research investigates the widespread use and pharmaceutical integration of traditional herbal remedies in Syria's current health landscape. By combining patient surveys at major community pharmacies with interviews of practicing pharmacists, the study documents the types of herbal medicines dispensed, usage trends, and drug-herb interaction awareness. Findings revealed notable reliance on remedies for digestive and respiratory complaints, but a lack of comprehensive regulatory oversight and variability in product quality. Interviews highlighted both opportunities — such as patient trust and cultural acceptance — and risks, including inconsistent counseling and limited scientific validation of efficacy and safety. Recommendations call for regulatory updates, creation of a national herbal pharmacopeia, and pharmacist education programs in phytotherapy and risk communication.

Keywords: herbal medicine, pharmaceutical practice, traditional remedies, Syria

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CLINICAL OUTCOMES OF MULTI-DRUG THERAPY FOR TUBERCULOSIS PATIENTS IN SENEGAL: A PHARMACY-BASED COHORT STUDY

Dr. Aissatou Faye
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Moussa Ndiaye
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Prof. Dr. Alioune Diop
University of Thies, Senegal

Abstract
This cohort study investigates the effectiveness of multi-drug therapy for tuberculosis (TB) patients managed through pharmacy-led initiatives in urban and rural sites across Senegal. The research collected longitudinal data on drug adherence, adverse event reporting, and treatment outcomes. Results indicated high levels of treatment completion where pharmacists implemented adherence counseling, outreach education, and medication management systems. However, barriers included intermittent drug supply, transportation limitations, and patient socioeconomic status. Statistical analysis revealed that enhanced pharmacy involvement significantly reduced default rates and improved cure rates compared to standard care. The study underscores the importance of integrating pharmacists in TB management and advocates for expanded pharmacist-led education and adherence programs as part of national TB policy in low-resource settings.

Keywords: tuberculosis, multi-drug therapy, pharmacy practice, treatment outcomes, Senegal

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PHARMACOVIGILANCE AND ADVERSE DRUG REACTION REPORTING SYSTEMS IN SENEGALESE HOSPITALS

Prof. Dr. Marième Diouf
University of Bamako, Senegal

Assis. Prof. Dr. Serigne Gueye
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Fatoumata Sarr
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Dr. Abdoulaye Diallo
University of Saint-Louis, Senegal

Abstract
This study analyzes the effectiveness and limitations of pharmacovigilance systems and adverse drug reaction (ADR) reporting in major Senegalese hospitals. Through surveys with pharmacists, reviews of ADR records, and focus groups with hospital administrators, the research highlights under-reporting, limited awareness, and lack of digital infrastructure as key barriers to effective pharmacovigilance. The implementation of electronic reporting tools and educational interventions improved ADR notification and monitoring rates, but resource gaps and staff shortages hindered sustainability and nationwide rollout. The authors recommend further investment in training, inter-hospital data sharing, and adaptive policies for context-specific challenges. These approaches are essential to optimizing patient safety and medication efficacy in Senegal's evolving healthcare system.

Keywords: pharmacovigilance, adverse drug reactions, reporting systems, hospital pharmacy, Senegal

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EVALUATION OF PHARMACOGENOMIC TESTING PRACTICES IN AZERBAIJANI COMMUNITY PHARMACIES

Prof. Dr. Leyla Abbasova
Azerbaijan Medical University, Azerbaijan

Dr. Kamran Akhundov
Azerbaijan Medical University, Azerbaijan

Dr. Arzu Guliyeva
Khazar University, Azerbaijan

Abstract
This paper explores the current status and effectiveness of pharmacogenomic testing services in community pharmacies across Azerbaijan. Semi-structured interviews and survey data from pharmacists and patients were used to assess the extent of pharmacogenomic testing integration, patient counseling quality, and clinical utility. While the availability of pharmacogenomic services increased, constraints including variable training, limited test reimbursement, and inconsistent physician-pharmacist collaboration were identified. Case studies show that tailored drug therapy based on genetic profiling led to improved outcomes in cardiovascular and psychiatric medication regimens. However, robust policy guidelines and interdisciplinary training are needed to support safe, standardized implementation at scale.

Keywords: pharmacogenomics, community pharmacy, personalized medicine, Azerbaijan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEVELOPMENT OF CONTROLLED-RELEASE FORMULATIONS FOR CARDIOVASCULAR DRUGS IN AZERBAIJAN

Assis. Prof. Dr. Elmar Suleymanov
Baku State University, Azerbaijan

Prof. Dr. Nigar Huseynli
Baku State University, Azerbaijan

Abstract
This research investigates the design, in vitro evaluation, and preliminary clinical assessment of novel controlled-release formulations for common cardiovascular drugs in Azerbaijan. Utilizing advanced polymer matrices and nanotechnology-based delivery systems, the study details improvements in dissolution characteristics, steady-state plasma concentrations, and patient adherence. Highlighted are the biopharmaceutical considerations and scaling challenges for controlled-release tablets in local manufacturing. The new formulations demonstrated a significant reduction in dosing frequency, improved safety profile, and greater patient compliance over immediate-release comparators. The work concludes with recommendations for regulatory approval pathways and further clinical trials to validate effect in broader cardiac patient populations.

Keywords: controlled-release, cardiovascular drugs, formulation, drug delivery, Azerbaijan

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SUSTAINABLE OLIVE CULTIVATION PRACTICES AND THEIR IMPACT ON SOIL HEALTH IN TUNISIA

Prof. Dr. Nabil Ben Youssef
University of Carthage, Tunisia
Dr. Hela Amari
University of Sfax, Tunisia

Abstract
This research addresses the sustainability challenges and solutions related to olive cultivation in Tunisia, a country recognized as one of the world leaders in olive oil production. Employing a mixed-methods approach that includes field experiments, soil analyses, and farmer interviews, the study evaluates how various agronomic practices influence soil health over multiple seasons. Among the key practices investigated are organic amendment use, cover cropping, conservative irrigation, and crop rotation. The results demonstrate that adopting soil-friendly methods not only increases olive yield but also improves soil organic matter levels, microbial activity, and water retention. These practices mitigate erosion and reduce dependence on chemical fertilizers, supporting a shift toward more ecological agriculture. Farmer adoption rates are analyzed in the context of economic incentives and governmental support. The findings underscore the importance of policy initiatives that promote knowledge transfer and sustainable techniques, ensuring long-term productivity and resource conservation in Tunisia's crucial olive sector.

Keywords: sustainable agriculture, olive cultivation, soil health, Tunisia, agroecology

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

WATER MANAGEMENT STRATEGIES FOR IRRIGATED AGRICULTURE IN SEMI-ARID TUNISIAN REGIONS

Dr. Yasmine Belkadhi
University of Tunis El Manar, Tunisia

Abstract
This paper explores innovative water management approaches applied in irrigated farming systems in semi-arid areas of Tunisia. Through case studies of wheat, tomato, and date palm operations, the study assesses the effectiveness of drip irrigation, deficit irrigation, and rainwater harvesting in enhancing water use efficiency. The research employs remote sensing, in-situ sensors, and GIS mapping to evaluate water allocation and crop performance. Findings reveal that integrating modern irrigation technologies with traditional water-saving techniques substantially increases water productivity and crop yields while preventing soil salinization. Barriers to adoption include infrastructure costs, farmer training needs, and fluctuating water policy frameworks. Policy recommendations focus on enhanced support for extension services, investment in water infrastructure, and farmer co-operatives to foster resilient, water-efficient agriculture in Tunisia's most vulnerable regions.

Keywords: water management, irrigation, semi-arid agriculture, Tunisia, resource efficiency

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

IMPROVING SORGHUM YIELD THROUGH GENETIC DIVERSITY AND AGROECOLOGICAL PRACTICES IN ETHIOPIA

Prof. Dr. Amare Getahun
Addis Ababa University, Ethiopia
Dr. Hana Tsegaye
Jimma University, Ethiopia
Assis. Prof. Dr. Bekele Alemu
Haramaya University, Ethiopia

Abstract
This work investigates how exploiting genetic diversity within sorghum varieties, in tandem with agroecological farming practices, can increase yields and resilience for smallholder farmers in Ethiopia. Field trials across multiple agroecological zones compare indigenous landraces with improved hybrids, focusing on key agronomic, pest resistance, and drought tolerance traits. Participatory evaluations with farming communities enrich the dataset, while laboratory analysis reveals genetic markers linked with superior performance. The research further evaluates crop rotation, intercropping, and organic matter management as yield-boosting and risk-reducing strategies. Results show that a blend of local knowledge, varietal diversity, and ecological practice supports productivity, adaptation to climate extremes, and long-term food security. The findings advocate for research-driven agricultural extension and policy strategies that protect and harness on-farm genetic resources across Ethiopia's diverse cropping systems.

Keywords: sorghum, genetic diversity, agroecology, Ethiopia, smallholder agriculture

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INTEGRATED PEST MANAGEMENT AND BIOPESTICIDES IN ETHIOPIAN HORTICULTURE

Dr. Sosina Abebe
Hawassa University, Ethiopia
Mulu Worku
Mekelle University, Ethiopia

Abstract
This paper analyzes the current trends, successes, and challenges of integrated pest management (IPM) in Ethiopia's rapidly modernizing horticultural sector. Data are drawn from large-scale greenhouse and open-field production of tomatoes, green beans, and flowers. The study tests biopesticide efficacy and insectary-reared natural enemies versus conventional chemical pesticides. Results indicate that, when paired with cultural and physical control methods, biopesticides can significantly reduce pest infestations while lowering environmental and health risks. The research highlights bottlenecks such as cost, knowledge gaps, and regulatory complexity in biopesticide registration and adoption. Recommendations center on fostering public–private partnerships, farmer cooperatives, and targeted training to mainstream IPM. The authors argue that a robust IPM approach, customized for local crops and pests, is vital for sustainable and globally competitive horticulture in Ethiopia.

Keywords: integrated pest management, biopesticides, horticulture, Ethiopia, sustainable agriculture

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS IN WINTER WHEAT PRODUCTION IN RUSSIA

Dr. Nikolai Petrov
Lomonosov Moscow State University, Russia
Assoc. Prof. Dr. Svetlana Ivanova
Kuban State Agrarian University, Russia

Abstract
This study presents the implementation and impact of precision agriculture technologies, such as GPS-guided machinery, variable rate fertilization, and unmanned aerial vehicles, in winter wheat fields across southern Russia. Extensive field trials and yield monitoring reveal considerable increases in nutrient use efficiency, reduced input costs, and improved yields. Soil sampling, remote sensing, and big data analytics enable site-specific management, which reduces environmental impact and enhances sustainability. Barriers to large-scale adoption are discussed, including initial investment requirements, the need for technical expertise, and farm size. The authors recommend government-backed incentives and university-led demonstration farms to accelerate adoption. Broader implications suggest that precision agriculture is set to reshape Russian grain production toward greater productivity and environmental stewardship, with potential lessons for global cereal systems.

Keywords: precision agriculture, winter wheat, Russia, technology adoption, site-specific farming

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

RUSSIAN GRASSLAND MANAGEMENT: CONSERVATION, CARBON SEQUESTRATION, AND LIVESTOCK PRODUCTIVITY

Prof. Dr. Olga Smirnova
Saint Petersburg State University, Russia
Dr. Aleksandr Vasiliev
Novosibirsk State University, Russia
Ivan Kovalev
Saint Petersburg State University, Russia

Abstract
Examining Russia's vast grasslands, this research evaluates strategies for balancing conservation, carbon sequestration, and livestock productivity. The study combines ecological field surveys, livestock performance trials, and carbon stock measurements across steppe and meadow biomes. Rotational grazing and native species reintroduction are assessed alongside economic incentives for sustainable management. Results highlight the significant potential of well-managed grasslands in supporting biodiversity, increasing soil carbon, and boosting animal yields, while preventing overgrazing and degradation. The paper addresses policy gaps, stakeholder conflicts, and necessary government interventions to align conservation and economic goals. The conclusions offer a framework for large-scale, sustainable grassland management relevant throughout temperate Eurasia and focus on integrating ecological services in agricultural policy making.

Keywords: grassland management, Russia, conservation, carbon sequestration, livestock productivity

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

MODERN DESERT FARMING TECHNIQUES IN THE ARABIAN PENINSULA: CHALLENGES AND PROSPECTS

Prof. Dr. Maha Al-Zahrani
King Saud University, Saudi Arabia
Dr. Omar Al-Barakati
United Arab Emirates University, United Arab Emirates
Assis. Prof. Dr. Waleed Al-Yousef
Qatar University, Qatar
Nasser Al-Farsi
Sultan Qaboos University, Oman

Abstract
This paper examines the recent advancements and persistent difficulties in developing sustainable agriculture within the desert landscapes of the Arabian Peninsula. The research outlines the application of hydroponics, drip irrigation, controlled-environment agriculture, and salt-tolerant crops in countering water scarcity and poor soil fertility. Multi-site case studies provide insights into cost-benefit analyses, ecological impacts, and scalability for commercial production. Collaboration between regional universities and governmental agencies is found to play a crucial role in technology transfer and farmer training. However, obstacles remain in ensuring water use efficiency, system maintenance, and access to green technology for smallholder farmers. Policy implications highlight the need for targeted subsidies, integrated resource management, and long-term scientific innovation to secure food production in this arid region.

Keywords: desert farming, Arabian Peninsula, hydroponics, water conservation, sustainable agriculture

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

RECLAIMING MARGINAL LANDS FOR AGRICULTURE IN ARID REGIONS OF THE ARAB WORLD

Dr. Hanan Al-Salem
Kuwait University, Kuwait
Prof. Dr. Saeed Al-Harbi
King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia

Abstract
This research investigates strategies and practical outcomes of restoring degraded, saline, or sandy lands to productive agriculture across the Arab world's arid zones. Field trials and laboratory analyses evaluate amendments such as gypsum, organic compost, and biochar for soil improvement and the establishment of drought- and salt-tolerant crops. Socioeconomic data illustrate successful farmer participation and increased food security, but also document barriers like access to materials and technical know-how. Environmental benefits, including erosion control and carbon capture, are detailed. The study argues that interdisciplinary initiatives backed by robust policy support can scale up land reclamation to meet future food demand, with regional partnerships vital for spreading practical knowledge and research advances.

Keywords: land reclamation, arid regions, saline soils, Arab world, sustainable agriculture

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EVALUATING THE IMPACT OF HEALTH EDUCATION PROGRAMS ON DIABETES PREVENTION IN IRANIAN COMMUNITIES

Prof. Dr. Shirin Jafari
Tehran University of Medical Sciences, Iran

Dr. Nima Ebrahimi
Tehran University of Medical Sciences, Iran

Assis. Prof. Dr. Laleh Moradi
Tehran University of Medical Sciences, Iran

Abstract
This study examines the effectiveness of health education initiatives designed to prevent diabetes within diverse Iranian communities. Through a mixed-methods approach combining surveys, focus groups, and pre- and post-program health screenings, the research explores changes in public awareness, lifestyle choices, and clinical markers such as blood glucose and BMI. Results demonstrate significant improvements in dietary habits, physical activity, and diabetes-related knowledge among participants in both urban and rural regions. The paper addresses challenges such as health literacy gaps and socio-economic disparities that affect program reach and efficacy. Cultural tailoring of educational materials and community engagement are shown to enhance participation and retention. The analysis recommends expanding health education programs with ongoing monitoring and policy support, highlighting the significance of early intervention and preventive care in reducing national diabetes burden.

Keywords: diabetes prevention, health education, Iran, community health, chronic disease

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

GENETIC SCREENING AND COUNSELING FOR HEREDITARY CANCERS: PRACTICES AND CHALLENGES IN IRAN

Assis. Prof. Dr. Roya Behzad
Isfahan University of Medical Sciences, Iran

Dr. Navid Parsa
Isfahan University of Medical Sciences, Iran

Abstract
This research investigates the current landscape of genetic screening and counseling for hereditary cancers in Iran, focusing on breast, ovarian, and colorectal cancers. Using hospital records, provider interviews, and patient surveys, the study evaluates the accessibility, uptake, and impact of genetic services. Barriers identified include limited genetic literacy, shortage of trained counselors, and social stigma surrounding hereditary risk. The findings highlight the potential of genetic interventions to reduce cancer morbidity through early detection, but emphasize the necessity for public education campaigns, integration of services into primary care, and the establishment of ethical guidelines. The conclusion emphasizes collaborative efforts between medical, governmental, and community organizations in advancing effective and equitable cancer prevention strategies nationwide.

Keywords: genetic screening, hereditary cancer, counseling, Iran, public health

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

STRENGTHENING MATERNAL HEALTHCARE ACCESS IN LOW-RESOURCE NIGERIAN SETTINGS

Prof. Dr. Olufunmilayo Adeyemi
University of Ibadan, Nigeria

Dr. Jamila Musa
University of Ibadan, Nigeria

Assis. Prof. Dr. Chinedu Okeke
University of Ibadan, Nigeria

Ngozi Chukwu
University of Ibadan, Nigeria

Abstract
This comprehensive study explores barriers and facilitators to maternal healthcare access in low-resource Nigerian communities. By conducting community surveys, interviews with healthcare providers, and descriptive statistical analysis, the research identifies key factors affecting antenatal attendance, skilled birth delivery, and postpartum care. The role of cultural practices, infrastructure gaps, financial constraints, and social support networks are assessed. Interventions such as mobile clinics, community health workers, and public awareness programs are evaluated for effectiveness. Notably, outreach and health education were shown to improve service utilization and maternal outcomes. The research advocates for multi-sectoral approaches, policy reforms, and increased investment in rural health infrastructure to achieve sustainable improvement in maternal and child health.

Keywords: maternal health, healthcare access, Nigeria, rural communities, public health intervention

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

BURDEN OF MALARIA AND COMMUNITY RESPONSES TO VECTOR CONTROL IN RURAL NIGERIA

Dr. Adedayo Ogunleye
Obafemi Awolowo University, Nigeria

Assis. Prof. Dr. Funke Adebayo
Obafemi Awolowo University, Nigeria

Abstract
This research evaluates the ongoing burden of malaria in rural Nigerian communities and analyzes responses to vector control interventions such as insecticide-treated nets (ITNs) and indoor residual spraying. Quantitative data from field surveys and qualitative interviews with residents and health workers reveal the persistence of malaria incidence, despite wide distribution of ITNs. Challenges are linked to net usage compliance, perception of side effects, and seasonal migration patterns. The study identifies the importance of sustained education efforts and adaptive distribution strategies that align with community norms. Recommendations include integrating vector control with local health promotion campaigns and engaging community leaders to improve participation. The conclusion stresses the need for innovative, context-sensitive solutions to achieve lasting reductions in malaria prevalence.

Keywords: malaria, vector control, Nigeria, rural health, disease prevention

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

REFORMING MEDICAL EDUCATION IN ALBANIA: COMPETENCY-BASED CURRICULA AND TEACHING STRATEGIES

Prof. Dr. Arben Leka
University of Tirana, Albania

Dr. Elda Nuri
University of Tirana, Albania

Blendi Sorra
University of Tirana, Albania

Assis. Prof. Dr. Lira Hysa
University of Tirana, Albania

Abstract
This article analyzes efforts to reform medical education in Albania through competency-based curricula and innovative teaching strategies. The research utilizes curriculum content analysis, faculty workshops, and assessment of student performance indicators to evaluate outcomes. Advances include problem-based learning modules, clinical simulation, and inter-professional education. Barriers remain in resource allocation, instructor training, and alignment with European standards. Student feedback indicates improved confidence and critical thinking skills. The evidence suggests that such reforms are vital for aligning medical training with health system priorities and EU integration processes. Policy recommendations focus on faculty development, resource investment, and continuous curricular review to sustain progress.

Keywords: medical education, Albania, competency-based curriculum, educational reform, teaching innovation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

CHALLENGES IN IMPLEMENTING ELECTRONIC HEALTH RECORDS (EHR) SYSTEMS IN ALBANIAN HOSPITALS

Assis. Prof. Dr. Jona Dervishi
University of Medicine, Tirana, Albania

Dr. Renis Tashi
University of Medicine, Tirana, Albania

Abstract
This study assesses the challenges and opportunities associated with electronic health records (EHR) implementation in Albania's hospital sector. Through interviews with IT staff, clinicians, and administrators, findings highlight barriers such as insufficient digital infrastructure, resistance to change, staff training needs, and data privacy issues. Comparative analysis with neighboring countries offers insights into best practices and scalable implementation. Successful pilot programs demonstrate improved data accessibility and patient care coordination but underline the necessity for nationwide training and robust cybersecurity protocols. The research concludes with recommendations for a phased approach to EHR adoption, governmental support, and greater user engagement.

Keywords: electronic health record, Albania, health informatics, hospital management, digital transformation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AMONG UNIVERSITIES' STUDENTS IN MONGOLIA

Prof. Dr. Bat-Erdene Batbayar
National University of Medical Sciences, Mongolia

Dr. Oyun-Erdene Tungalag
Mongolian University of Science and Technology, Mongolia

Erdenebat Naranbaatar
National University of Medical Sciences, Mongolia

Abstract
This cross-sectional study assesses the prevalence and determinants of cardiovascular risk factors—hypertension, obesity, smoking, and physical inactivity—among university students in Mongolia. Using biometric screenings, questionnaires, and lifestyle assessments from several universities, the study reports growing rates of obesity and hypertension, especially in urban campuses. Gender, socioeconomic background, and dietary patterns emerge as significant determinants. The findings highlight the urgent need for preventive campus health programs, routine screenings, and student-centered interventions. Policy implications include incorporating cardiovascular health education in university curricula and enhancing university health services to address modifiable risk factors.

Keywords: cardiovascular risk, Mongolia, university students, obesity, prevention

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN SMART GRIDS: CHALLENGES AND SOLUTIONS IN PAKISTAN

Prof. Dr. Imran Malik
National University of Sciences and Technology (NUST), Pakistan
Dr. Tayyaba Zahid
University of Engineering and Technology Lahore, Pakistan
Dr. Bilal Hussain
National University of Sciences and Technology (NUST), Pakistan

Abstract
Focused on Pakistan's evolving energy sector, this paper investigates the integration of renewable energy sources into national smart grids. Employing technical analysis, power flow simulations, and case studies from solar and wind farm projects, the research examines technical challenges such as intermittency, storage limitations, and grid synchronization. The analysis demonstrates how advanced control systems, real-time forecasting, and distributed energy management can overcome operational barriers. Results suggest that policy frameworks, targeted investments, and capacity-building initiatives are fundamental for scaling renewables while maintaining grid stability. The study provides actionable recommendations for policymakers and grid operators, advocating for a diversified, sustainable, and resilient power infrastructure in Pakistan.

Keywords: renewable energy, smart grid, Pakistan, grid synchronization, distributed management

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR FAULT DETECTION IN HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES

Dr. Maryam Qureshi
NED University of Engineering and Technology, Pakistan
Assis. Prof. Dr. Sheraz Ahmed
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Abstract
This paper presents the application of deep learning models for automated fault detection in high-voltage transmission lines. Using actual grid data, the research compares convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) for pattern recognition in waveform analysis. Experimental results demonstrate that deep learning methods outperform traditional models in detection accuracy, speed, and false positive reduction. Challenges identified include requirements for large training datasets, model interpretability, and integration with existing SCADA systems. The findings highlight the remarkable potential of AI-based solutions for advancing grid reliability, safety, and predictive maintenance in developing energy systems.

Keywords: deep learning, fault detection, transmission lines, AI, predictive maintenance

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

PHOTOVOLTAIC SYSTEM PERFORMANCE OPTIMIZATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EGYPTIAN DESERTS

Prof. Dr. Ahlam Abdelrahman
Cairo University, Egypt
Dr. Mostafa Khalil
Cairo University, Egypt
Assis. Prof. Dr. Mariam Fouad
Alexandria University, Egypt
Nada El-Din
Mansoura University, Egypt

Abstract
This research examines the optimization of photovoltaic (PV) system performance in Egypt's desert environments using artificial intelligence. Through experimental deployment and simulation models, neural networks and genetic algorithms are utilized for maximum power point tracking (MPPT), fault diagnostics, and predictive maintenance. Field data show substantial gains in system efficiency and reliability under variable climate conditions. The study addresses practical challenges such as dust accumulation, temperature variability, and equipment aging, proposing hybrid AI-based algorithms for robust control. The authors recommend integrating these technologies into Egypt's national renewable energy plan to meet growing electricity demand with low-carbon sources, positioning the country as a leader in sustainable solar power solutions.

Keywords: photovoltaic systems, Egypt, artificial intelligence, solar energy, performance optimization

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE IN CAIRO

Assis. Prof. Dr. Youssef Amin
Ain Shams University, Egypt
Dr. Hoda Samir
The American University in Cairo, Egypt

Abstract
This paper details the systematic design and pilot deployment of smart electric vehicle (EV) charging stations across Cairo. The research includes grid integration studies, real-time data analytics, and economic modeling to determine optimal infrastructure placement. Solutions for peak load management, billing, and driver accessibility are analytically evaluated. Results indicate significant reductions in charging times, balanced load profiles, and improved grid sustainability. Policy implications are discussed regarding incentives, urban planning, and public acceptance. The project illustrates how smart infrastructure can support growing EV adoption, reduce urban pollution, and contribute to Egypt's sustainable transportation future.

Keywords: electric vehicles, smart charging, Egypt, grid integration, sustainable transport

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ANALYSIS OF MICROGRID STABILITY UNDER VARIABLE LOAD AND GENERATION CONDITIONS IN KABUL

Dr. Parwiz Hashimi
Kabul University, Afghanistan

Abstract
This study explores the stability and performance of microgrids in Kabul under fluctuating load demands and intermittent renewable generation common to off-grid and rural settings. Using simulation tools and real-time monitoring of local microgrid installations, metrics such as frequency deviation, voltage regulation, and fault tolerance are assessed. The analysis identifies vulnerabilities in protection schemes and underscores the need for adaptive energy management systems. Recommendations include advanced inverter controls, battery integration, and technical training for operators. The paper demonstrates that strategic enhancements can boost energy reliability for communities with limited grid connectivity, supporting Afghanistan's national energy access goals.

Keywords: microgrid stability, Afghanistan, variable load, renewable energy, voltage regulation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

EFFICIENT POWER CONVERTER DESIGN FOR RURAL ELECTRIFICATION IN AFGHANISTAN

Prof. Dr. Laila Saidi
Polytechnic University of Kabul, Afghanistan
Assis. Prof. Dr. Mohammad Rahmani
Polytechnic University of Kabul, Afghanistan
Dr. Zainab Nazari
Bamyan University, Afghanistan
Ali Asadi
Kabul University, Afghanistan

Abstract
This research investigates the development of efficient, low-cost power converters designed to improve rural electrification initiatives in Afghanistan. The team presents novel converter topologies with enhanced conversion efficiency, thermal stability, and component minimization, validated through laboratory and field testing. Simulations focus on reliability under poor grid conditions and integration with renewable sources. The paper underscores the importance of local manufacturing capacity, maintenance training, and suitable technical standards. Outcomes suggest that advanced converter systems are foundational to bridging the rural-urban electricity divide, and the study offers policy and development suggestions for sustainable expansion.

Keywords: power converters, Afghanistan, rural electrification, energy efficiency, converter design

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

WIRELESS COMMUNICATION FRAMEWORKS FOR REMOTE HEALTH MONITORING IN RURAL AFGHANISTAN

Dr. Ahmad Fahim
Bamyan University, Afghanistan
Niloofar Qaderi
Herat University, Afghanistan

Abstract
This paper assesses wireless communication networks for remote health monitoring systems serving isolated Afghan communities. The study designs and evaluates low-power, long-range wireless solutions for data transmission between wearable health sensors and central medical facilities. Field results in several rural districts demonstrate increased patient tracking and timely healthcare responses even in areas lacking reliable grid power and telecommunications. Barriers pertaining to device affordability, network reliability, and digital literacy are discussed alongside feasible strategies for community training and system adaptation. The research concludes with recommendations for health ministries and NGOs seeking scalable, cost-effective digital health frameworks in resource-limited settings.

Keywords: wireless communication, rural health, Afghanistan, telemedicine, wearable sensors

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

DESIGN AND TESTING OF FAULT-TOLERANT MOTOR DRIVES FOR INDUSTRIAL AUTOMATION

Dr. Fatema Habibi
Herat University, Afghanistan

Abstract
This technical study examines the development, simulation, and prototype testing of fault-tolerant motor drive systems intended for industrial automation applications in Afghan manufacturing. Emphasis is placed on redundancy strategies, real-time diagnostics, and hardware-software integration to maintain continuous operation despite component failures. Results from laboratory tests and pilot factory installations illustrate increased uptime, operational safety, and resource optimization. The study indicates that the adoption of robust drive designs can play a key role in modernizing Afghanistan's industrial sector. The paper synthesizes lessons for engineers and policy planners engaging in automation under economic and infrastructural constraints.

Keywords: fault-tolerant drives, Afghanistan, industrial automation, motor control, reliability

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

AI-POWERED IMAGE RECOGNITION TECHNOLOGIES FOR CIVIL INFRASTRUCTURE MONITORING IN KABUL

Assis. Prof. Dr. Amir Rezai
Kabul Polytechnic University, Afghanistan
Dr. Haroon Hussaini
Kabul Polytechnic University, Afghanistan
Maryam Ali
Bamyan University, Afghanistan
Omid Najafi
Herat University, Afghanistan

Abstract
Focusing on the urban context of Kabul, this research explores the application of artificial intelligence-based image recognition systems for the non-invasive monitoring of civil infrastructure such as bridges, roads, and public buildings. Through case studies and field pilots, the authors evaluate the accuracy, speed, and scalability of deep learning algorithms deployed on drones and fixed cameras to detect structural anomalies, cracks, or aging. The integration of these technologies in city-wide data management platforms is discussed, along with local requirements regarding data privacy and infrastructure maintenance. Findings suggest that AI-powered monitoring can enhance preventive maintenance efforts, reduce costs, and support safer urban environments.

Keywords: image recognition, AI, infrastructure monitoring, Afghanistan, civil engineering

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

ADAPTIVE REUSE OF HISTORICAL BUILDINGS IN BAKU: CONTEMPORARY CHALLENGES AND INNOVATIVE SOLUTIONS

Prof. Dr. Kamran Guliyev
Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan
Leyla Mammadova
Baku State University, Azerbaijan

Abstract
This paper explores the current landscape of adaptive reuse projects involving historical buildings in Baku, a city known for its layered architectural heritage. It investigates the strategies and challenges faced by architects, developers, and conservationists when converting old structures into functional contemporary spaces while preserving cultural and historical value. Qualitative research, including interviews with architects and site analyses, reveals that Baku's rapid economic development and expansion have led to an increased demand for new uses for obsolete or underutilized buildings. However, historic preservation regulations, urban zoning laws, and technical issues such as structural retrofitting present major barriers. Successful projects showcase creative approaches to structural reinforcement, incorporation of modern amenities, and community engagement processes that honor both tradition and innovation. The study concludes that adaptive reuse, when rooted in context-sensitive design, contributes significantly to urban sustainability, cultural continuity, and city identity. Policy recommendations emphasize the need for clearer preservation guidelines, interdisciplinary collaboration, and public education campaigns to foster appreciation and support for adaptive reuse among both stakeholders and the wider population.

Keywords: adaptive reuse, Baku, historical buildings, urban sustainability, cultural heritage

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INTEGRATING TRADITIONAL AZERBAIJANI DESIGN PRINCIPLES INTO CONTEMPORARY URBAN HOUSING

Assoc. Prof. Dr. Elvin Hasanov
Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan
Nigar Suleymanli
Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan
Farid Gasimov
Baku Engineering University, Azerbaijan

Abstract
This study examines the incorporation of traditional Azerbaijani architectural elements—such as courtyard planning, decorative tilework, and local materials—into new urban housing projects. Through field surveys and case studies, the authors analyze both the aesthetic and practical impacts of these design choices, addressing how cultural continuity and innovation can coexist within Baku's fast-evolving urban fabric. The research finds that projects integrating indigenous design promote stronger community ties, foster passive climate adaptation, and create distinctive local identities amid global architectural trends. However, challenges such as limited material availability and cost constraints persist. The paper advocates for strengthening design curricula with vernacular knowledge and encouraging policy reforms that incentivize culturally rooted architecture. Ultimately, the research underscores the value of combining tradition and modernity in addressing the housing needs of a dynamic population.

Keywords: Azerbaijani architecture, urban housing, traditional design, cultural continuity, vernacular

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

SUSTAINABLE FLOOD-RESISTANT ARCHITECTURE FOR BANGLADESH'S GROWING DELTA REGIONS

Dr. Mustafa Rahman
Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh
Assis. Prof. Dr. Nabila Hasan
University of Dhaka, Bangladesh
Tariq Chowdhury
Ahsanullah University of Science and Technology, Bangladesh
Samia Akhtar
Chittagong University of Engineering and Technology, Bangladesh

Abstract
With climate change intensifying monsoonal flooding and sea-level rise, the need for innovative flood-resistant architecture in Bangladesh has become critical. This paper investigates sustainable design strategies for housing in deltaic regions, where vulnerability to water is a daily reality. The researchers review traditional stilt and floating structures as well as new material technologies and passive water management solutions. Fieldwork, community feedback, and simulation analyses demonstrate the benefits and limitations of each system. Notably, vernacular approaches—modified through the integration of engineered solutions—emerge as both culturally appropriate and cost-effective. The research calls for participatory design processes, hybrid construction models, and government incentives to promote wider adoption of resilient building practices. Future directions include digital modeling of hydrological impacts and more robust collaboration between engineers, architects, and end-users.

Keywords: flood-resistant architecture, sustainable design, Bangladesh, climate adaptation, delta regions

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

URBAN DENSIFICATION AND GREEN SPACE PRESERVATION IN DHAKA: DESIGN STRATEGIES AND POLICY APPROACHES

Prof. Dr. Sharmin Akter
Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh
Dr. Nusrat Jahan
University of Asia Pacific, Bangladesh

Abstract
This research addresses the ongoing challenge of balancing urban densification and green space preservation in Dhaka, one of the world's fastest-growing megacities. Through GIS mapping, urban design simulations, and stakeholder interviews, the authors highlight the dangers of unchecked vertical expansion and the resulting ecological imbalances. They examine international and local case studies, suggesting design strategies such as urban parks, vertical greening, and interconnected open spaces as viable interventions. The analysis emphasizes the importance of policy frameworks and community participation for successful green space integration. The study concludes with recommendations for adaptive urban regulations, sustainable landscape planning, and public awareness initiatives to achieve long-term ecological and social resilience in Dhaka.

Keywords: urban densification, green spaces, Dhaka, landscape planning, policy

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

INTEGRATING MODULAR CONSTRUCTION WITH MALAYSIAN VERNACULAR ARCHITECTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Prof. Dr. Ahmad Rashid
Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia
Farah Nazirah Ramli
Universiti Teknologi MARA, Malaysia
Assis. Prof. Dr. Lim Sze Wee
Universiti Malaya, Malaysia

Abstract
This paper explores the intersection of modular construction technologies and traditional Malaysian vernacular design. Focusing on residential projects, the authors analyze both the technical feasibility and the cultural reception of integrating modularity with features such as intricate woodwork, raised platforms, and open-plan layouts. Case studies and interviews with industry professionals reveal that modular methods can significantly reduce construction waste, time, and costs. Yet, issues around architectural authenticity, regulatory barriers, and skilled labor persist. The research advocates for formalized guidelines and collaborative educational programs to bridge the knowledge gap between modern construction and heritage preservation. Engaging communities in the co-design process is highlighted as key to successful implementation, fostering a sense of ownership and continuity.

Keywords: modular construction, Malaysian architecture, vernacular, heritage, innovation

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

TROPICAL ENVIRONMENTAL RESPONSIVENESS IN MALAYSIAN UNIVERSITY CAMPUS DESIGN

Assoc. Prof. Dr. Zainab Johari
Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Harris bin Abdullah
Universiti Sains Malaysia, Malaysia
Dr. Amelia Lee
Universiti Malaya, Malaysia

Abstract
With rising temperatures and increasingly erratic weather, Malaysian university campuses must address environmental challenges through innovative design. This research investigates recent campus projects and retrofits that prioritize natural ventilation, daylighting, and stormwater management. Surveys of students and staff point to increased comfort, reduced energy costs, and improved academic performance resulting from these strategies. The paper also details material sourcing and construction methods that minimize ecological footprints while respecting regional identities. Collaboration between architects, engineers, and environmental scientists emerges as a key success factor. Policy recommendations include integrating environmental responsiveness into university accreditation and increasing funding for pilot projects that showcase best practices for sustainable campus design.

Keywords: campus design, environmental responsiveness, Malaysia, sustainable architecture, tropical climates

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

REHABILITATION OF OTTOMAN-ERA BUILDINGS IN SKOPJE: HISTORICAL ANALYSIS AND CONTEMPORARY CONSERVATION

Dr. Elena Dimitrova
Prof. Dr. Nikola Jovanovic
Selma Ismaili
Bojan Petrovski

Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia

Abstract
This study examines the rehabilitation efforts of Ottoman-era buildings in Skopje, highlighting the tension between preserving historical authenticity and accommodating new uses. Using archival research, site analysis, and interviews with conservators, the paper evaluates the methods and materials employed in recent restoration projects. The findings reveal both successes—such as the reactivation of historic neighborhoods and tourism growth—and challenges, including resource scarcity, regulatory inconsistencies, and the impact of modern interventions on original fabric. The authors advocate for evidence-based guidelines, capacity-building among professionals, and community involvement to sustain the city's unique heritage amid urban modernization. Special focus is given to cross-border collaborations and EU funding mechanisms supporting heritage conservation in the Balkans.

Keywords: building rehabilitation, Ottoman heritage, Skopje, conservation, historic authenticity

ISBN NR. : 978-625-5694-56-0

URBAN TRANSFORMATION AND SOCIAL INCLUSION IN POST-SOCIALIST SKOPJE: PUBLIC SPACE REDESIGN

Assoc. Prof. Dr. Danilo Milanovic
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia
Assis. Prof. Dr. Marija Pavlovska
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia
Ana Petreski
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia

Abstract
This article explores the role of public space redesign in fostering social inclusion during Skopje's ongoing urban transformation. Through mixed-methods research, the study analyzes case studies of renovated parks, pedestrian zones, and riverside promenades. Surveys and interviews with diverse residents illuminate shifts in usage patterns, perceptions of safety, and accessibility for vulnerable groups. The authors highlight how participatory planning, artistic interventions, and community events have created spaces of dialogue and mutual recognition. However, they also identify limitations due to bureaucratic hurdles and political contestation. The study concludes that inclusive public space design is vital for healing social divisions and enhancing urban quality of life, recommending greater transparency and democratic engagement in the urban planning process.

Keywords: urban transformation, public space, Skopje, social inclusion, participatory design