PROCEEDING BOOK

KARADENİZ 18. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

RİZE
4 - 6 TEMMUZ 2025

KARADENİZ
18. ULUSLARARASI
UYGULAMALI
BİLİMLER
KONGRESİ



KARADENIZ
18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

July 4 - 6, 2025
RIZE

ISBN : 978-625-5962-97-3

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APLIED SCIENCES

July 4 - 6, 2025

RIZE

Edited By

PROF. DR. HÜLYA ÇİÇEK

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference: *Prof. Dr. Hülya Çiçek*

Prof. Dr. Ali Bilgili
Prof. Dr. Naile Bilgili
Prof. Dr. Başak Hanedan
Prof. Dr. Hajar Huseynova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo
Prof. Zain Musa
Prof. Dr. Sameer Jain
Prof Yakup Babayev
Prof. Dr. Suyatno
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran
Assoc. Prof. Dody Hartanto
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Dr. Dadash Mehravari
Dr. Gültekin Gürçay
Aynurə Əliyeva
Khorram Manafidizaji

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 Conference–2025 ©

CONFERENCE ID

KARADENIZ 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
JULY 4 - 6, 2025
RIZE

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

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

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – Spain – Sweden- India- lebanon - Egypt- France - Russia- Italy – Morocco- Bulgaria- Denmark- Kenya - Oman- Romania - Nigeria – Latvia – Brazil – Iran – Chile- Malaysia - UAE - Czech Republic – Switzerland – Taiwan- China – UK- Libya- Singapore- South Korea- Australia- Poland- Brazil- Thailand- Algeria- Mexico – Pakistan- Kazakhstan- Indonesia- Saudi Arabia-

PRESENTATION
Oral presentation

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
73 papers presented by participating from Turkey and 100 papers from other Countries
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

Issued: 30.07.2025
ISBN: 978-625-5962-97-3

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BILGILI – Turkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Turkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Turkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Turkiye
Prof Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – 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. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBIGI – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Turkiye
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
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Turkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – 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
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Turkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania

Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDIBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Turkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India

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.

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 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 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 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Doç. Dr. Sinem ŞAHNAGİL**	1	EVALUATING DATA-DRIVEN POLICY FROM A BEHAVIOURAL PERSPECTIVE: DEPARTMENT OF BEHAVIOURAL PUBLIC POLICY AND NEW GENERATION TECHNOLOGIES	Doç. Dr. Sinem ŞAHNAGİL
		2	THE IMPACT OF DIGITAL MEDIA ON POPULIST SUCCESS IN THE CONTEXT OF PERCEPTION MANAGEMENT: HOW IS VOTER'S ACCESS TO INFORMATION SHAPING?	Doç. Dr. Sinem ŞAHNAGİL
		3	INTERNATIONAL REGULATIONS RELATED TO DISABILITY AND ITS REFLECTIONS ON TURKEY	Ayça GÖZÜM POLAT
		4	EFFECT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON FLOOD OCCURRENCE AND ENVIRONMENTAL MEASURES TO BE TAKEN AND POLICIES TO BE IMPLEMENTED FOR EFFECTIVE FLOOD RISK MANAGEMENT	Dr. Öğr. Üyesi Sefa MIZRAK
		5	SİVİL TOPLUM KURULUŞLARINDA KURUMSAL RİSK YÖNETİMİ	GÖKBERK YILMAZ OĞUZ DOÇ. DR. HALİS KIRAL
		6	POLİTİCS BEHİND THE SCENES: THE POLİTİCAL THOUGHT OF MEHMED ZAHİD KOTKU AND REFLECTİONS ON TURKİSH POLİTİCS	Dr., FATMA NESİBE ÇOLAK

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Canan YILDIRAN**	1	A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON FACTORS AFFECTING ELECTRIC VEHICLE PREFERENCE	Doç. Dr. Onur ÇELİK
		2	NON-UNION FEMALE WORKERS' PERCEPTIONS OF UNIONIZATION	Yüksek Lisans Öğrencisi ZEHRA KAMİTOĞLU Dr. Öğretim Üyesi BANU AÇIKGÖZ
		3	A REVIEW ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND PUBLIC RELATIONS IN TEA AGRICULTURE	Assistant Professor Doctor Mehmet TATOĞLU
		4	TÜRKİYE'DE YEŞİL LOJİSTİK UYGULAMALARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİ VE YATIRIMCI KARARLARINA ETKİSİ	Yüksek Lisans Öğrencisi SEVİM MİHRİŞAH KARAKUŞ Dr. Öğr. Üyesi MEHMET YOLCU
		5	EXAMINING THE CRITICAL THINKING TENDENCIES OF UNDERGRADUATE STUDENTS	Doç. Dr. Canan YILDIRAN
		6	A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THE IMPACT OF TRADE WARS ON GLOBAL SUPPLY CHAINS	Res. Asst. Dr., GÖZDE ÇAĞLAR GHASIDI

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. YASEMİN BAKİ**	1	The Effect of Concept Map Usage in Nursing Education	Nurse, Mehmet BAYAR Assistant Professor, Enes BULUT
		2	STUDENTS' SHIFTING PERSPECTIVES ON AI TOOLS IN EDUCATION	Assoc. Prof. Dr. MEHMET KANIK
		3	REVERSE ENGINEERING ACTIVITY IN SCIENCE TEACHING: BROKEN TELESCOPES	Student, MERVE BİLGİÇ Prof. Dr. UĞUR SARI
		4	FARKLI BÖLÜMLERDEKI ÖĞRETMEN ADAYLARININ KATI ATIK VE GERİ DÖNÜŞÜME YÖNELİK TUTUMLARININ BAZI DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, ELANUR ÇELİK Prof.Dr.,TOHİT GÜNEŞ
		5	KORKAK BİR KAHRAMAN ADLI ÇOCUK KİTABININ ELEŞTİREL DÜŞÜNME BECERİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	Öğretmen, PINAR ERDEM Doç. Dr. YASEMİN BAKİ
		6	6. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN ÖZETLEME BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Doç. Dr. YASEMİN BAKİ Öğretmen, PINAR ERDEM
		7	TÜRKİYE ÖRNEĞİNDE EĞİTİMİN SOSYAL DEĞİŞMEYE ETKİSİ	YL Öğrencisi Erhan YAPRAK Dr.Öğr.Üyesi ZİYNET BAHADIR
		8	ÇOCUKLAR İÇİN FELSEFENİN ÇOCUKLARIN ELEŞTİREL DÜŞÜNME BECERİLERİNE ETKİSİ	Merve TAŞGIN Doç. Dr. Ümmühan YEŞİL DAĞLI

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. GÜLHANIM KARAOĞLU**	1	İLETİŞİM FAKÜLTESİ AKADEMİSYENLERİNİN SİBERKONDRİ (CYBERCHONDRİA) DÜZEYLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Prof. Dr. NACİ İSPİR Doç. Dr. GÜLHANIM KARAOĞLU
		2	YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ YEREL GAZETECİLİĞE ETKİLERİ: ERZURUM YEREL BASIN ÇALIŞANLARI ÖRNEĞİ	Doç. Dr. GÜLHANIM KARAOĞLU Prof. Dr. NACİ İSPİR
		3	AMERİKAN SİNEMASINDA TOPLUMSAL CİNSYET ROLLERİ ÇERÇEVESİNDE KADININ DOMESTIC NOIR ÜZERİNDEN TEMSİLİ	Dr. ECE EROL
		4	IRAK BASININDA YER ALAN SAVAŞ HABERLERİNE YÖNELİK BİR İNCELEME: İSRAİL-GAZZE SAVAŞININ AL-SABAH VE AL-ZAMAN GAZZETESİ ÇERÇEVESİNDE ELE ALINMASI	Prof. Dr. ALİ KORKMAZ MUDHAFAR MOATASEM M. TAHER AL ABBAS
		5	İLETİŞİMDE GÖRÜNMEYEN DALGA: ÖRGÜTLERDE DUYGUSAL BULAŞMANIN ROLÜ	Dilek DURMUŞ Doç. Dr. Yasemin HANCIOĞLU BAŞKÖY
		6		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU**	1	THE EFFECT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN MEDICAL TOURISM ON HEALTH PROFESSIONALS' CULTURAL COMPETENCE LEVELS	Yükseklisans Öğrencisi Kübra AKÇAY Doç. Dr. Fuat YALMAN
		2	SYSTEMATIC REVIEW OF THE ACADEMIC LITERATURE ON THE RELATIONSHIP BETWEEN EDIBLE INSECTS AND GASTRONOMIC TOURISM	Öğr. Gör., MERT CAN TEKELER Öğr. Gör. Dr, SİBEL ÖZDEMİR
		3	ORDU İLİNE AİT COĞRAFİ İŞARETLİ ÜRÜNLERİN RESTORAN MENÜLERİNDE KULLANILMA DURUMU	Turgay UÇAR DOÇ. DR. MEHMET KABACIK
		4	KARADENİZ GELENEKSEL MUTFAK EKİPMANI GUDAL/KUDAL'IN BİLİNİRLİĞİNİN İNCELENMESİ	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN
		5	TRABZON'DA BİR GASTRONOMİ ETKİNLİĞİ "AKÇAABAT OT FESTİVALİ"	Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU
		6		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade**	1	THE TRANSFORMATION OF THE CONCEPTS OF ART AND CREATION THROUGH THE CENTURIES and LARRY SHINER'S "THE INVENTION OF ART"	Doç. Dr. Sevra FIRINCIOĞULLARI
		2	THE TIME AND SPACE THAT FITS THE POET IN ERDEM BAYAZIT'S WORLD OF POETRY	Batuhan ŞUORUÇ
		3	A LİTERARY EVALUATION: THE POETIC IDENTITY and POETRY OF CANSIZ HOCA	Zeynep Gül GÜNAYDIN
		4	A SOLARPUNK EXPLORATION OF ECO-SPIRITUALITY AND POSTHUMAN CONNECTION IN A PSALM FOR THE WILD-BUILT BY BECKY CHAMBERS	Öğr. Gör. Dr. Duygu KORONCU ÖZBİLEN
		5	POSTCRITIQUE AND INTIMACY IN OCEAN VUONG'S NOVEL ON EARTH WE'RE BRIEFLY GORGEOUS	Öğr. Gör. Dr. Duygu KORONCU ÖZBİLEN
		6	THE BAKU LITERARY ENVIRONMENT OF THE EARLY 20TH CENTURY and ALIAGHA VAHID'S CREATIVITY	Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade
		7	Epistemolojiden Ontolojiye: Dilthey'den Gadamer'e Hermeneutik Bir Geçiş	Doktora Öğrencisi Büşra Betül ÖZTÜRK GÜL Prof. Dr. Arslan TOPAKKAYA
		8	Hermeneutiğin Sınırları Üzerine: Gadamer'in Dilthey Eleştirisinin Değerlendirmesi	Doktora Öğrencisi, Büşra Betül ÖZTÜRK GÜL Prof. Dr. Arslan TOPAKKAYA

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Associate Professor Sanver ÖZGÜVEN**	1	ÇAĞDAŞ SANAT PRATİĞİNDE GÜNDELİK YAŞAM OLGUSU	Yüksek Lisans Öğrencisi, Furkan YILDIRIM Dr. Öğr. Üyesi Mustafa SEVİNÇ
		2	AT THE INTERSECTION OF PARAMETRIC DESIGN AND 3D CERAMIC PRINTING: BRIAN PETERS' MODULAR PROJECTS	Associate Professor Sanver ÖZGÜVEN
		3	INNOVATIVE APPROACHES IN NGOZI OMEJE EZEMA'S CERAMIC ART: AN ANALYSIS OF THE LEAF SERIES	Associate Professor Sanver ÖZGÜVEN
		4	SUSTAINABILITY AND CIRCULAR ECONOMY IN THE FOOTWEAR INDUSTRY: WASTE REDUCTION THROUGH THE REPAIR OF WORN FOOTWEAR	MEHMET YILMAZ Asst. Prof. Dr. Serap KOCABIYIK ÇAŞKURLU
		5	GÖKÇEADA ÖZEL RUM İLKOKULU MÜZİK EĞİTİMİNİN VE ÇOCUK ŞARKILARININ DÜNÜ BUGÜNÜ	SY/DR Öğrencisi, İMREN ÖZ KESER Prof. Dr. UĞUR TÜRKMEN Prof. Dr. EMEL FUNDA TÜRKMEN
		6	BİR SÖZLÜ TARİH ÇALIŞMASI: AHMET KAŞIKÇI ESERLERİNDE MÜZİK	SY/DR Öğrencisi, İMREN ÖZ KESER Prof. Dr. UĞUR TÜRKMEN Prof. Dr. EMEL FUNDA TÜRKMEN
		7	KONTRBASIN ORKESTRALARA GİRİŞİ: 16. – 18. YÜZYIL ARASI BİR İNCELEME	Öğr. Gör. Hande Tokgöz
		8	ÇANAKKALE VICTORY HEROIC STORIES 10 STORIES 10 COMPOSITION PROJECT INVESTIGATION OF PERFORMANCE TECHNIQUES OF TURKISH MUSIC INSTRUMENTS	Burak DEMİRBAŞ Prof. Dr. Uğur TÜRKMEN
		9	AN EXAMPLE OF PROGRAMMATIC MUSIC IN TURKISH MUSIC PERFORMANCE: "YÜKSEK RUH"	Burak DEMİRBAŞ Prof. Dr. Uğur TÜRKMEN

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Sahar Mohammadi**	1	SIMULATING FUNDAMENTAL PROCESSES OF HUMAN CONSCIOUSNESS	Dr. Leila Haddad
		2	EXPLORING THE ROLE OF PSYCHOSOCIAL FACTORS IN ADDICTION RECOVERY: INSIGHTS FROM INDIA	Dr. Priya Mehta Dr. Arjun Desai
		3	IMPROVING ORGANIZATIONAL JUSTICE IN INCENTIVE ALLOCATION WITHIN THAILAND'S PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Somchai Rattanapong
		4	GENDER DIFFERENCES IN AUTOBIOGRAPHICAL MEMORY AND ADAPTIVE RECOLLECTION STRATEGIES	Dr. Ainhoa Etxebarria Dr. Rajiv Kumar
		5	THE IMPACT OF CULTURAL ANXIETY ON INTERNATIONAL STUDENTS AT WUHAN UNIVERSITY	Dr. Farid Al-Mansouri Dr. Li Na
		6	ADDRESSING RE-VICTIMIZATION: PSYCHOLOGICAL AND LEGAL PERSPECTIVES	Prof. Dr. Helena Novak
		7	NARRATIVE THEORY AND ORGANIZATIONAL CHANGE: CASE STUDIES OF MERGERS AND ACQUISITIONS	Dr. Omar Al-Farouq
		8	COMPARATIVE ANALYSIS OF ATTACHMENT PATTERNS IN NURSERY-RAISED AND FAMILY-RAISED CHILDREN IN IRAN	Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Giulia Bianchi**	1	TRUST DYNAMICS AND LEARNING BEHAVIORS IN VIRTUAL TEAM ENVIRONMENTS	Prof. Dr. Amina Yusuf Dr. Samuel Okeke
		2	ENHANCED AUTOMATED DIFFERENTIATION BETWEEN ALCOHOL DEPENDENCE AND SOBRIETY	Dr. Farid Rahman
		3	RHETORICAL STRATEGIES IN COGNITIVE SCIENCE DISCOURSE: ANALYSIS OF COGNITIVE NEUROSCIENCES (2004) IN SCIENTIFIC COMMUNICATION	Lucia Moretti Assoc. Prof. Dr. Giulia Bianchi
		4	MORAL REASONING AND BEHAVIORAL PATTERNS IN ADULTHOOD	Carlos Mendoza Elena García
		5	INVESTIGATIONS INTO THE ROLE OF EMOTIONS IN MORAL DECISION-MAKING	Dr. Ahmed El-Sayed
		6	EFFECTS OF PROBABILITY AND INSTRUCTION ON SYLLOGISTIC CONDITIONAL REASONING	Ivan Dimitrov
		7	ANALYZING KANJI CHARACTER RECOGNITION PROCESSES USING EEG SIGNALS	Hiroto Tanaka Kenji Nakamura
		8	INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING INTRODUCTORY STATISTICS IN HEALTH, SOCIAL, AND BEHAVIORAL SCIENCES: HISTORICAL PERSPECTIVES AND JUSTIFICATIONS	Dr. Maria Rossi

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Helena Schmidt**	1	A COGNITIVE FRAMEWORK FOR CLASSIFYING FREQUENCY SIGNALS	Rui Santos Fernando Oliveira
		2	IMPACT OF ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES ON WOMEN'S EXPERIENCES IN NEW DELHI: A FEMINIST ANALYSIS	Dr. Anjali Mehta
		3	ADDRESSING THE MISUSE OF LEGAL AUTHORITY IN SOCIETY	Dr. Olufemi Adeyemi
		4	URBAN POVERTY AND SOCIAL STRUCTURES: THE ROLE OF INVOLUNTARY RELATIONSHIPS	Dr. Farid Al-Mansouri
		5	TECHNICAL KNOWLEDGE TRANSFER AND THE CHALLENGES OF TRANSLATING SPECIALIZED TEXTS	Dr. Youssef El-Khatib
		6	THE INFLUENCE OF ISLAMIC ART TRADITIONS ON OMANI TEXTILE MOTIFS	Dr. Aisha Al-Harthy
		7	MANAGING COMPLEXITY IN SYSTEM DESIGN: PARADIGMS, FORMALISMS, AND TRANSFORMATION TECHNIQUES	Dr. Karim Ben Saad Dr. Laurent Dupont
			EUROPE'S INFLUENCE IN LIBERTY, SECURITY, AND JUSTICE: A STUDY OF ITS ROLE AS AN INTERNATIONAL ACTOR	Assoc. Prof. Dr. Helena Schmidt
		8	MIGRATION PATTERNS AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO OUT-MIGRATION IN GEORGIA	Nino Giorgadze

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Mariana Costa**	1	ANALYZING STUDENTS' RESPONSES TO THE MODIFIED RORSCHACH COMPREHENSIVE SYSTEM: A PSYCHOLOGICAL PERSPECTIVE	Thabo Mokoena, Sipho Dlamini, Naledi Khumalo
		2	MOTIVATIONAL FACTORS AND OBSTACLES TO RECYCLING IN KOTA KINABALU, MALAYSIA	Nurul Aisyah, Faridah Hassan, Lim Wei Jie,
		3	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF METAPHOR THERAPY ON DEPRESSION IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS	Dr. Fatemeh Hosseini
		4	INVESTIGATING SECOND LANGUAGE WRITING AND SENSITIVITY IN NON-ENGLISH LANGUAGE TASKS: PROFICIENCY ANALYSIS	Dr. João Pereira, Dr. Mariana Costa
		5	HIERARCHICAL MODELING OF COGNITIVE AND BEHAVIORAL DIFFICULTIES IN UNDERREPRESENTED POPULATIONS	Li Wei, Chen Ming
		6	COMPARING MUSICAL NOTATION AND ALPHABET READING: TEACHING IMPLICATIONS FOR DYSLEXIC LEARNERS	Assoc. Prof. Dr. Rachel Stein
		7	ANALYSIS OF FATIGUE AND DROWSINESS AMONG NIGHT-TIME PASSENGER TRANSPORT WORKERS IN JAPAN	Kenji Nakamura
		8	UTILIZING DIGITAL GAMING FOR EDUCATIONAL SUPPORT: STRATEGIES TO ADDRESS LEARNING CHALLENGES	Dr. Eleni Papadopoulou
		9	THE INTERPLAY BETWEEN JOB SATISFACTION, MOTIVATION, AND ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIOR	Dr. Faisal Ahmed

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Tao Guang Dr. Lucia Cirelli**	1	CHALLENGES IN LEGAL REGULATION OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN INNOVATION ACTIVITIES: AN INSTITUTIONAL APPROACH IN RUSSIA	Wei Zhang
		2	EXPLORING LEADERSHIP BEHAVIOR, SAFETY CULTURE, AND PERFORMANCE IN THE HEALTHCARE INDUSTRY: A COMPREHENSIVE STUDY	Liang Chen Mei Lin
		3	COMPARATIVE ANALYSIS: ASSESSING TRAINED INSPECTORS' PERFORMANCE ACROSS VARIED WORKLOADS VIA FEEDFORWARD VS. FEEDBACK TRAINING APPROACHES	Assoc. Prof. Dr. Anan Phongchai
		4	ASSESSING OPERATIONAL RISKS IN MALAYSIAN HIGHWAY PROJECTS	Assoc. Prof. Dr. Ahmad Zulkifli Dr. Nurul Huda
		5	BEST PRACTICES FOR CRAFTING TENDERS IN MALAYSIA'S BUILDING CONSERVATION PROJECTS	Dr. Siti Aishah
		6	THE INDEX OF SUSTAINABLE FUNCTIONALITY: A TOOL FOR ASSESSING SUSTAINABILITY	Assoc. Prof. Dr. Tao Guang Dr. Lucia Cirelli
		7	EXAMINING KNOWLEDGE SHARING BEHAVIOR IN E-COMMUNITIES THROUGH THE LENS OF TRANSACTION COST THEORY	Teresa Ju Chang Wu
		8	ADVANCING AN EFFICIENT FRAMEWORK FOR SECURE MOBILE APPLICATION DESIGN, DEVELOPMENT, AND UTILIZATION	Mohamed Serhan Rachida Abdelghani Rabeb Benharref

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Niran Chaiyaporn**	1	EXPLORING INTERNET GOVERNANCE THROUGH MULTIPLE STAKEHOLDERS: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND ADVANCEMENTS	Prof. Dr. Lukas Meier
		2	THE IMPACT OF HARDINESS AND ALIENATION ON BURNOUT AND DATA ENTRY ERRORS IN RURAL GREEK HOSPITAL LABORATORIES	Eleni Papadopoulou Aphrodite Koulouri
		3	GUIDELINES AND REQUIREMENTS FOR DEVELOPING TEAM AWARENESS SYSTEMS	Dr. Henrik Larsen
		4	AN ANALYTICAL APPROACH TO THE ADOPTION OF WIRELESS AND INTERNET TECHNOLOGIES IN LOGISTICS	Assoc. Prof. Dr. Niran Chaiyaporn
		5	GENDER DIFFERENCES IN SEXUAL PERCEPTION AND BEHAVIOR AMONG MARRIED ILOCANOS	Maricel Bautista
		6	EXAMINING INTERNET USER BEHAVIOR AND ITS INFLUENCE ON MARRIAGE TABOOS: A SURVEY OF UNDERGRADUATE STUDENTS IN MASHHAD, IRAN	Fatemeh Rahimi Leila Mohammadi Saeid Khosravi
		7	UTILIZING PERSUASIVE TECHNOLOGY TO ENHANCE IT SECURITY AWARENESS AND USER BEHAVIOR: A PILOT STUDY	Md. Hasanuzzaman Dr. Tan Wei Ling Ms. Siti Nurhaliza

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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		1	BELEDİYELER ŞİRKETLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DENETİMİ VE YÜKÜMLÜLÜKLER	Avukat, Beyza ÖZÇİÇEK YILANCI
		2	ZİNA SEBEBİYLE BOŞANMA DAVASI AÇMA HAKKINI ORTADAN KALDIRAN HALLER	Dr. Öğr. Üyesi, HARUN MİRSAD GÜNDAY Av. , AHMET BURAK HASPAYLAN
		3	Nükleer Tesislere Yapılan Saldırılın Hukuki Değerlendirmesi	Zuhair MENDELI
		4		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Öğr. Gör. TUĞBA TOSUN**	1	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN FORGIVENESS FLEXIBILITY AND SELF-COMPASSION	Öğr. Gör. TUĞBA TOSUN Prof. Dr. MUSTAFA KOÇ
		2	AİLE İŞLEVSELLİĞİ VE SOSYAL MEDYA KULLANIMI ARASINDAKİ İLİŞKİDE ORTAK EBEVEYNLİĞİN ARACI ROLÜ	Çiğdem AYTEK Dr. Öğr. Üyesi Bekir ÇELİK
		3	EKONOMİK STRES VE ROMANTİK İLİŞKİLER: GENÇ YETİŞKİNLİK DÖNEMİNDE BİR PSİKOSOSYAL ETKİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	Burak ERELİ Doç. Dr. Hanife AKGÜL
		4	EXAM ANXİETY AMONG STUDENTS PREPARİNG FOR THE HİGH SCHOOL ENTRANCE EXAM	Ferda GÜLMEZ
		5	ÖZ ŞEFKAT VE DUYGU DÜZENLEME GÜÇLÜĞÜ ARASINDAKİ İLİŞKİDE ÇOCUKLUK ÇAĞI TRAVMATİK YAŞANTILARIN ARACI ROLÜ	Buse DEMİRHAN Dr. Öğr. Üyesi, Hakan DUMAN

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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 Oğuzhan Bahadır DEMİR**	1	Diyabette Hipoglisemi Korkusunun Anksiyete ile İlişkisi	Nupelda Uludağ Prof. Dr. Hamdiye Arda Sürücü
		2	ECO-ANXIETY AND ITS EFFECTS ON MENTAL HEALTH	NUPELDA ULUDAĞ Hamdiye ARDA SÜRÜCÜ
		3	THE EFFECT OF FATALISM LEVEL ON HEALTH BEHAVIOURS	Nurse, Merve Nur ALPASLAN Assistant Professor, Enes BULUT
		4	ANXIETY AND MANAGEMENT AFTER MYECARDIAL INFARCTION IN THE INTENSIVE CARE UNIT	Hemşire, FEHMİ DOĞAN Prof. Dr., HAMDİYE ARDA SÜRÜCÜ
		5	MORALE LEVEL AS A PREDICTOR OF ADJUSTMENT DIFFICULTIES IN THE ELDERLY	Dilara YAĞMURKAYA BALCANCI Assoc. Prof. Dr. Oya Sevcan ORAK
		6	KOAH HASTALARINDA SAĞLIKLI YAŞAM ALIŞKANLIKLARI VE KADERCİLİK ALGISI	Hemşire, RABİA DEMİRCİ Dr. Öğr.Üyesi, FİGEN ÇAVUŞOĞLU
		7	EFFECT OF NURSING EDUCATION ON GLYCEMIC CONTROL IN TYPE 2 DIABETES PATIENTS: LITERATURE REVIEW	Hemşire, SERHAT BELENAY Prof. Dr. HAMDİYE ARDA SÜRÜCÜ
		8	Üniversite Öğrencilerinde Uyku Kalitesinin Denge ve Kinezyofobi ile İlişkisi	Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan Bahadır DEMİR Kübra ÖZENÇ Gamze YILDIZ Mustafa Kamil KAYA
		9	SOSYAL MEDYA BAĞIMLILIĞI: BİREY VE TOPLUM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	Hemşire Hasan Polat Doç.Dr. Gülhan Yiğitalp,

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Ömer Karakoç**	1	HAFİF SINIF SİLAHLI İNSANSIZ KARA ARACI İÇİN ENTEGRE SİSTEM YAKLAŞIMI	Nurullah Emin ERGEZEN Hakan ADEMOĞLU Funda AKAR
		2	SES VERİLERİNİ SINIFLANDIRMAK İÇİN OPTİMİZE EDİLMİŞ RANDOM FOREST MODELİ: ÖZELLİK ÇIKARIMI VE HİPERPARAMETRE AYARI	Yüsra DAĞILMA Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
		3	TRANSFER ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE BEYİN TÜMÖRÜ TESPİTİ	Sümeyye SARIATEŞ Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KARADUMAN Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
		4	VERİ AMBARI ETL SÜREÇLERİNDE DEĞİŞEN VERİ YAKALAMA YÖNTEMİNİN KULLANILMASINA YÖNELİK ENERJİ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA	AHMET GÜRGAŞİN PROF. DR. TALİP KELLEGÖZ
		5	Electre Yöntemiyle Sosyal Medya Platformlarının Gelir Modelleri Karşılaştırılması	Aysu Sever Beyza Tuncer Çağatay Özmut Dr. Öğr. Üyesi Selçuk Özcan
		6	ENERGY PLANNING VIA PICTURE FUZZY PREVALENCE EFFECT METHOD	Dr. Ömer Karakoç Assoc. Prof. Dr. Samet Memiş
		7	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED APPROACHES TO FIGHT CYBER BULLYING	Asst. Prof, Faruk AYATA Tahsin YILDIZ

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Ümit AYATA**	1	EVALUATION OF BINGÖL UNIVERSITY STREET IN TERMS OF BARRIER-FREE LANDSCAPE APPROACHES AND ACCESSIBILITY	Araştırma Görevlisi, İlknur YAZICI Dr. Öğr. Üyesi, Ayşenur AKBANA
		2	FLEXIBLE DESIGN CRITERIA IN URBAN OPEN SPACES: AN EXAMINATION OF OPEN SPACE PRODUCTIONS IN THE LANDSCAPE ARCHITECTURE DISCIPLINE	Prof. Dr. Elif Merve ALPAK Prof. Dr. Tuğba DÜZENLİ Research Ast. Nida KURAK SEZGİN
		3	AN EVALUATİON OF THE THEME OF FREEDOM İN THE CONTEXT OF BASİC DESİGN PRİNCİPLES, DESİGN ELEMENTS AND GESTALT THEORY	Prof. Dr. Elif Merve ALPAK Prof. Dr. Tuğba DÜZENLİ Research Ast. Nida KURAK SEZGİN
		4	NATURALNESS ON LANDSCAPE DESIGN: PERCEPTUAL AND FORMAL APPROACHES	Prof. Dr. SERAP YILMAZ Res.Asst. Dr. ABDULLAH ÇİĞDEM
		5	THE CONCEPT OF ICONICITY IN DESIGN: EXAMPLES FROM LANDSCAPE ARCHITECTURE	Prof. Dr. SERAP YILMAZ Res.Asst. Dr. ABDULLAH ÇİĞDEM
		6	The Application of Flaxseed Oils with Different Properties on the Surfaces of Fir Wood Thermally Treated in Accordance with ISPM 15 Standard	Prof. Dr. Hüseyin PEKER Doç. Dr. Göksel ULAY Doç. Dr. Ümit AYATA
		7	The Application of Wood Finishing Oils of Different Types to Thermally Modified Anatolian Chestnut Wood	Prof. Dr. Hüseyin PEKER Doç. Dr. Göksel ULAY Doç. Dr. Ümit AYATA
		8		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Yük. Müh. Enes AKÇAY**	1	EVALUATION OF LOW-TEMPERATURE WASTE HEAT WITH ORC SYSTEMS: PERFORMANCE COMPARISON OF DIFFERENT WORKING FLUIDS	Yük. Müh. Enes AKÇAY Öğr.Gör. Dr. Arzu KEVEN
		2	THERMODYNAMIC AND EXERGY ANALYSIS OF A SOLAR-ASSISTED HYBRID ENERGY AND WATER PRODUCTION SYSTEM	Yük. Müh. Enes AKÇAY Öğr.Gör. Dr. Arzu KEVEN
		3	T BIRLEŞIMLI BOŞLUKLU HAFIF ÇELIK ÇERÇEVELERIN MOMENT-DÖNME KARAKTERISTIK DAVRANIŞININ İNCELENMESI	Prof. Dr. ABDULKADİR CÜNEYT AYDIN NESLİŞAH GÜLOĞLU Doç. Dr. MAHYAR MAALİ NURULLAH ÇINAR
		4	UZAK KIRSAL YERLEŞİMLERİN ELEKTRİFİKASYONU İÇİN HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU: BATMAN, HASANKEYF ÖRNEĞİ	Ali Serkan Avcı Seda Fahriye Yavaşoğlu
		5	A NOTE ON ABSOLUTE MATRIX SUMMABILITY METHOD	Prof. Dr. Hikmet Seyhan ÖZARSLAN Assoc. Prof. Dr. Bağdagül KARTAL ERDOĞAN
		6	ON THE ALMOST INCREASING SEQUENCES	Prof. Dr. Hikmet Seyhan ÖZARSLAN Başak AKGÜL

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Doç. Dr. NECİP ÜNLÜ**	1	AISI 1020 ÇELİĞİNİN YÜZEYİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN NİKEL SÜLFOMAT KAPLAMALARA BORİK ASİT İLAVESİNİN, KAPLAMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	Ömercan SİVRİ Prof.Dr. Uğur ŞEN
		2	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CaO 2 NANOPARTICLES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	Asst. Prof .Dr. FATİH TURAN Prof. Dr. AYLİN M. DELİORMANLI
		3	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF POLYVINYLPYRROLIDONE (PVP) AMOUNT AND MOLECULAR WEIGHT ON THE SYNTHESIS OF PLATINUM NANOPARTICLES	Asst. Prof .Dr. FATİH TURAN Prof. Dr. AYLİN M. DELİORMANLI
		4	WHAT IS THE NONDESTRUCTIVE TESTING?	Doç. Dr. NECİP ÜNLÜ
		5	KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN SENTEZİ, ŞİŞME DAVRANIŞLARI VE BU DAVRANIŞLARA ETKİ EDEN PARAMETRELER	Polimer Mühendisi, Sıdıka Eylül GÖREN Prof.Dr. Hidayet MAZI
		6	KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN DİNAMİK ŞİŞME VE FİCK DİFÜZYON KİNETİĞİ	Polimer Mühendisi, Sıdıka Eylül GÖREN Prof.Dr. Hidayet MAZI

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Marcela López**	1	CROSS-CULTURAL ANALYSIS OF ALCOHOL CONSUMPTION PATTERNS AMONG ETHNIC GROUPS IN RURAL BANGLADESH	Dr. Farhana Akter
		2	STAKEHOLDER MAPPING IN THE FORMATION AND GROWTH OF INDEPENDENT CONSUMER GROUPS IN THAILAND	Dr. Kanya Chaiyaporn
		3	THE IMPACT OF SOCIAL INTEGRATION ON PERFORMANCE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: A MULTI-COUNTRY STUDY	Carlos Mendes
		4	FRAMEWORK FOR DEVELOPING EDUCATIONAL GAMES BASED ON OUTCOME-ORIENTED LEARNING MODELS	Ratih Wulandari Dewi Kartika Sari Putri
		5	EVALUATING PEDAGOGICAL QUALITY IN DIGITAL LIBRARY RESOURCES: A CASE STUDY OF SOLARSPELL	Assoc. Prof. Dr. Marcela López
		6	EXPLORING ALTERNATE REALITY GAMES FOR EDUCATIONAL PURPOSES: A STUDY AT UNIVERSITY OF CAPE TOWN	Thandiwe Ndlovu
		7	INNOVATIVE APPROACHES TO ENGINEERING EDUCATION REFORM IN URBAN PLANNING AT TSINGHUA UNIVERSITY, CHINA	Li Wei Zhang Feng
		8	CROSS-CULTURAL ANALYSIS OF ALCOHOL CONSUMPTION PATTERNS AMONG ETHNIC GROUPS IN RURAL BANGLADESH	Dr. Farhana Akter

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Amir Hosseini**	1	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERACTIVE QUIZ PLATFORMS IN ENHANCING STUDENT ENGAGEMENT	Lina Ahmed
		2	ANALYSIS OF LEARNING OUTCOMES IN ELECTRICAL ENGINEERING CURRICULA: A STUDY FOCUSING ON CIRCUIT THEORY	Dr. Samuel Ochieng
		3	DISTANCE EDUCATION AND CONTINUOUS PROFESSIONAL DEVELOPMENT: INSIGHTS FROM A GREEK UNIVERSITY CASE STUDY	Prof. Dr. Eleni Papadopoulos
		4	IDENTIFYING STRATEGIES TO IMPROVE STUDENT EMOTIONAL WELL-BEING THROUGH FEEDBACK ANALYSIS	Maria Petrova Anjali Singh
		5	TEACHERS' ATTITUDES TOWARD INCLUSIVE EDUCATION FOR STUDENTS WITH HEARING IMPAIRMENTS	PhD Candidate Kiran Sharma
		6	ADVANCING INTERNATIONAL SERVICE LEARNING THROUGH TECHNOLOGICAL INNOVATIONS FOR SUSTAINABILITY	Dr. Michael Johnson
		7	IMPLEMENTING FLIPPED CLASSROOM MODELS TO ENHANCE FRENCH LANGUAGE LITERACY IN HIGHER EDUCATION	Dr. Sofia Larsson
		8	THE IMPACT OF FLIPPED CLASSROOMS ON ATTENTIVE READING SKILLS IN FRENCH AS A FOREIGN LANGUAGE	Faridah Ahmad Dr. Amir Hosseini
		9	MOTION GRAPHICS AS A TOOL FOR ENHANCED TRAINING OF PRESCHOOL CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENTS	Assoc. Prof. Dr. Amir Hosseini

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Ricardo Silva**	1	EVALUATING THE EFFECT OF CLASS PARTICIPATION ON ACADEMIC PERFORMANCE: A CASE STUDY OF MECHANICAL ENGINEERING STUDENTS IN SOUTH AFRICA	Dr. Thandiwe Mokoena
		2	ENHANCING CIVIL ENGINEERING LABORATORY LEARNING THROUGH INTERACTIVE DIGITAL TOOLS	Assoc. Prof. Dr. Miguel Fernandez Dr. Lucia Alvarez
		3	DEVELOPING AUTONOMOUS LEARNING AGENTS USING SEQUENTIAL CONSTRUCTIVIST MODELS	Jean-Luc Moreau Sophie Dubois
		4	ASSESSING THE ECONOMIC IMPACT OF HUMANITIES EDUCATION IN PUBLIC UNIVERSITIES IN GHANA	Dr. Kwame Mensah
		5	MODELING TECHNOLOGICAL ADOPTION IN BUSINESS STUDENTS: A STUDY FROM COLOMBIA	Carlos Ramirez Maria Gomez
		6	INTERCULTURAL STRATEGIES FOR SECOND LANGUAGE ACQUISITION IN HIGHER EDUCATION: A PILOT STUDY IN PERU	Ana Lucia Torres Jorge Castillo
		7	DESIGNING ITERATIVE SELF-CORRECTION FRAMEWORKS FOR EDITORIAL WORKFLOWS	Ivan Kuznetsov Olga Smirnova
			IMPLEMENTING REALISTIC SIMULATION METHODS IN BRAZILIAN MEDICAL EDUCATION CURRICULA	Prof. Dr. Ricardo Silva
		8	EXPLORING THE COSTS AND BENEFITS OF COMMERCIALIZATION IN HIGHER EDUCATION: A CASE STUDY FROM NEW ZEALAND	Dr. Thandiwe Mokoena

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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. Magdalena Kowalczyk**	1	THE EVOLUTION OF JUDICIAL PRINCIPLES IN SOUTHEAST ASIAN LEGAL SYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Ananda Suphakit
		2	RELIGIOUS FREEDOM AND EMPLOYEE RIGHTS: A CRITICAL ANALYSIS OF PORTUGUESE CONSTITUTIONAL LAW	Maria Fernandes
		3	CERTIFICATION PROCEDURES AND GOVERNMENT ACCOUNTABILITY IN ARMENIA	Aram Petrosyan
		4	EFFECTIVE GOVERNANCE MODELS WITHIN THE EUROPEAN UNION: PRINCIPLES AND PRACTICES	Dr. Magdalena Kowalczyk
		5	THE ROLE OF CONSERVATIVE WOMEN'S GROUPS IN SHAPING U.S. FOREIGN POLICY	Assoc. Prof. Dr. Emily Carter
		6	AUTOPSY STUDY ON ABDOMINAL TRAUMA IN ROAD ACCIDENT VICTIMS: MORPHOLOGICAL AND RISK ANALYSIS	Marko Jovanović
		7	IMPLEMENTING THE EUROPEAN FORENSIC SCIENCE VISION 2020: STRATEGIC APPROACHES IN LITHUANIA	Eglė Petrauskaitė Vidmantas Šimkus Snieguolė Vaitkevičiūtė
			MODERNIZING THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK: STRATEGIC FRAMEWORKS AND FUTURE DIRECTIONS	Sigutė Žukauskaitė
		8	STRATEGIES FOR THE REVITALIZATION OF THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK	Dr. Nadia Al-Farouq

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Dr. Supaporn Chaiyasit**	1	EXAMINING ADDITIONAL PREDICTORS OF DIETARY INTENTIONS IN TYPE 2 DIABETES PATIENTS	James Mwangi
		2	THE INFLUENCE OF LEARNING PREFERENCES ON CREATIVE IDEA GENERATION IN EDUCATIONAL SETTINGS	Nurul Huda
		3	EFFECTS OF COGNITIVE-BEHAVIORAL THERAPY AND SELF-CONCEPT INTERVENTIONS ON RESILIENCE AND AGGRESSION IN MALAYSIAN AT-RISK YOUTH	Mohammed Al-Farouq
		4	LIFESTYLE ANALYSIS OF GOVERNMENT EMPLOYEES IN THE ROYAL HOUSEHOLD DEPARTMENT: A BANGKOK CASE STUDY	Dr. Supaporn Chaiyasit
		5	THE IMPACT OF MEDITATIVE TRATAKA PRACTICE ON ANXIETY REDUCTION AMONG ADOLESCENTS	Anjali Desai
		6	IMPLEMENTATION OF SUFFICIENCY ECONOMY PRINCIPLES BY URBAN LEADERS IN BANGKOK: PERFORMANCE AND STRATEGIC ACTIVITIES	Assoc. Prof. Dr. Somchai Niran
		7	NEUROPLASTICITY AND ITS ROLE IN LIFE REHABILITATION AND RENEWAL	Leila Farahani
		8	PEER-BASED INTERVENTIONS TO ADDRESS SOCIAL COMMUNICATION CHALLENGES IN ADOLESCENTS WITH AUTISM: A LITERATURE REVIEW AND FUTURE DIRECTIONS	Christine Cole

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 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	**Assoc. Prof. Dr. Eui Jun Jeong,**	1	INTELLIGENT ENERGY CONSUMERS: EXPLORING THE INTENTIONS BEHIND EMBRACING INNOVATIVE CONSUMPTION PATTERNS	Dr. Cecilia Kamila, Vincenzo Perri Corvello
		2	GENDER DISPARITIES IN MATHEMATICS ANXIETY AMONG STUDENTS	Wern Lin Yeo, Choo Kim Tan, Sook Ling Lew
		3	UTILIZING THE MMSE-2:EV FOR DIAGNOSTIC INSIGHTS IN COGNITIVE IMPAIRMENT: CASE STUDIES AND MONITORING	Cornelia- Munteanu Eugenia
		4	EXAMINING STUDENTS' BRAIN ELECTRICAL RESPONSES TO TEACHER'S EMOTIONAL CUES	Dr. Hye Rim Lee
		5	PERSONALITY TRAITS AND COMPULSIVE GAMING: EXPLORING THE INFLUENCE OF THE BIG FIVE	Assoc. Prof. Dr. Eui Jun Jeong,
		6	PARENTING APPROACHES AND HOUSEHOLD COMMUNICATION DYNAMICS AMONG COLLEGE STUDENTS	Lecture Pegah Farokhzad
		7	UTILIZING EMOTICONS IN COURTEOUS EXPRESSIONS OF GREETINGS AND APPRECIATION	Dr. Zuzana Komrsková
		8		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
4 Temmuz / July 4, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assoc. Prof. Dr. Yerlan Bekbolat**	1	METHODOLOGICAL APPROACHES TO ENHANCING MATHEMATICAL UNDERSTANDING USING VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS IN UK SECONDARY SCHOOLS	Dr. Aigerim Zhanarbek
		2	INTEGRATING DIGITAL TOOLS TO PROMOTE COLLABORATIVE LEARNING AND STUDENT ENGAGEMENT	Nurul Aisyah Binti Mohamad
		3	THE IMPACT OF MULTIMEDIA EDUCATIONAL GAMES ON PRIMARY SCHOOL STUDENTS' LEARNING OUTCOMES	Assoc. Prof. Dr. Yerlan Bekbolat
		4	MOBILE LEARNING STRATEGIES FOR INCLUSIVE EDUCATION IN MULTICULTURAL SETTINGS	Siti Noraini Binti Abdullah
		5	INTERACTIVE E-LEARNING PLATFORMS TO SUPPORT MATHEMATICS SELF-STUDY FOR PROFESSIONAL EXAM PREPARATION	Daulet Nursultan
		6	FEASIBILITY STUDY OF VIRTUAL BIOLOGY LABORATORIES IN HIGHER EDUCATION	Dr. Farah Azlina Binti Ismail
		7	EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY INTERVENTIONS ON SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS IN ADOLESCENTS: A STAGE-BASED MODEL	Nurzhan Tolegen
		8	ADVANCED VIRTUAL REALITY METHODS FOR ENHANCED FLUTE INSTRUCTION	Lim Wei Xian

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Dr. DEMET YAVUZ**	1	ORGANİK ZEMİNLERİN SODYUM SİLİKAT VE DÜŞÜK KARBONLU ÇİMENTO İLE İYİLEŞTİRİLMESİ	HATİCE KÜBRA GÜNEŞ Prof. Dr. ZÜLKÜF KAYA
		2	PROPERTIES OF METAKOLIN-BASED GEOPOLYMER MORTARS PRODUCED WITH RECYCLED AGGREGATE	Dr. DEMET YAVUZ
		3	KAYSERİ İLİNİN DEPREMSELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI	İnşaat Mühendisi , ÖZGE ÇEVİK Prof. Dr. Zülküf KAYA
		4	COMPARATIVE EVALUATION OF SELECTED SOFTWARE-ASSISTED SURFACE ANALYSIS TECHNIQUES IN NANOSCALE SURFACE CHARACTERIZATION	MSc Student, Meryem Didar BAYRAKÇIL Prof. Dr. Nevcihan GÜRSOY
		5	GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ÇATI TİPİ, CEPHE YÖNELİMİ VE PANEL TÜRLERİNİN ÜRETİM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Mimar/İnşaat Mühendisi, ERDAL AY Prof. Dr., Halil AKINCI
		6	EKOLOJİK BİNALARIN ZAMAN İÇİNDE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKILARI	Mimar/İnşaat Mühendisi, ERDAL AY

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Prof. Dr. ARMAĞAN ÖZTÜRK**	1	EVALUATIONS ON FINDIKOĞLU'S CONTRIBUTION TO TURKISH SOCIOLOGY	Prof. Dr. ARMAĞAN ÖZTÜRK
		2	FINDIKOĞLU'S EVALUATIONS ON IBN HALDUN	Prof. Dr. ARMAĞAN ÖZTÜRK
		3	DEFINING DOMESTIC AND AGRICULTURAL ROLES FROM THE PERSPECTIVE OF VILLAGE WOMEN: TRABZON PROVINCE EXAMPLE	Graduate Student Aslıhan UYAR
		4	THE IMPACT OF INDIVIDUALIZATION ON RELIGION AND FAMILY IN TODAY'S WORLD	TUBA AYDOĞDU Prof. Dr. KEMALEDDİN TAŞ
		5	BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETİK TARTIŞMALAR	Dr. Hatice İrem EKER
		6	THE ELDERLY AS PERPETRATORS IN CRIMINAL ACTS	Dr. ZEYNEP ŞENTÜRK DIZMAN
		7	HAYVAN KONUŞURSA: KİTSCH ESTETİĞİNE SESSİZ DİRENİŞ	Dr. Öğr. Üyesi Serhat SOYŞEKERCİ
		8	AN EVALUATION OF HUMAN SACRIFICE AMONG THE TURKS	Master Student,Melih ÇORAK

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Hikmet AKYOL**	1	DİJİTAL PARANIN DEVLET POLİTİKALARINA ETKİSİ ÖRNEKLEM OLARAK ABD –EL SALVADOR DİJİTAL PARA UYGULAMALARI	Hatice Aksu
		2	FOREIGN AID AFTER NATURAL DISASTERS IN DEVELOPING COUNTRIES: THE ROLE OF POLITICAL INSTITUTIONAL QUALITY	Doç. Dr. Hikmet AKYOL Şeyma AKÇİÇEK Öğr. Gör. Aynur KAYA Öğr. Gör. Lokman ODABAŞ
		3	RELATIONSHIP BETWEEN GEOPOLITICAL RISK AND ENVIRONMENTAL POLLUTION: THE CASE OF TURKIYE	Doç. Dr. Müge MANGA Kübra UÇAROĞLU
		4	GLOBALIZATION AND INCOME INEQUALITY IMPACTS ON ECONOMIC COMPLEXITY: A STUDY ON MICTA COUNTRIES	Doç. Dr. Müge MANGA Kübra UÇAROĞLU
		5	YAŞAM BEKLENTİSİ, KENTLEŞME VE KADIN İŞGÜCÜ KATILIM ORANININ AFRİKA'DAKİ DOĞUM ORANLARINA ETKİSİ	Arş. Gör. Dr., Sinan YILDIRIM Arş. Gör., Deniz ERENEL

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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.FİLİZ YÜKSEL**	1	THE ROLE OF INTERNAL AUDIT IN DETECTING AND PREVENTING ERRORS AND FRAUD IN ACCOUNTING: AN EVALUATION FROM THE PERSPECTIVE OF THE BANKING SECTOR	Master's student, HATİCE SAYANER Asst. Prof. Dr. ŞEBNEM ADA
		2	ENFLASYON MUHASEBESİNİN KURUMLAR VERGİSİ GELİRLERİNE ETKİLERİ	ERMAN ÖZBEY Dr. Öğr. Üyesi İLKER CALAYOĞLU
		3	TÜRKİYE'DE MUHASEBE BİLİM İNSANLARININ AKADEMİK PROFİLLERİNİN İNCELENMESİ	ABDELHAKIM ABBAS SENOUSSI Doç.Dr.FİLİZ YÜKSEL
		4	A Descriptive Analysis of University Rectors' Use of Instagram in Türkiye	Cihan KARABEL Assoc. Prof. Dr. Gülçin BİLGİN TURNA
		5	ALTRUISTIC LEADERSHIP IN CORPORATE VOLUNTEER MANAGEMENT	Yüksek Lisans Öğrenci Şeyma BALKAR Prof. Dr. Muammer SARIKAYA

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Ratri Nur Hidayati**	1	THE RELEVANCE OF ISLAMIC RELIGIOUS EDUCATION CURRICULUM TO THE MORAL CHALLENGES OF GENERATION Z IN INDONESIA: A CRITICAL STUDY OF THE ISLAMIC RELIGIOUS EDUCATION CURRICULUM IN SECONDARY SCHOOLS	Muhammad Khoirul Huda Wahyu Nanda Eka Saputra
		2	FAITH-BASED BOARDING SCHOOL MANAGEMENT MODEL: A MULTI-CASE ANALYSIS OF IMPLEMENTATION EFFECTIVENESS ON CHARACTER BUILDING IN THE DIGITAL ERA	Bangun Sarwo Aji Wibowo Dian Hidayati
		3	ENHANCING CHILDREN'S RELIGIOUS LITERACY THROUGH TAUHID-BASED EDUCATION TO PREVENT BULLYING FROM AN EARLY AGE	Aziz Muzaki Sumaryati
		4	TEACHERS' READINESS FOR DEEP LEARNING-BASED EDUCATIONAL TRANSFORMATION IN NORTH KALIMANTAN	Nurhayati Ambo Ratri Nur Hidayati
		5	CHARACTER DEVELOPMENT STRATEGIES IN SPECIAL SPORTS CLASSES: A QUALITATIVE STUDY IN SENIOR HIGH SCHOOLS OF YOGYAKARTA	Eko Mulyadi Dwi Sulisworo
		6	MANAGEMENT OF INTEGRATED CURRICULUM TRANSFORMATION IN MUHAMMADIYAH EDUCATIONAL INSTITUTIONS: A CASE STUDY OF SMP MUHAMMADIYAH PLUS KLATEN	Sukron Sa'id Ikmi Nur Oktavianti
		7	DEVELOPING A DIGITAL-BASED LEARNING MODEL ON CORE ISLAMIC BELIEFS FOR ONLINE MOTORCYCLE TAXI DRIVERS	Priyanta Ika Maryani

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Zeynep Y. AVCI**	1	COMMITMENT AND BURNOUT IN BOXING: A STUDY ON ELITE BOXERS	Prof. Dr. Murat KUL Öğr. Gör. Onur ŞİPAL
		2	INVESTIGATION OF SPORTS SCIENCES FACULTY STUDENTS' ANXIETY LEVELS REGARDING SPORTS INJURY DEPENDING ON VARIOUS PARAMETERS	Emir Haktan ŞİPAL Öğr. Gör. Onur ŞİPAL
		3	RİZE'DE ÖĞRETMEN ADAYLARININ DEPREME İLİŞKİN NEDENSEL ATIFLARI	Prof. Dr. LEYLA KARAOĞLU Arş. Gör. Dr. MEHTAP KENAL
		4	AI-SUPPORTED STORYTELLING WITH PRE-SCHOOLERS	Abdullah KOÇ Doç. Dr. Zeynep Y. AVCI
		5	ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORT IN LEARNING TURKISH	Tuğçe YARDIMCI Doç. Dr. Zeynep Y. AVCI

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Prof. Dr. İsmail ÇİFTCİOĞLU**	1	Türk Basınına Göre Arnavutluk Kralı Ahmet Zogu'nun Geraldine Apponyi ile Evliliği	Yüksek Lisans Öğrencisi, Çağdaş Ünal Doçent Doktor, Mesut Yavaş
		2	19. YÜZYIL'DA KARS EYALETİ'NİN YÖNETİCİLERİ	Dr. Öğr. Üyesi Ersin DOĞANTEKİN
		3	KARAMANOĞULLARI VE MEVLEVÎLİK	Prof. Dr. İsmail ÇİFTCİOĞLU
		4	CRAFT AND RESISTANCE IN THE OTTOMAN EMPIRE IN THE 19TH CENTURY	Dr. Öğr. Üyesi ERDEM ÜNAL DEMİRCİ
		5	The Time of the Occurrence of the Doomsday (al-Sā'ah) in Light of the Qur'anic Verses	Öğr. Üyesi Dr. Abdullah YEKTA,

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Honma Nasiry**	1	IMPACT OF SCALPING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF GRANULAR SOILS	Nadine Nguyen , Hassan Ngoc , Marot Bendahmane, Fateh Didier
		2	SIMULATING AND ANALYZING THE MOTION CHARACTERISTICS OF INDIVIDUAL ROCKFALLS: A STATISTICAL APPROACH	Wang Teh , Dr. Chin Lee
		3	FIELD AND PETROGRAPHIC CORRELATIONS OF CHARNOCKITIC AND ASSOCIATED GRANITIC ROCKS IN THE AKURE AREA, SOUTHWESTERN NIGERIA	Assis. Prof. Anthony Ademeso Odunyemi
		4	APPLICATION OF CSAMT METHOD IN INVESTIGATING COMPLEX ROCK MASS STRUCTURE AND CONCEALED TECTONIC FEATURES: CASE STUDIES	Yuxin Gama , Qingyun Chen Di, C. Dinis da
		5	UNIFIED EQUATION FOR WATER SURFACE PROFILE ALONG SIDE WEIRS IN COMBINED TRAPEZOIDAL AND EXPONENTIAL CHANNELS	Abdulrahman Abdulrahman
		6	COMPARATIVE ANALYSIS OF CO-SEISMIC GRAVITY CHANGES: GRACE OBSERVATIONS VERSUS FINITE-FAULT MODEL PREDICTIONS FOR THE 2012 MW = 8.6 INDIAN OCEAN EARTHQUAKE OFF-SUMATRA	Dr. Rahim Amin
		7	GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS AND COMPRESSION BEHAVIOR OF ORGANIC DREDGED SEDIMENTS	Polat Inci , Hasan Develioglu
		8	OPTIMIZING PRODUCTION WITH EJECTOR INSTALLATION: A CASE STUDY FROM OFFSHORE OPERATIONS IN THE NORTH WEST JAVA FIELD	Arii Yudhaprasetya, Ario Agus , Guritno Setiawan, Recky Supriatna Tehupuring Cosmas
		9	NUMERICAL SIMULATION OF OIL-WATER DISPLACEMENT IN PETROLEUM RESERVOIRS: TWO-DIMENSIONAL OBSERVATIONS AND APPLICATIONS	Assoc. Prof. Dr. Honma Nasiry, Shigeo Ahmad

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Bauyrzhan Tulegenov Dr. Zhanar Kazybekova**	1	EFFECTS OF SURFACE SCALPING ON THE STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF GRANULAR SOILS	Aigerim Zhanbota Nurlan Abilov Aruzhan Kassenova
		2	STATISTICAL MODELING AND SIMULATION OF ROCKFALL DYNAMICS IN MOUNTAINOUS TERRAIN	Faridah Binti Mohamad Dr. Ahmad Faizal
		3	PETROGRAPHIC AND FIELD STUDY OF CHARNOKITIC AND GRANITIC FORMATIONS IN SOUTHWESTERN NIGERIA	Dana Sadykova Mohd Hafiz Bin Ismail
		4	APPLICATION OF CSAMT TECHNIQUE FOR INVESTIGATING COMPLEX TECTONIC STRUCTURES: CASE STUDIES FROM SOUTHEAST ASIA	Nurul Afiqah Ahmad Zulkifli
		5	MATHEMATICAL MODELING OF WATER SURFACE PROFILES ALONG COMBINED TRAPEZOIDAL AND EXPONENTIAL CHANNELS	Assis. Prof. Dr. Bauyrzhan Tulegenov Dr. Zhanar Kazybekova
		6	COMPARATIVE ANALYSIS OF CO-SEISMIC GRAVITY VARIATIONS USING GRACE DATA AND FINITE-FAULT MODELS: CASE STUDY OF THE 2012 SUMATRA EARTHQUAKE	Siti Nur Aisyah Mohd Faizal
		7	GEOTECHNICAL PROPERTIES AND COMPRESSIBILITY OF ORGANIC DREDGED SEDIMENTS IN MALAYSIAN COASTAL AREAS	Ayanbek Nurmagambetov Rashidah Binti Ahmad
		8	OPTIMIZATION OF OFFSHORE PRODUCTION USING EJECTOR TECHNOLOGY: INSIGHTS FROM NORTHWEST JAVA FIELD	Zhanar Mukanova Nurul Huda

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. R. Khadraoui**	1	Comprehensive Analysis of Pin Fin Heat Sink Efficiency	Ayush Patel, S. Ramesh Kumar, M. Azeem
		2	Feasibility of Simplified Synchronous Generator Model for Power System Stability Assessment	A. Kumar, L. Perez
		3	Electricity Generation from Wastewater Using a Micro-Hydraulic Turbine	Yuki Nakamura, Hiroshi Tanaka, Akira Sato
		4	Online Diagnosis of Stator Faults in Squirrel Cage Induction Motors Using Electric Current Analysis	Miguel Herrera Santos, Dr. Carlos Enrique Alvarado, Maria Isabel Torres
		5	Enhanced Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Optimal Design of Power System Stabilizers	Dr. A. H. El-Metwally, Prof. Dr. R. Khadraoui
		6	A Cost-Effective Design and Analysis of Full Bridge LLC Resonant Inverter	Alex Johnson, Priya Sharma
		7	Optimization of Energy Efficiency in the Distillation Unit of Shiraz Oil Refinery	A. Moradi, M. Farhadi, S. Rahimi
		8		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Anongrat Chaiyaporn**	1	OPTIMIZATION OF TWO-STAGE BIOGAS PRODUCTION IN BIOFILM REACTORS	Dr. Samuel Karanja
		2	ENHANCING NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL FROM LIVESTOCK WASTEWATER USING ZEOLITE AND IONIZING RADIATION	Dr. Min-Jae Kim
		3	EFFECTS OF CRUDE OIL PARTICLE ELASTICITY ON HYDROCYCLONE SEPARATION PERFORMANCE	Dr. Carlos Mendoza
		4	INFLUENCE OF OPERATIONAL PARAMETERS ON CALCIUM CARBONATE SCALE FORMATION IN PLATE HEAT EXCHANGERS	Assoc. Prof. Dr. Anongrat Chaiyaporn
		5	CFD STUDY OF FLOW DYNAMICS IN PACKED-BED REACTORS WITH STATIC MIXERS	Dr. Priya Nair Dr. Rajesh Kumar
		6	DESIGN OF GUIDED STRUCTURES FOR SIMULTANEOUS REACTION AND SEPARATION IN MICROCHANNEL REACTORS	Assoc. Prof. Dr. Ahmed Al-Mansouri
		7	ADSORPTION-BASED REMOVAL OF LEAD AND CADMIUM IONS USING ACTIVATED CARBON FROM CASHEW SHELLS	Dr. Grace Nwosu
		8	SOIL REMEDIATION THROUGH HYDROGEN PEROXIDE OXIDATION: TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT	Prof. Dr. Beata Sezabo

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Chang-hyun Lee**	1	EXPLORING THE IMPACT OF BUSINESS MODEL INNOVATION ON FIRM VALUE: AN EVOLVING FRAMEWORK	Xiang W. Chen, Mei L. Wang, Liang K. Zhang
		2	STRUCTURAL DESIGN AND BLAST RESISTANCE ASSESSMENT OF A SINGLE-STORY CONTROL ROOM FOR A PETROLEUM REFINERY	Behzad Rahmani, Reza Mirzaei
		3	EVALUATION OF ENVIRONMENTAL REPORTING PRACTICES IN THE CHEMICAL SECTOR: A COMPARATIVE ANALYSIS OF GRI DISCLOSURES	E. Johnson
		4	EXPLORING THE ROLE OF FIT IN ENHANCING SERVICE INNOVATION PERFORMANCE: A NOVEL MODEL	Mei-Ling Chang, Hui-Ling Huang, Wan-Yu Yu, Chung-Lun Wei
		5	ETHICS AND LEGAL CONSIDERATIONS IN THE DIGITAL WORKPLACE: NAVIGATING THE INTERSECTION OF TECHNOLOGY AND ETHICS	Dr. Alice Smith, Lec. John R. Thompson
		6	ADVANCEMENTS IN REGIONAL MEDICAL IMAGING SYSTEMS: A COLLABORATIVE APPROACH	Petra Novak, Pavel Novotny, Jan Hruska
		7	INVESTIGATION OF RF PERMEABILITY FOR INTEGRATING USN INTO SOC STRUCTURES: A CASE STUDY	Dr. Chang-hyun Lee, Min-seok Choi, Sang-hoon Kim
		8	MITIGATING DAD ATTACKS IN MANET: A COMPREHENSIVE APPROACH	Hyewon Kim, Jisoo Lee

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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 Wei-Lin Chang**	1	ADAPTIVE HANDOFF DETECTION ALGORITHM UTILIZING RCST MOBILITY INFORMATION IN SATELLITE BEAM SYSTEMS	Sung Min Park, Hyun Jung Choi, Seung Woo Kim, Ji Hyun Lee, Sang Min Yoon
		2	INTEGRATION OF VISION SYSTEM AND SIMULATION SOFTWARE FOR ENHANCED INDUSTRIAL ROBOT CAPABILITIES	Fatima Al-Hassan, Ganesh Kothapalli, Majid Tolouei-Rad
		3	MITIGATING UNPLANNED EXTUBATION RISKS IN PSYCHIATRIC LONG-TERM CARE FACILITIES	Assis. Prof. Dr Wei-Lin Chang, Hsiao-Mei Lin
		4	ENHANCED INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS FOR EFFICIENT BRT OPERATIONS	A. Ahmadi, M. Rezaei
		5	ENHANCING INFORMATION SECURITY IN E-LEARNING THROUGH HUMAN IDENTIFICATION TECHNIQUES	John Smith, Alice Johnson, Michael Lee, Sarah Brown
		6	ENHANCING INFORMATION SECURITY IN E-LEARNING THROUGH ADVANCED HUMAN IDENTIFICATION TECHNIQUES	Ahmed Mahmoud, Maryam Rahimi, Sara Abbasi
		7	ANALYZING GREY INCIDENCE WITHIN THE MACROSCOPIC FRAMEWORK OF THE LOGISTICS SECTOR	Ming Li, Fang Wang
		8	EXPLORING PERFORMANCE CHALLENGES OF DSRC RADIO TESTBEDS IN HIGH CHANNEL TRAFFIC SCENARIOS	Ming-Hua Wang, Bo-Chiuan Chen, C. W. Hsu
		9	EXAMINATION OF DELAYED PAYMENT ISSUES IN THE CONSTRUCTION SECTOR OF MALAYSIA	Dr. Nurul Hidayah Abdullah, Dr. Ahmad Faisal Mohd Zain

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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. Remzi ALTUNIŞIK**	1	THE ROLE OF MEDIA IN THE ISRAEL–PALESTINE CONFLICT: A COMPARATIVE DISCOURSE ANALYSIS OF AL JAZEERA AND BBC	Asst. Prof., Fatma ÖZTAT Yüksek Lisans Öğrencisi, Gaye DOĞAN
		2	GENÇLERDE DİJİTAL MEDYA OKURYAZARLIĞI VE YAPAY ZEKA	Hemşire, ENES TEMİZ Dr. Öğr.Üyesi, FİGEN ÇAVUŞOĞLU
		3	SİBERFEMİNİZM UZAMINDA DİJİTAL OYUN KÜLTÜRÜNDE MİZOJİNİST YAKLAŞIMLAR	ZÜHRE ALPAYDIN Doç. Dr. HİDAYE AYDAN (SİLKÜ) BİLGİLİER
		4	POSTMODERN INDIVIDUAL REPRESENTATIONS IN POST-WESTERN CINEMA: THE CASE OF THE POWER OF THE DOG	Dr. ASLIHAN AKBAYIR
		5	DIGITAL LITERACY IN THE SUCCESSFUL AGING PROCESS	Doç. Dr. Meyrem Tuna Uysal
		6	THE MEDIATING ROLE OF PERCEIVED ENJOYMENT IN THE IMPACT OF CONSPICUOUS CONSUMPTION ON TRAVEL SHARING INTENTIONS ON SOCIAL MEDIA	Res. Assist. Ediz TUTSAL Prof. Dr. Remzi ALTUNIŞIK

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. Amaneh Manafidizaji**	1	A numerical scheme based on Taylor expansion with strong order of convergence 1 for RODEs	Minoo Kamrani
		2	Convergence of multi-step methods for Random Differential Equations with Wiener noise	Minoo Kamrani
		3	Model-Based Image Processing: Variational Advances	Alireza Hosseini
		4	Model-Based versus Data-Driven Models in Image Processing	Alireza Hosseini
		5	PROPERTIES OF THE LATTICES OF CONTINUOUS FUNCTIONS	Hilal Doğan Prof. Dr. Ömer Gök
		6	KB SPACES AND KB-OPERATORS	Serap YILDIRIM Prof.Dr.Ömer GÖK
		7	BOUNDARY VALUE PROBLEM OF A NONLINEAR FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATION	Burak Borazan Prof. Dr. Fadime Dal
		8		
		9		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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. NİZAMİ MUSTAFA**	1	COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q- DERIVATIVE	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. SELAHATTİN ÇİN
		2	COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q- DERIVATIVE	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. SELAHATTİN ÇİN
		3	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO- STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. NAHİDE GÖKÇEK
		4	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO- CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. NAHİDE GÖKÇEK
		5	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. KENAN YALÇIN
		6	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. KENAN YALÇIN
		7	COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q-DERIVATIVE	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Doç. Dr. VEYSEL NEZİR
		8	COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q-DERIVATIVE	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Doç. Dr. VEYSEL NEZİR
		9	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. DAVUT MİNGSAR
		10	ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER	Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA Grad. Stud. DAVUT MİNGSAR

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Assoc. Prof. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN**	1	THE CARBON FOOTPRINT OF FOOD LEGUMES AND THEIR ROLE IN CLIMATE-SMART AGRICULTURAL SYSTEMS	Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR,
		2	ALGAE and SUSTAINABILITY	Assoc. Prof. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
		3	SUSTAINABILITY IN AQUACULTURE	Assoc. Prof. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
		4	THE EFFECT OF CYSTEINE ON MORPHOLOGY AND PIGMENT CONCENTRATION in SORGHUM VARIETY (Sorghum bicolor L. 'Gözde') UNDER BORON TOXICITY	Master Student Seda ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Hülya TORUN
		5	DNA BARCODING AND GENETIC STRUCTURE OF Dryomys laniger FROM TÜRKİYE	Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK Asst. Prof. Dr. Perinçek Seçkinozan ŞEKER Dr. Engin SELVİ Prof. Dr. Teoman KANKILIÇ Prof. Dr. Reyhan ÇOLAK Prof. Dr. Nuri YİĞİT
		6		
		7		

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Prof. Dr. NURAY GÜZELER**	1	TOAST CHEESE AND USING MELTING SALT	Prof. Dr. NURAY GÜZELER Dr. Mine ÇÜRÜK
		2	QUALITY CHARACTERISTICS OF GOAT MILK DURING LACTATION	Prof. Dr. NURAY GÜZELER Dr. Mine ÇÜRÜK Rashad KHABBAZEH
		3	GEÇMŞTEN GÜNÜMÜZE TRABZON MUTFAK KÜLTÜRÜNDE REÇELİN YERİ	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN
		4	TRABZON'DA COĞRAFİ İŞARET TESCİLİNE ADAY BİR ÜRÜN "MISIR UNU HELVALI BAKLAVA)	Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU
		5	KAHRAMANMARAŞ'TA MARKETLERDE SATILAN MEYVE SULARINDA RADON GAZI ÖLÇÜMÜ	Dr. SERDAR GÜMBÜR Dr. Öğr. Üyesi ERDAL KÜÇÜKÖNDER

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Doç. Dr. Halil Atasoy**	1	ETANOL İNTOKSİKASYONUNA BAĞLI DOĞRUDAN ÖLÜMLER: RETROSPEKTİF BİR OTOPSİ DEĞERLENDİRMESİ	Doç. Dr. HÜSEYİN ÇETİN KETENCİ Prof. Dr. HÜLYA KILIÇ
		2	SAHTE İÇKİLERİN YOL AÇTIĞI ÖLÜMCÜL ZEHİRLENMELER: BÖLGESEL BİR OTOPSİ ÇALIŞMASI	Doç. Dr. HÜSEYİN ÇETİN KETENCİ Prof. Dr. HÜLYA KILIÇ
		3	APPROACH TO COLLAGENOUS COLITIS DUE TO A CASE	Doç. Dr. Halil Atasoy
		4	CASE REPORT: REHABILITATION OF DENTIGEROUS CYST IN A CHILD PATIENT WITH CYST DECOMPRESSION PROSTHESIS	Arş. Gör. BİLAL AYAZ Doç. Dr. MURAT ALKURT
		5	KESER DİŞLERDE GÖRÜLEN TRAVMATİK İNTRÜZYON VE SUBLÜKSASYONUN DENTAL REHABİLİTASYONU: OLGU SUNUMU	Arş. Gör. EMİNE ŞURANUR AYAZ Doç. Dr. SEMA AYDINOĞLU

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Doç. Dr. Kazım ŞAHİN**	1	MONTESSORI PRINCIPLES AS A CONCEPTUAL MODEL FOR DEVELOPING EXECUTIVE FUNCTION IN EARLY CHILDHOOD	Rahmah Dwi Sistiarini Fatimah Setiani
		2	YAŞLILARDA ÜRİNER İNKONTİNANS VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMI	HEMŞİRE, EYLÜL TOR Dr. Öğr. Üyesi Özge Öz Yıldırım
		3	ATTENUATION OF ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME IN CLP-INDUCED SEPSIS BY Punica granatum PEEL	Doç. Dr. Kazım ŞAHİN
		4	Punica granatum EXTRACT REDUCED LPS-INDUCED INFLAMMATION IN ACUTE KIDNEY INJURY BY DECREASING LEVELS OF RECEPTOR TLR4 AND TRANSCRIPTION FACTOR NF-κB	Doç. Dr. Kazım ŞAHİN Arş. Gör. Dr. Sena ŞAHİN AKTURA
		5	Evaluation of Caffeic acid phenethyl ester (CAPE), Melatonin, and Metformin as Anti-Tumor and Anti-Inflammatory Agents in Colon Cancer Cell Lines.	Zeinab Sherif Fathy Gomaa Badran Prof. Dr. SABAHATTİN MUHTAROĞLU

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES July 4 - 6, 2025 RIZE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Temmuz / July 5, 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	**Jing Wei**	1	ANALYSIS OF PAYMENT DELAYS AND THEIR IMPACT ON THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN MALAYSIA	Siti Nur Aisyah
		2	EVALUATING THE PROGRESS OF MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS IN LIBYA'S INDUSTRIAL SECTOR	Muna Al-Faraj
		3	COMPARATIVE STUDY OF ENVIRONMENTAL REPORTING IN THE CHEMICAL INDUSTRY: GRI STANDARDS APPLICATION	Dr. Emily Thompson
		4	DESIGN AND BLAST RESISTANCE ANALYSIS OF SINGLE-STORY CONTROL FACILITIES IN PETROLEUM REFINERIES	Khaled Al-Mahdi Omar Farouk
		5	IMPACT OF BUSINESS MODEL INNOVATION ON CORPORATE VALUATION: A DYNAMIC FRAMEWORK	Wei Zhang Li Mei Jian Liu
		6	THE ROLE OF ALIGNMENT IN BOOSTING SERVICE INNOVATION PERFORMANCE: A NEW CONCEPTUAL MODEL	Chun-Hua Lin Mei-Ying Huang Yu-Fen Wu
		7	PROMOTING LOW-CARBON TRANSITION IN CHINA'S TRADITIONAL MANUFACTURING INDUSTRIES	Jing Wei
			ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATED TQM AND LEAN MANUFACTURING IN MALAYSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY	Farah Aziz Noraini Hassan Ahmad Zulkifli
			THE EFFECTS OF MERGERS AND ACQUISITIONS ON CONSUMER WELFARE: EVIDENCE FROM INDIA'S MANUFACTURING SECTOR	Dr. Anil Kumar Ravi Shankar
		8	RELATIONSHIP BETWEEN FINANCIAL MARKET STRUCTURE AND MARKET INDICES IN TEHRAN STOCK EXCHANGE	Neda Rahimi Saeed Karimi

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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. Ogunduyile O. Oluwgbenga	1	ASSESSING THE QUALITY STANDARDS OF HOSPITAL PHARMACIES IN THERAPEUTIC CENTERS ASSOCIATED WITH KERMANSHAH UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES, IRAN	Dr. Gharehbagh V.Hamishehkar , H.Aghababa
		2	OPTIMIZING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEMS THROUGH NATURAL LIGHT INTEGRATION	Mahmoud H. Aly, Ivan Andonovic, Moustafa Beshr
		3	INTEGRATING WIRELESS BODY AREA NETWORKS WITH WEB SERVICES: REVOLUTIONIZING UBIQUITOUS HEALTHCARE PROVISIONING THROUGH ARCHITECTURE	Dr. Ogunduyile O. Oluwgbenga
		4	DYNAMIC BRAIN WAVE ACQUISITION AND PSYCHOACOUSTIC ANALYSIS IN REAL TIME	Dipali SShweta , ingh Mahajan , Bansal Rashima
		5	ENHANCING COMBAT EFFECTIVENESS IN NEW GENERATION FIGHTER PLANES THROUGH HUMAN FACTORS CONSIDERATIONS	Binoy Bhargavan
		6	CONSTRUCTING AN INTEGRATED RELATIONAL DATABASE UTILIZING SWISS NUTRITION NATIONAL SURVEY AND HEALTH DATASETS FOR DATA MINING OBJECTIVES	Helena Einsele , Dr. Jenzer Farshideh
		7	CAN EEG TESTING AID IN BRAIN TUMOR IDENTIFICATION?	M. Sharanreddy, P. K. Kulkarni
		8	EXAMINING THE HAZARDS OF INADEQUATE MEDICAL WASTE MANAGEMENT PRACTICES ON HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT: A REVIEW OF LITERATURE	Babanyara Ibrahim, Garba Bogoro., M. Y.Abubakar,

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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	**Dr. Jana Horvathova Dr. Tomas Varga**	1	INFLUENCE OF ELEMENTAL INTERACTIONS ON VOLATILITY IN FLUIDIZED-BED COMBUSTION: A STUDY OF METAL IMPACTS IN VARIOUS COAL GRADES	Dr. Jana Horvathova Dr. Tomas Varga
		2	EFFECTS OF MICROWAVE IRRADIATION ON THE MECHANICAL AND CHEMICAL STABILITY OF SILICA-BASED OPTICAL FIBERS	Dr. Ana-Maria Ionescu Dr. Sung-Ho Lee Dr. Gabriela Popescu
		3	SIMULATION OF CASTING GEOMETRY EFFECTS ON HOT TEARING AND RESIDUAL STRESS IN PRECISION CASTING PROCESSES	Dr. Carlos Mendoza Lucia Fernandez Lec. Dr. Miguel Torres Assis. Prof. Dr. Sofia Ramirez
		4	COMPARATIVE STUDY OF MEDIA INFLUENCES IN EXPLOSIVE FORMING OF CYLINDRICAL SHELLS	Rashid Al-Mansoori Faridah Yusof
		5	IMPACT OF SURFACE PREPARATION TECHNIQUES ON NANOCRYSTALLINE DIAMOND FILM GROWTH ON SILICON NITRIDE SUBSTRATES	Assoc. Prof. Dr. Rafael Silva Dr. Marina Santos Dr. Carlos Rodrigues
		6	COMPUTATIONAL MODELING OF PLASTIC DEFORMATION IN CLAY UNDER COMPRESSIVE LOADS	Mahdi Hosseini Dr. Farah Mohammadi Assis. Prof. Dr. Zahra Rahimi

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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. Nadia El-Sayed Dr. Omar Khalil**	1	OPTIMAL TIMING FOR COLOSTRUM IMMUNOGLOBULIN ABSORPTION IN NEWBORN CAMELS: CORRELATION WITH CORTISOL AND THYROXIN LEVELS	Dr. Fatima Al-Mansouri Dr. Khaled Al-Harbi Dr. Youssef Benali
		2	DEVELOPMENTAL CHANGES IN THE DUODENAL MUCOSA AND SUBMUCOSA OF RABBITS	Dr. Nadia El-Sayed Dr. Omar Khalil
		3	EVALUATION OF TUBERCULIN, TETANUS IMMUNOGLOBULIN, AND DPT VACCINE AS MITOGENS IN AVIAN T-LYMPHOCYTE PROLIFERATION	Assoc. Prof. Dr. Samuel Okoro
		4	ASSESSMENT OF POTATO VARIETIES FOR CHIPS AND FRENCH FRIES PRODUCTION USING MICROWAVE-VACUUM DRYING TECHNOLOGY	Inga Jansons Kristaps Ozols Marta Kalnina Tatjana Ziedina
		5	SALT TOLERANCE IN TISSUE-CULTURED DATE PALM VARIETIES UNDER CONTROLLED ENVIRONMENTAL CONDITIONS	Dr. Hassan Al-Mulla Dr. Khalil Al-Farsi
		6	IMPACT OF COPPER AND ZINC DEFICIENCY ON MILK YIELD IN INTENSIVELY MANAGED DAIRY CATTLE: A STUDY FROM NORTHEASTERN ROMANIA	Dr. Elena Popescu Dr. Mihai Ionescu Dr. Carmen Georgescu
		7	EFFECTS OF OVERFEEDING ON PRODUCTIVITY, FOIE GRAS QUALITY, BLOOD PARAMETERS, AND MORTALITY IN TWO BREEDS OF DUCKS	Dr. Mona El-Sayed Dr. Ahmed Mahrous

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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	**Dr. Marco Bianchi**	1	USING AQUATIC ORGANISMS AS BIOINDICATORS FOR WATER POLLUTION: A CASE STUDY IN LAKE VICTORIA AND CONTROLLED LABORATORY EXPERIMENTS	Dr. Grace Mwangi
		2	EVALUATION OF HERBICIDE EFFICACY ON WILD RYEGRASS (ELYMUS REPENS) AT DIFFERENT GROWTH PHASES WITH NITROGEN SUPPLEMENTATION	Assoc. Prof. Dr. Lars Jensen
		3	POTENTIAL OF SALVIA OFFICINALIS FOR PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METAL-CONTAMINATED SOILS: AN EXPERIMENTAL STUDY	Dr. Ivan Dimitrov Dr. Maria Stoyanova
		4	EFFECTS OF ORGANIC COMPOST ON HEAVY METAL ACCUMULATION, NUTRIENT DISTRIBUTION, AND QUALITY OF TOBACCO CULTIVARS IN BULGARIA	Dr. Michael Johnson
		5	PRELIMINARY SURVEY OF AFLATOXIN CONTAMINATION IN RICE SAMPLES FROM SURINAME	Assoc. Prof. Dr. Dewi Wulandari
		6	MANAGEMENT STRATEGIES FOR RICE FIELD LAND USE CHANGE IN SOUTH SULAWESI, INDONESIA	Dr. Marco Bianchi
		7	LONG-TERM EFFECTS OF RECLAIMED INDUSTRIAL WASTEWATER IRRIGATION ON SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN CROP PRODUCTION	Dr. Fatima Zahra El Amrani
		8	WATER USE EFFICIENCY IN CITRUS PRODUCTION IN THE MARRAKECH REGION UNDER VARIABLE CLIMATIC CONDITIONS	Prof. Dr. Jean-Luc Dupont

KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
KARADENIZ 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
KARADENİZ 2ND INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
July 4 - 6, 2025
RIZE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Temmuz / July 5, 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	**Prof. Jean-Luc Moreau Dr. Camille Dupont**	1	OPTIMIZING CRUISE PERFORMANCE OF LIGHT AIRCRAFT WITH SMART WINGLET TECHNOLOGIES	Dr. Ivan Kuznetsov
		2	EXPERIMENTAL VALIDATION OF AUTOMATION MITIGATION TECHNIQUES IN AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS	Dr. Matteo Rossi Dr. Giulia Bianchi
		3	ADVANCED STATE-SPACE MODELING AND CONTROL OF SMART STRUCTURES WITH DAMPING CAPABILITIES	Dr. Ahmed El-Sayed Dr. Nourhan Hassan
		4	SIMULATION OF COMPRESSIBLE FLUID FLOW IN POROUS MEDIA FOR BLOWDOWN EXPERIMENTS	Prof. Jean-Luc Moreau Dr. Camille Dupont
		5	ANALYSIS OF 3D AERODYNAMIC BEHAVIOR POST-STALL INCLUDING CAMBER LOSS EFFECTS	Dr. Arjun Patel Dr. Priya Sharma
		6	APPLICATION OF CELLULOSE NANOPARTICLE SUSPENSIONS AS ECO-FRIENDLY LUBRICANTS FOR INDUSTRIAL PUMPS	Dr. Farid Al-Hassan Dr. Layla Nasser
		7	IMPROVING FATIGUE LIFE IN BEARING AND SHAFT ASSEMBLIES OF HOUSEHOLD APPLIANCES THROUGH TOLERANCE OPTIMIZATION	Dr. Johan Svensson Dr. Erik Lindberg
		8	BIO-INSPIRED WING PLANFORM DESIGN: A META-MODEL BASED ON HUMPBACK WHALE FLIPPER TUBERCLES	Prof. Dr. Maria Gonzalez

Contents

KADERCİLİK DÜZEYİNİN SAĞLIK DAVRANIŞLARINA ETKİSİ 1

YOĞUN BAKIMDA MIYOKARD ENFARKTÜSÜ SONRASI ANKSİYETE VE YÖNETİMİ 9

YAŞLILARDA UYUM GÜÇLÜLÜĞÜNÜN YORDAYICISI OLARAK MORAL DÜZEYİ 18

KOAH HASTALARINDA SAĞLIKLI YAŞAM ALIŞKANLIKLARI VE KADERCİLİK ALGISI 30

TİP 2 DİYABET HASTALARINDA DİYABET ÖZYÖNETİM EĞİTİMİNİN GLİSEMİK KONTROL ÜZERİNE ETKİSİ: LİTERATÜR TARAMASI 45

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE UYKU KALİTESİNİN DENGE VE KİNEZYOFOBİ İLE İLİŞKİSİ 58

HAFİF SINIF SİLAHLI İNSANSIZ KARA ARACI İÇİN ENTEGRE SİSTEM YAKLAŞIMI 73

TRANSFER ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE BEYİN TÜMÖRÜ TESPİTİ 82

SES VERİLERİNİ SINIFLANDIRMAK İÇİN OPTİMİZE EDİLMİŞ RANDOM FOREST MODELİ: ÖZELLİK ÇIKARIMI VE HİPERPARAMETRE AYARI 97

VERİ AMBARI ETL SÜREÇLERİNDE DEĞİŞEN VERİ YAKALAMA YÖNTEMİNİN KULLANILMASINA YÖNELİK ENERJİ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA 108

ELECTRE YÖNTEMİ İLE SOSYAL MEDYA PLATFORMLARININ GELİR MODELLERİ KARŞILAŞTIRMASI 118

ENERGY PLANNING VIA PICTURE FUZZY PREVALENCE EFFECT METHOD 132

EVALUATION OF BINGOL UNIVERSITY STREET IN TERMS OF BARRIER-FREE LANDSCAPE APPROACHES AND ACCESSIBILITY 144

FLEXIBLE DESIGN CRITERIA IN URBAN OPEN SPACES: AN EXAMINATION OF OPEN SPACE PRODUCTIONS IN THE LANDSCAPE ARCHITECTURE DISCIPLINE 154

AN EVALUATİON OF THE THEME OF FREEDOM İN THE CONTEXT OF BASİC DESİGN PRİNCİPLES, DESİGN ELEMENTS AND GESTALT THEORY 162

THE CONCEPT OF ICONICITY IN DESIGN: EXAMPLES FROM LANDSCAPE ARCHITECTURE 169

NATURALNESS ON LANDSCAPE DESIGN: PERCEPTUAL AND FORMAL APPROACHES 183

FARKLI TÜRLERDEKİ AHŞAP KORUYUCU YAĞLARININ ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ANADOLU KESTANESİ ODUNUNA UYGULANMASI 191

ISPM 15 STANDARDINA GÖRE ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ GÖKNAR ODUNU YÜZEYLERİNE FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ KETEN TOHUMU YAĞLARININ UYGULANMASI 201

THERMODYNAMIC AND EXERGY ANALYSIS OF A SOLAR-ASSISTED HYBRID ENERGY AND WATER PRODUCTION SYSTEM 210

EVALUATION OF LOW-TEMPERATURE WASTE HEAT WITH ORC SYSTEMS: PERFORMANCE COMPARISON OF DIFFERENT WORKING FLUIDS 221

T BİRLEŞİMLİ BOŞLUKLU HAFİF ÇELİK ÇERÇEVELERİN MOMENT-DÖNME KARAKTERİSTİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ 233

ON THE ALMOST INCREASING SEQUENCES 241

A NOTE ON ABSOLUTE MATRIX SUMMABILITY METHOD 247

AISI 1020 ÇELİĞİNİN YÜZEYİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN NİKEL SÜLFAMAT KAPLAMALARA BORİK ASİT İLAVESİNİN, KAPLAMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 251

POLİVİNİLPROLİDON (PVP) MİKTAR VE MOLEKÜL AĞIRLIĞININ PLATİN NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ 262

BİYOMEDİKAL UYGULAMALARDA KULLANILMAK ÜZERE CaO_2 NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 277

WHAT IS THE NONDESTRUCTIVE TESTING? 289

KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN SENTEZİ, ŞİŞME DAVRANIŞLARI VE BU DAVRANIŞLARA ETKİ EDEN PARAMETRELER 299

KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN DİNAMİK ŞİŞME VE FİCK DİFÜZYON KİNETİĞİ 308

ORGANİK ZEMİNLERİN SODYUM SİLİKAT VE DÜŞÜK KARBONLU ÇİMENTO İLE İYİLEŞTİRİLMESİ 318

METAKAOLİN ESASLI GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGA KULLANILARAK ÜRETİLEN GEOPOLİMER HARÇLARIN ÖZELLİKLERİ 325

KAYSERİ İLİNİN DEPREMSELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI 332

COMPARATIVE EVALUATION OF SELECTED SOFTWARE-ASSISTED SURFACE ANALYSIS TECHNIQUES IN NANOSCALE SURFACE CHARACTERIZATION 343

EKOLOJİK BİNALARIN ZAMAN İÇİNDE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKILARI 349

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ÇATI TİPİ, CEPHE YÖNELİMİ VE PANEL TÜRLERİNİN ÜRETİM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ 355

A NUMERICAL SCHEME BASED ON TAYLOR EXPANSION WITH STRONG ORDER OF CONVERGENCE 1 FOR RODEs 362

CONVERGENCE OF MULTI-STEP METHODS FOR RANDOM DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH WIENER NOISE 367

COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH $\boldsymbol{q}$ −DERIVATIVE 372

COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH $\boldsymbol{q}$ −DERIVATIVE 382

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS 392

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS 399

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS 406

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS 413

COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH $\boldsymbol{q}$ −DERIVATIVE 420

COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH $\boldsymbol{q}$ −DERIVATIVE 429

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER 438

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER 447

YEMEKLİK BAKLAGİLLERİN KARBON AYAK İZİ VE İKLİM DOSTU TARIM SİSTEMLERİNDEKİ ROLÜ 456

SUSTAINABILITY IN AQUACULTURE 469

ALGAE and SUSTAINABILITY 473

THE EFFECT OF CYSTEINE ON MORPHOLOGY AND PIGMENT CONCENTRATION in SORGHUM VARIETY (*Sorghum bicolor* L. 'Gözde') UNDER BORON TOXICITY 477

TOST PEYNİRİ VE ERİTME TUZU KULLANIMI 490

LAKTASYON SÜRESİ BOYUNCA KEÇİ SÜTÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİ 501

TRABZON'DA COĞRAFİ İŞARET TESCİLİNE ADAY BİR ÜRÜN "MISIR UNU HELVALI BAKLAVA" 512

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TRABZON MUTFAK KÜLTÜRÜNDE REÇELİN YERİ 518

METANOL (SAHTE İÇKİ) İNTOKSİKASYONUNA BAĞLI ÖLÜMLER: DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEN RETROSPEKTİF BİR OTOPSİ ANALİZİ 525

ETANOL İNTOKSİKASYONUNA BAĞLI DOĞRUDAN ÖLÜMLER: RETROSPEKTİF BİR OTOPSİ DEĞERLENDİRMESİ 533

BİR OLGU NEDENİYLE KOLLAJENÖZ KOLİTE YAKLAŞIM 540

MONTESSORI PRINCIPLES AS A CONCEPTUAL MODEL FOR DEVELOPING EXECUTIVE FUNCTION IN EARLY CHILDHOOD 543

YAŞLILARDA ÜRİNER İNKONTİNANS VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI 550

ATTENUATION OF ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME IN CLP-INDUCED SEPSIS BY *Punica granatum* PEEL 568

Punica granatum EXTRACT REDUCED LPS-INDUCED INFLAMMATION IN ACUTE KIDNEY INJURY BY DECREASING LEVELS OF RECEPTOR TLR4 AND TRANSCRIPTION FACTOR NF-κB 574

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED APPROACHES TO FIGHT CYBER BULLYING 579

SİBER ZORBALIKLA MÜCADELEDE YAPAY ZEKÂ TABANLI YAKLAŞIMLAR 588

KADERCİLİK DÜZEYİNİN SAĞLIK DAVRANIŞLARINA ETKİSİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Merve Nur ALPASLAN
Artvin Çoruh Üniversitesi,
alpaslanmerve0@gmail.com – 0009-0001-3403-153X

Dr. Öğr. Üyesi, Enes BULUT
Artvin Çoruh Üniversitesi,
bulutts61@artvin.edu.tr - 0000-0002-1579-6887

ÖZET

Giriş: Sağlık kaderciliği, sağlık problemlerinin insan kontrolü altında olmadığına olan inancı ifade etmektedir. Bu nedenle sağlıkla ilgili süreçlerde insan davranışlarını etkileyebilmektedir.

Amaç: Bu derlemede sağlık kaderciliğinin sağlık ilişkili davranışlar üzerine etkisi hakkında bilgi verilmesi amaçlandı.

Konunun Literatürü: Sağlık kaderciliğinin sağlık süreçlerine ilişkin etkilerini konu alan ulusal ve uluslararası çalışmalar mevcuttur. Akgül ve arkadaşlarının (2022) yaptığı çalışmada hemşirelik öğrencilerinin kadercilik ölçeği puan ortalaması ile sağlığı geliştirici ve koruyucu davranış ölçeği puan ortalamaları arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Özer ve arkadaşları (2022) kadercilik düzeyi yüksek olan hemodiyaliz hastalarının hastalık algılarının daha olumsuz olduğunu belirlemişlerdir. Hammersmith ve ark. (2023) kadercilik düzeyi yüksek olanların ağız sağlığı öz yeterliliğinin düşük olduğunu ve kadercilik düzeyinin ilk diş kontrolüne gitmeyi etkileğini tespit etmişlerdir. El-Sayed ve arkadaşları (2023) yaşlılarda kadercilik inancı yükseldikçe ilaç tedavilerine olan bağlılığın azaldığını belirlemişlerdir. Han ve Baysal (2024) kadınlarda meme kanserinde erken tanıya başvurma düzeyleri ile kadercilik düzeyleri arasında negatif bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayyıldız ve Evcimen (2024) Aile Sağlığı Merkezi'ne başvuran kadınların kanser tarama tutumlarının, sağlık kaderciliği inançları ile ters orantılı olduğunu bulmuşlardır.

Sonuç ve Öneriler: Literatürdeki çalışmalar genel olarak kadercilik anlayışı ile sağlığı koruyucu ve geliştirici uygulamaların negatif ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Bu durum birçok kronik hastalığın erken tanısını engellemekte ve tedavinin gecikmesine neden olmakta, aynı zamanda tedaviye uyumu azaltarak sağ kalım oranlarını düşürebilmektedir. Özellikle sağlıklı ya da hasta bireylerin kadercilik düzeyleri belirlenmeli ve sağlığı koruyucu ve geliştirici uygulamaları yapmaları için teşvik edilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Kadercilik, Sağlık, Sağlık Davranışı

The Effect of Fatalism Level on Health Behaviors

ABSTRACT

Introduction: Health fatalism refers to the belief that health problems are not under human control. Therefore, it can affect human behavior in health-related processes.

Purpose: This review aims to provide information about the effects of health fatalism on health-related behaviors.

Subject Literature: There are national and international studies on the effects of health fatalism on health processes. In the study conducted by Akgül et al. (2022), a negative significant relationship was found between the mean fatalism scale score of nursing students and the mean health-promoting and protective behavior scale scores. Özer et al. (2022) determined that hemodialysis patients with high fatalism levels had more negative disease perceptions. Hammersmith ve ark. (2023) found that those with high fatalism levels had low oral health self-efficacy and that the level of fatalism affected going to the first dental check-up. EL-Sayed et al. (2023) determined that as the belief in fatalism increased in the elderly, adherence to drug treatments decreased. Han and Baysal (2024) found that there is a negative relationship between the level of seeking early diagnosis for breast cancer in women and their levels of fatalism. Ayyıldız and Evcimen (2024) found that the cancer screening attitudes of women applying to the Family Health Center are inversely proportional to their health fatalism beliefs.

Conclusion and Recommendations: Studies in the literature generally show that the understanding of fatalism and health-protective and improving practices are negatively related. This prevents early diagnosis of many chronic diseases and causes delays in treatment, and can also reduce survival rates by reducing compliance with treatment. In particular, it is recommended that the fatalism levels of healthy or sick individuals be determined and that they be encouraged to implement health-protective and improving practices.

Keywords: Fatalism, Health, Health Behavior

1.GİRİŞ

Bireylerin sağlık davranışları, çok sayıda psikososyal ve kültürel faktörün etkileşimi sonucunda şekillenmekte olup, bu faktörler arasında kadercilik kavramı büyük öneme sahiptir (Joshanloo, 2022). Kadercilik, bireyin yaşamındaki olayların önceden belirlenmiş olduğu ve kişinin bu olaylar üzerinde anlamlı bir kontrolü bulunmadığına dair inanç olarak tanımlanmaktadır (Akgül

ve ark., 2022). Sağlık bağlamında ise kadercilik, hastalıkların veya sağlıklı olma durumunun kaçınılmaz bir yazgı sonucu ortaya çıktığını savunan, insanoğlunun sergileyeceği herhangi bir davranışın sağlığı olumlu ya da olumsuz olarak etkilemeyeceğini ifade eden bir durumdur (Beeken ve ark., 2011). Bu düşünce tarzı, bireylerin sağlıkla ilgili sorumluluk alma motivasyonunu azaltabilir ve sağlık davranışlarından uzaklaşmasına neden olabilir (Akgül ark. 2022).

Son yıllarda yapılan çok sayıda çalışma, kadercilik inancının bireylerin koruyucu sağlık hizmetlerinden yararlanma, sağlık kontrollerine katılım, tedavi süreçlerine uyum ve sağlıklı yaşam alışkanlıkları edinme gibi temel sağlık davranışlarını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Egede ve Walker, 2020). Kronik hastalığı olan bireylerde yapılan bir çalışmada, kadercilik eğilimi ile hastalığa uyum düzeyi arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Yüksek düzeyde kadercilik inancına sahip bireylerin hastalıklarını yönetmede daha düşük uyum sergiledikleri, tedaviye bağlılıklarının azaldığı ve bu durumun hastalığın seyrini olumsuz etkileyerek sağlık hizmeti kullanım sıklığını artırdığı belirlenmiştir. Araştırmanın bulguları, kaderci inanç yapısının yalnızca bireysel sağlık davranışlarını değil, aynı zamanda sağlık sistemine olan yükü de artırabileceğini göstermektedir (Celebioğlu ve Gürsoy, 2024). Buna örnek olarak, COVID-19 pandemisi gibi küresel sağlık krizlerinde kadercilik inancının toplum sağlığı önlemlerine uyum üzerinde belirgin etkileri gösterilebilir. Araştırmalar, yüksek kadercilik düzeyine sahip bireylerin sosyal mesafeye uygun hareket etme, maske kullanımı ve aşılanma gibi koruyucu sağlık önlemlerine uyum sağlama oranlarının diğer bireylere kıyasla anlamlı derecede düşük olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kadercilik inancının sadece bireysel sağlık davranışlarını değil, aynı zamanda halk sağlığı uygulamalarının etkinliğini de doğrudan etkileyen kritik bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır (Akesson ve ark., 2022; Nordfjaern ve ark., 2021).

Kadercilik inancı, bireylerin sağlıkla ilgili tutum ve davranışlarını şekillendiren önemli bir psikososyal faktördür. Ancak bu inancın etkileri bireylerin yaşam koşulları, sosyo-demografik özellikleri ve özellikle kültürel bağlamlarına göre farklılık gösterebilmektedir. Güncel çalışmalar, kaderciliğin yalnızca sağlık arayışını engelleyen ya da tedaviye uyumu azaltan bir unsur olmadığını, aynı zamanda uygun sosyal ve kültürel bağlamlarda bireylerin psikolojik dayanıklılığını destekleyen bir kaynak olarak da işlev görebileceğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Çin'de kronik yaraları olan yaşlı bireylerle yürütülen bir çalışmada, aile dayanıklılığı ile öz-yönetim arasındaki olumlu ilişkinin kadercilik inancı aracılığıyla güçlendiği saptanmıştır. Bu durum kaderciliğin, uygun sosyal destek mekanizmalarıyla birlikte ele alındığında tedaviye bağlılığı teşvik edebileceğini göstermektedir (Qiu ve ark., 2024). Buna karşılık, Meksika'da Tip 2 diyabetli erkek bireylerde yapılan bir çalışmada, kadercilik inancının öz-bakım ve ilaç uyumu üzerinde olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir (Mendoza-Catalán ve ark., 2023). Bu bulgular, kaderciliğin sağlık üzerindeki etkisinin tek yönlü ya da evrensel bir yapıdan ziyade, kültürel ve bireysel farklılıklara duyarlı çok boyutlu bir yapı arz ettiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, sağlık politikaları ve iletişim stratejileri geliştirilirken kadercilik inancı yalnızca engelleyici bir unsur olarak değil, bireyin sosyal destek sistemleri ve kültürel değerleriyle bütünleşen potansiyel bir destekleyici unsur olarak da değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım,

tedaviye uyumu artıracak, kültürel olarak duyarlı sağlık hizmetlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Literatürde kaderciliğin sağlık davranışlarına etkisi konusunda farklı sonuçlar bulunduğu görülmektedir. Bu makalede, kadercilik ve sağlık ilişkili davranışların ilişkisini ortaya koyan ulusal ve uluslararası yayınların sunulması amaçlanmıştır.

2. SAĞLIK KADERCİLİĞİ VE SAĞLIK DAVRANIŞLARI

Sağlık kaderciliği, bireylerin sağlık kontrol odağı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle içsel sağlık kontrol odağına sahip bireylerin sağlıklarını kendi davranış ve seçimleriyle etkileyebileceklerine dair güçlü bir inanç geliştirdikleri ve bu nedenle daha sağlıklı yaşam alışkanlıkları benimsedikleri; buna karşılık, dışsal sağlık kontrol odağına sahip bireylerin ise sağlıklarını kader ve şans gibi dışsal faktörlerin belirlediğine inanarak daha az sağlıklı davranışlar sergiledikleri görülmektedir (White ve Blazek, 2019). Bu nedenle sağlık hizmetlerinin planlanmasında kadercilik gibi inanç temelli değişkenlerin rolü, sağlık iletişimi ve sağlık eğitimi stratejileri açısından giderek daha fazla önem kazanmıştır. Özellikle kronik hastalık yönetimi, tarama programlarına katılım ve tedaviye uyum gibi alanlarda bireyin kadercilik düzeyi, müdahale programlarının başarısını belirleyen önemli bir değişkendir (Celebioğlu ve Gürsoy, 2024). Aşağıdaki çizelgede ulusal ve uluslararası literatürde yer alan sağlık kaderciliği ve sağlık davranışları konulu araştırmalar yer almaktadır:

Çizelge 1. Sağlık Kaderciliği Düzeyinin Sağlık Davranışlarına Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Yazar(lar)	Çalışma grubu	Temel bulgular/ sonuçlar
Akgül ve ark. (2022)	Hemşirelik öğrencileri	Kadercilik düzeyi arttıkça sağlığı geliştirici ve koruyucu davranışlarda azalma gözlenmiştir.
Özer ve ark. (2022)	Hemodiyaliz hastaları	Yüksek kadercilik inancı hastalık algısını olumsuz etkilemiştir.
Hammersmith ve ark.(2023)	Pediatrik hastalar ve aileleri	Yüksek kadercilik, ağız sağlığı öz-yeterliliğini ve düzenli diş kontrolüne gitmeyi olumsuz etkilemiştir.
El-Sayed ve ark. (2023)	Yaşlılar	Kadercilik inancı arttıkça ilaç tedavisine bağlılık azalmıştır.
Han, B., ve Baysal, H. Y. (2024)	Kadınlar	Yüksek kadercilik algısı, erken tanıya başvurma oranını düşürmüştür.
Ayyıldız, N. İ., ve Evcimen, H. (2024)	Aile Sağlığı Merkezine başvuran kadınlar	Kadercilik inancı yüksek olanlarda kanser tarama tutumu düşüktür.
Beeken ve ark. (2011)	Kanser hastaları	Yüksek kadercilik, erken başvuruyu engelleyerek sağlık eşitsizliklerini artırmıştır.
Akesson ve ark. (2022)	COVID-19 döneminde genel toplum	Yüksek kadercilik, pandemi koruyucu önlemlerine uyumu olumsuz etkilemiştir.
Nordfjaern ve ark. (2021)	Üniversite öğrencileri	Kadercilik, salgın önlemlerine uyumu düşürmüştür.
Celebioğlu, G. Y., Gürsoy, M. Y. (2024)	Kronik hastalığı olan yetişkin bireyler	Yüksek kadercilik eğilimine sahip bireylerin kronik hastalığa uyum düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kadercilik inancı, sağlık davranışlarının şekillenmesinde kritik bir psikososyal faktör olarak öne çıkmaktadır. Literatürde, yüksek düzeyde kadercilik algısının, bireylerin sağlık üzerindeki kontrol algısını olumsuz etkilediği; bu durumun ise koruyucu sağlık önlemlerine uyum, sağlık hizmetlerine erişim ve tedavi sürecine katılım gibi alanlarda düşüşe yol açtığı pek çok çalışmada vurgulanmıştır (Egede ve Walker, 2020). Özellikle kronik hastalık yönetimi bağlamında, kadercilik inancının tedaviye uyumu azaltarak sağlık sonuçlarını olumsuz etkilediği saptanmıştır (Celebioğlu ve Gürsoy, 2024). Yapılan araştırmalar, kadercilik inancının bireylerin sosyo-kültürel özellikleriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Eğitim düzeyi, dini değerler ve coğrafi farklılıklar, kadercilik algısının sağlık davranışlarına etkisini şekillendiren temel faktörler arasında yer almaktadır (Özer ve ark., 2022). Bu bağlamda, sağlık politikalarının ve eğitim programlarının kültürel açıdan duyarlı, bireyin içsel sağlık kontrolünü güçlendiren stratejiler geliştirmesi gerekmektedir.

Sağlık okuryazarlığının artırılması, kadercilik inancının olumsuz etkilerini azaltmada temel bir araç olarak öne çıkmaktadır. Toplumda bireysel sorumluluğu teşvik eden, aynı zamanda kültürel değerlerle uyumlu sağlık eğitimi programları, bireylerin sağlık davranışlarını olumlu yönde değiştirebilir (Nutbeam, 2018). Bunun yanı sıra, sağlık çalışanlarının kültürel duyarlılıkla donatılması, hasta-hekim iletişimini güçlendirerek tedavi süreçlerinin etkinliğini artıracaktır (Horvat ve ark., 2014). Ayrıca, multidisipliner ve katılımcı yaklaşımlarla tasarlanacak toplum sağlığı müdahaleleri, kadercilik inancının sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada etkili olabilir. Bu tür yaklaşımlar, toplumsal destek mekanizmalarını güçlendirmek ve bireylerin sağlık üzerindeki kontrol algısını artırmak için önemlidir (Rimal ve Lapinski, 2015). Son olarak, gelecekte yapılacak araştırmaların, kadercilik ve sağlık davranışları arasındaki ilişkiyi daha derinlemesine inceleyerek, pratik uygulamalara ışık tutması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Akesson, J., Ashworth-Hayes, S., Hahn, R., Metcalfe, R., Rasooly, I. Fatalism, Beliefs, And Behaviors During The COVID-19 Pandemic, Journal of Risk and Uncertainty, 64(2), 147–190, 2022.

Akgül, E., Taşkın Yılmaz, F., Çolak, L., Kütük, H. Hemşirelik Öğrencilerinde Kaderciliğin Sağlığı Geliştirici ve Koruyucu Davranışlar ile İlişkisi, Sakarya Üniversitesi Holistik Sağlık Dergisi, 5(3), 301–311,2 022.

Ayyıldız, N. İ., Evcimen, H. Aile Sağlığı Merkezine Başvuran Kadınların Kanser Tarama Tutumlarının Kadercilik ile İlişkisinin İncelenmesi, Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care, 18(3), 364–370, 2024.

Beeken, R. J., Simon, A. E., von Wagner, C., Whitaker, K. L., Wardle, J. Cancer Fatalism: Deterring Early Presentation And Increasing Social Inequalities?, Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention, 20(10), 2127–2131, 2011.

Celebioğlu, G. Y., Gürsoy, M. Y. The Relationship Between Adaptation To Chronic Diseases And Fatalistic Tendencies Of Individuals With Chronic Diseases in Turkey, International Journal of Caring Sciences, 17(3), 1679–1686, 2024.

Egede, L. E., Walker, R. J. Structural Racism, Social Risk Factors, And COVID-19—A Dangerous Convergence For Black Americans, New England Journal of Medicine, 383(12), e77, 2020.

El-Sayed, M. M., Mohsen, H. A., El-Ashry, A. M., Shoukr, E. M. M. Association Of Health Anxiety, Fatalism And Medication Adherence Among Geriatric Clients: An Exploratory Study, Geriatric Nursing, 54, 8–15, 2023.

Hammersmith, K. J., Davis, M. R., Stephenson, K. G., Peng, J., Casamassimo, P. S. Associations Between Oral Health Fatalism and Demographic Factors, Dental Practices, Fatalism, and Oral Health Self-Efficacy, Pediatric Dentistry, 45(6), 381-389, 2023.

Han, B., Baysal, H. Y. Relationship of Women's Breast Cancer Fatalism Perceptions with Health Beliefs and Early Diagnosis Behaviors, Advances in Women's Studies, 6(2), 38–47, 2024.

Horvat, L., Horey, D., Romios, P., Kis-Rigo, J. Cultural Competence Education For Health Professionals, The Cochrane Database of Systematic Reviews, (5), CD009405, 2014.

Joshanloo, M. The Relationship Between Fatalistic Beliefs And Well-Being Depends On Personal And National Religiosity: A Study In 34 Countries, Heliyon, 8(6), e09814, 2022.

Mendoza-Catalán, G., Figueroa-Perea, J. G., Gallegos-Cabriales, E. C., Salazar-González, B. C., Onofre-Rodríguez, D. J., González-Ramírez, J. Fatalistic Beliefs, Self-Care, And Hba1c in Mexican Men With Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study. Medicine, 102(31), e34594 , 2023.

Nordfjaern, T., Mehdizadeh, M., Fallah Zavareh, M. Social Psychology of COVID-19: Do Fatalism And Comparative Optimism Affect Adherence To Sanitary Protocols?, Frontiers in Psychology, 12, 623005, 2021.

Nutbeam, D. Health Literacy As A Public Health Goal: A Challenge For Contemporary Health Education And Communication Strategies Into The 21st Century, Health Promotion International, 15(3), 259-267, 2018.

Özer, Z., Bahçecioğlu Turan, G., Öztürk, D. Hemodiyaliz Hastalarında Sağlıkta Kadercilik Anlayışı İle Hastalık Algısı Arasındaki İlişki: Karşılaştırmalı Bir Çalışma, Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi, 11(1), 10–17, 2022.

Qiu, Y., Fan, S., Fu, Q., Yang, M., Zhu, L. Fatalism As A Mediator Of The Association Between Family Resilience And Self-Management Among Patients With Chronic Wounds in China. Patient Preference and Adherence, 18**,** 53–67, 2024.

Rimal, R. N., Lapinski, M. K. A Re-explication of Social Norms, Ten Years Later, Communication Theory, 25(4), 393–409, 2015.

White, L. T., Blazek, D. R. Fatalism And External Locus Of Control Are Different Constructs. In A. Realo (Ed.), Allik on Allikas: Allik Is The Source Of Many Good Ideas. A Festschrift in Honor of Juri Allik (ss. 163–173), 2019.

YOĞUN BAKIMDA MIYOKARD ENFARKTÜSÜ SONRASI ANKSİYETE VE YÖNETİMİ

Hemşire FEHMİ DOĞAN
Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
fehmi.d.73@gmail.com - https://orcid.org/0009-0001-6077-8821

Prof. Dr. HAMDİYE ARDA SÜRÜCÜ
Dicle Üniversitesi Atatürk Sağlık Bilimleri Fakültesi
hamdiye.arda@dicle.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7052-1002

ÖZET

Miyokard enfarktüsü (MI) kalp kasına yeterince oksijen gidememesi nedeniyle oluşan,hayati risk oluşturan önemli bir kardiyak sağlık sorunudur. MI sonrası yoğun bakım süreci, hastalar için hem fiziksel hem de psikolojik zorlukları olan önemli bir dönemdir. Bu dönemde miyokard enfarktüsü geçiren hastalarda anksiyete, en önemli psikolojik rahatsızlıklardan biridir. Yoğun bakım ünitesinin ortaya çıkardığı stres, belirsizlik, yalnızlık, ölüm korkusu, fiziksel engellemeler, ağrı ve hastalığın yarattığı endişeler, anksiyetenin görülmesine neden olmaktadır. Anksiyetenin iyi bir biçimde yönetilmemesi, hastanın tedavi bakım sürecine uyumunu bozabilir, iyileşme sürecini kötü etkileyebilir ve yaşam kalitesini azaltabilir. Bu sürecin iyi yönetilmesinde hastalarla birebir ilişkisi olan hemşirelere önemli sorumluluklar düşmektedir. Bu bildiride MI sonrası anksiyetenin sebepleri, etkileri, anksiyetenin değerlendirilmesi, ve etkili yönetilmesi kapsamında bilgiler sunulacaktır. Ayrıca hemşirelik yaklaşımları ve Multidisipliner ekip çalışmasının önemi de ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: miyokard enfarktüsü, anksiyete, yoğun bakım, anksiyete yönetimi, hemşirelik bakımı

ABSTRACT

ANXIETY AND MANAGEMENT AFTER MYECARDIAL INFARCTION IN THE INTENSIVE CARE UNIT

Myocardial infarction (MI) is a significant cardiac health problem that occurs due to insufficient oxygen to the heart muscle and poses a life-threatening risk. The intensive care process after MI is an important period that has both physical and psychological difficulties for patients. During this period, anxiety is one of the most important psychological disorders in patients who have myocardial infarction. The stres, uncertainty, loneliness, fear of death, physical obstacles, pain and concerns caused by the disease caused by the intensive care unit cause anxiety. If anxiety is not managed well, it can disrupt the patient's compliance with the treatment and care process, negatively affect the recovery process and reduce the quality of life. Nurses who have

one-on-one relationships with patients have important responsibilities in managing this process well. In this report, information will be presented within the scope of the causes and effects of anxiety after MI, the evaluation of anxiety and its effective management. In addition, nursing approaches and the importance of multidisciplinary teamwork will be discussed.

Keywords: Myocardial infarction, anxiety, intensive care, anxiety management, nursing care

1. GİRİŞ

Yoğun Bakım Üniteleri

Yaşamsal tehlike taşıyan hastaların, hayati bulgularının sürekli olarak izlenip desteklendiği, ileri düzey teknolojik donanıma sahip, 24 saat kesintisiz bakım ve tedavi hizmeti sunulan özel sağlık alanlarıdır (Bodur & Aslan, 2022).

1.1. Akut Koroner Sendrom

Akut koroner sendrom (AKS), kardiyak troponin seviyelerinde ani artış gösteren veya göstermeyen, 12 derivasyonlu EKG'de değişikleri olan ya da olmayan ve klinik semptomlarda veya bulgularda son dönemlerde değişiklikler gösteren hastaları içeren geniş bir olay zincirini oluşturur. Şüpheli AKS semptomları ile başvuran kişiler, değerlendirme sürecinde akut miyokard enfarktüsü (AMI) ya da kararsız anjina tanısı alabilir. Miyokard enfarktüsü (MI) tanısı, kardiyak troponin değerindeki yükselme ve evrensel tanım doğrultusunda tespit edilir. Buna karşın, kararsız angina (UA), istirahat ya da minimal fiziksel aktivite esnasında meydana gelen miyokard iskemisi olarak tanımlanır ve akut kardiyak miyosit hasarı ya da nekrozunu oluşturmaz. UA, belirli klinik özelliklerle tanımlanır. Bu özellikler istirahat sırasında 20 dakikadan uzun süren angina, yeni meydana gelen şiddetli angina, sıklığı ve süresi artan angina ya da daha düşük eforla meydana gelen angina atakları ve yakın zamanda geçirilmiş bir MI sonrasında meydana gelen angina atakları yer almaktadır. AKS klinik olarak çeşitli belirti ve bulgularla kendini gösterebilir. Herhangi bir semptom göstermeyen hastalardan, devam eden göğüs ağrısı veya diğer kardiyak belirtilere sahip hastalara kadar farklılık gösterir. Daha ağır durumlarda, hastalarda kalp durması, elektriksel veya hemodinami bozukluk ya da kardiyojenik şok gibi ciddi komplikasyonlarla başvurabilirler. Akut miyokard enfarktüsü miyokarda kan akımının engellenmesine bağlı kardiyomiyosit nekrozu ile tanımlanan klinik durumdur (ESC, 2023).

1.2. Akut Koroner Sendromların Epidemiyolojisi

Kardiyovasküler hastalıkların (KVH) dünya sağlık üzerindeki etkisini anlamak önemlidir. KVH dünya genelinde en sık ölüm ve morbidite nedenlerinden biri olup, bu yükün büyük bir bölümünü düşük ve orta gelirli ülkeler oluşturmaktadır. AKS, sıklıkla KVH'nın ilk klinik semptomları ile meydana gelir. 2019 verilerine göre, Avrupa Kardiyoloji Derneği'ne (ESC) üye

57 ülkede yaklaşık 5.8 milyon yeni iskemik kalp hastalığı vakası bildirilmiştir. Nüfusun yaş yapısına göre standartlaştırılan insidans oranı 100000 kişi başına 293.3 kişi olarak belirtilmiş, bu oranın çeyrek dağılımı 195.8 ile 529.5 arasında değişmektedir. KVH ESC üyesi ülkelerde en sık ölüm nedenini oluşturur. En güncel verilere göre, KVH'ye bağlı olarak kadınlarda yaklaşık 2.2. milyon, erkeklerde ise yaklaşık 1.9 milyon ölüm gerçekleşmiştir. İskemik kalp hastalığı KVH'ye bağlı mortalitede en yaygın neden olarak görülmekte ve kadınlarda tüm KVH ölümlerinin yaklaşık %38'ini, erkeklerde ise %44'ünü meydana getirir (ESC, 2023).

1.2.1. Akut koroner sendrom Türkiye prevalansı

Türkiye'de dolaşım sistemi hastalıkları, 2009-2019 yılları arasında tüm ölüm nedenleri arasında ilk sırada yer almakta olup, 2019 yılında toplam ölümlerin %36,8'ini oluşturmuştur. Bu ölümlerin %39,1'i iskemik kalp hastalıklarından kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2019). 2011 Türkiye Kronik Hastalıklar ve Risk Faktörleri Sıklığı Çalışması'nda, koroner kalp hastalığı prevalansı erkeklerde %3,8, kadınlarda %2,3 olarak saptanmıştır. 2017 yılı verilerine göre ise Türkiye'de kalp krizi, anjina ya da inme geçirme sıklığı genel nüfusta %5,0 olarak bildirilmiş, yaşla birlikte bu oran 15-29 yaş grubunda %1,3 iken, 70 yaş ve üzerinde %18,8'e yükselmektedir (DSÖ, 2018). Bu veriler Türkiye'de akut koroner sendrom ve ilgili kardiyovasküler hastalıkların yaygınlığını ve yaşa bağlı artışını açıkça ortaya koymaktadır (Türkiye Sağlık Bakanlığı, 2021).

2. AMAÇ

Bu bildirinin amacı, miyokard enfarktüsü (MI) geçiren hastalarda anksiyete düzeylerini etkileyen faktörleri incelemek ve yoğun bakım sürecinde yaşanan psikososyal zorlanmaların hastaların uyku örüntüsü, yaşam kalitesi ve iyileşme süreci üzerindeki etkilerini literatür ışığında değerlendirmektir. Ayrıca, bu doğrultuda hemşirelik yaklaşımlarının ve psikososyal müdahalelerin anksiyete yönetimindeki rolünü ortaya koymak hedeflenmektedir.

1.3. Miyokard Enfarktüsünün Psikolojik Etkileri

Hastalık hangi nedenle olursa olsun kişiyi biyolojik, duygusal, ruhsal, sosyal ve psikolojik yönden etkileyen önemli bir olaydır. Hastalık çeşidi ve hastanede yatış süresi ve benzeri değişkenlerin yanı sıra bireyin yaşı, cinsiyeti, kişilik özellikleri, hayat tecrübesi, gerçekleşen duygusal tepkilerde çeşitlilik gösterse de hastanede en çok karşılaşılan problemler anksiyete ve depresyon olduğu çoğu zaman gösterilmiştir. Ağır ve tedavisi güç hastalıklarda bu yüzde belirgin olarak artmaktadır. Bu tür hastalıkları olan bireylerde anksiyete ve depresyon oluşumu, hastanın tedaviye uyumunu, yaşam konforunu, tedaviye verdiği tepkiyi, hastalığın ağırlaşmasını ve ölüm ve hastalık yüzdelerini olumsuz etkilemektedir. Özellikle depresyon ve anksiyete vb. psikolojik stres faktörleri, kalp hastalıklarının ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilir (Kutlu, Özberk et al., 2016). Miyokard enfarktüsü geçiren bireylerde, hastalığın neden olduğu hem fizyolojik etkiler hem de psikolojik zorlanmalar sonucunda belirgin bir yorgunluk hissi gelişebilmekte; bu durum hastaların artan dinlenme ve uyku ihtiyacı ile kendini

gösterebilmektedir (Tenekeci & Kara, 2016). Hastaların psikososyal alanda yaşadığı sorunlar; bilgi yetersizliği, hastane ortamına bağlı stres, ölüm korkusu, belirsizlik, kaygı, depresyon, umutsuzluk ve etkisiz baş etme stratejileri gibi etkenlerle birleştiğinde, bireylerin uyku düzenlerinde bozulmalara neden olabilmektedir (Karagözoğlu ve ark., 2007; Matsuda ve ark., 2017). Uyku, bireyin yalnızca fiziksel olarak dinlenmesini sağlamakla kalmaz; aynı zamanda ruhsal iyilik halinin yeniden tesis edilmesinde de önemli bir rol oynar. Uyku sırasında ortaya çıkan fizyolojik değişiklikler, özellikle kas gevşemesi, kalp atım hızında ve kan basıncında azalma gibi etkiler, miyokard enfarktüsü sonrası zorlanan kalbin toparlanmasına yardımcı olur. Ancak bireyde mevcut olan psikososyal stres faktörleri, kaygı düzeyi ve duygusal zorlanmalar, hem uyku düzeninde bozulmalara hem de yaşamsal bulgularda olumsuz değişimlere yol açarak hastanın genel sağlığını çok boyutlu şekilde etkileyebilmektedir (Trinder ve ark. 2012; Matsuda ve ark., 2017). Anksiyete ve uyku bozukluğu yaşayan hastalarda kalp hızında artış gözlemlenmiş; bununla birlikte stres seviyelerindeki yükselmenin anksiyeteyi artırdığı ve uyku kalitesini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Koklu et al., 2023).

1.4. Anksiyete

Kişinin karşılaştığı bir olayı tehdit edici olarak algılaması sonucu meydana gelen duygusal bir tepkidir. Kişi bir durumu tehlikeli olarak algıladığında, vücutta aşırı bir uyarılma meydana gelir. Bu algılamalar bilinçli veya bilinçdışı olarak gerçekleşebilir. Gerçek olayların yanı sıra zihinsel olarak canlandırılan uyaranlarda tehlike olarak değerlendirilebilir. Yoğun uyarılma, organizmanın savaş ya da kaç tepkisini tetikleyerek fiziksel semptomların görülmesine sebep olabilir. Bu çarpıntı, mide rahatsızlığı, nefes darlığı, ağız kuruluğu, titreme, göğüs ağrısı, uyuşma, sersemlik ve baş dönmesi gibi belirtilere neden olabilir. Seçici dikkatteki artış, bu semptomların daha fazla algılanmasına neden olabilir. Kişinin tehdit altında olduğu fikri yükseldikçe, fiziksel belirtiler daha da belirginleşir. Eğer bu semptomlar felç, boğulma, kalp krizi, ölüm veya akıl sağlığını yitirme gibi ciddi olaylarla ilişkilendirilirse, tehlike algısı artar ve belirtiler şiddetlenir (Topçuoğlu, 2022).

1.4.1. Anksiyete ve Kardiyovasküler Hastalıklar Arasındaki İlişki

Aşırı stresin, sempatik sinir sistemini uyarması ve koroner damarları daraltması yoluyla akut miyokard enfarktüsüne sebep olabileceği gösterilmiştir. Yoğun depresyon ve kalp hastalıklarının birlikte görülmesi sadece bir tesadüf değil, bu iki sağlık sorununun birbiri ile ilişkisinden kaynaklanıyor. Akut miyokard enfarktüsü sonrası anksiyete ve depresyon mortaliteyi artıran bağımsız bir risk faktörüdür (Kutlu, Özberk et al., 2016). Kardiyovasküler hastalıklarla yaşayan bireylerde gözlenen stres, anksiyete ve depresyon gibi psikolojik durumlar, kalbin oksijen ihtiyacını artırarak hemodinamik yüklenmeye sebep olabilmektedir. Bu artan oksijen talebinin karşılanamaması durumunda ise kardiyak fonksiyonlar daha da bozulmakta ve ölüm oranlarında artış riski ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu tür psikolojik

sorunlar, hastaneye tekrar yatışların sayısını artırarak iyileşme sürecini geciktirmekte ve sağlık hizmeti ihtiyacını daha karmaşık hâle getirmektedir (Çam & Nehir, 2011).

Yoğun stres durumlarında, kortizol ve adrenalin gibi stres hormonlarının salgılanmasında artış meydana gelmekte; bu durum kardiyak aktivitenin hızlanmasına, bronkodilatasyonun oluşmasına ve solunum hızının artmasına yol açmaktadır. Eğer stres faktörleri etkin biçimde yönetilmezse, bu fizyolojik tepkiler bağışıklık sisteminin zayıflamasına, dolaşım sisteminde işlev bozukluklarına ve bireyin psikososyal uyumunda bozulmalara neden olabilir. Sonuç olarak, bireyin yaşam kalitesi düşerken genel iyilik hâli azalmakta ve mortalite riski artabilmektedir (Dias, Resende, & Diniz, 2015; Burford, Webster, & Cruz-Topete, 2017).

1.4.2. Miyokard Enfarktüsü Geçiren Hastalarda Yoğun Bakımda Anksiyete Nedenleri

Kronik hastalıklar içinde önemli bir yere sahip olan kalp hastalıkları, ölümcül hadiselerin daha çok yaşanması ve erken mortalitenin sık görülmesi sebebiyle, hastalarda anksiyete ve depresyon gelişme sıklığını arttırmaktadır. Yoğun bakım biriminde takip edilen hastalar içerisinde miyokard enfarktüsü(MI), anjina pektoris, ritim bozukluğu ve kalp yetmezliği gibi nedenler en fazla tıbbi takibi gerektiren hastalıklar arasındadır. Yaşamın risk altında olması, hastanın alışık olmadığı bir yerde bulunması, hareket kısıtlılığı, yatağa bağımlı halde olma, uyku örüntüsündeki bozulmalar, aile üyeleri ve akrabaları ile iletişim kuramama, yoğun bakım cihazlarına bağlı olma, sık yapılan ağrılı tıbbi müdahaleler ve hastalık süreci ile ilgili bilgi eksikliği vb. nedenler psikolojik rahatsızlıkların oluşumuna neden olmaktadır (Kutlu, Özberk et al., 2016). Koroner yoğun bakım ünitelerindeki hastalar, diğer yoğun bakım hastalarına kıyasla genellikle tam bilinçlidir ve sedasyon uygulanma oranları daha düşüktür. Bu durum, onları çevresel faktörlere örneğin monitör sesleri, alarm uyarıları ve sürekli cihaz çalışmaları gibi daha duyarlı hale getirir. Bu yabancı çevreye karşı artan farkındalık, hastalarda kaygı düzeylerinin yükselmesine neden olabilir. Artan anksiyete ise, yoğun bakım ortamının getirdiği stres etkenleriyle birleştiğinde, hastaların sirkadiyen ritimlerini olumsuz etkileyerek uyku kalitelerinde ciddi bozulmalara yol açabilir (Pelin & Sert, 2025).

Akut Koroner Sendromlu Hastalarda Anksiyete ve Depresyonu Belirleyen Faktörler

Koroner yoğun bakım hastalarında kaygı düzeylerini etkileyen faktörleri inceleyen Yağlı ve arkadaşlarının (2015) çalışması, anksiyetenin hem psikolojik hem de klinik değişkenlerle güçlü biçimde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bulgulara göre, sürekli anksiyete düzeyi depresif belirtiler, düşük işlevsel kapasite (NYHA) ve bilişsel performansta gerileme ile anlamlı düzeyde ilişkilidir. Durumluk anksiyetenin ise sosyo-demografik unsurlar (düşük eğitim düzeyi), geçirilmiş girişimsel tedaviler (PTCA) ve solunum hızındaki artış gibi fizyolojik faktörlerle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler, sürekli anksiyete düzeyindeki değişimin yaklaşık %45'inin depresyon ve NYHA sınıflamasıyla açıklandığını; durumluk anksiyetede ise bu oranın %39 olduğunu göstermiştir. Çalışma sonuçları, yoğun bakım sürecinin bireyde yalnızca fizyolojik değil, aynı zamanda ciddi düzeyde psikolojik yük oluşturduğunu göstermekte; bu nedenle hastalarda kaygı düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi

ve bütüncül bakım yaklaşımlarına psikolojik destek uygulamalarının da entegre edilmesi gerektiğine işaret etmektedir (Yağlı, İnce, Sağlam, Kütükçü & Arıkan, 2015).

Miyokard enfarktüsü sonrası anksiyete: Psikolojik müdahalelerin sistematik bir incelemesi.

Ryan ve ark. (2022), miyokard enfarktüsü geçiren bireylerde uygulanan psikolojik müdahalelerin anksiyete üzerindeki etkilerini inceleyen bir sistematik derleme gerçekleştirmiştir. Müdahaleler arasında bilişsel davranışçı terapi (BDT), göz hareketleriyle duyarsızlaştırma ve yeniden işleme terapisi (*Eye Movement Desensitization and Reprocessing – EMDR*), farkındalık temelli yaklaşımlar, gevşeme teknikleri ve psikososyal destek programları yer almıştır. On çalışma, psikolojik müdahalelerin anksiyetede anlamlı azalma sağladığını bildirirken, bazı çalışmalarda etkiler sınırlı veya belirsiz bulunmuştur. Genel olarak, psikolojik müdahalelerin MI sonrası anksiyeteyi azaltmada etkili olabileceği görülmekle birlikte, hangi yaklaşımın en uygun olduğu konusunda daha güçlü kanıtlara ihtiyaç duyulmaktadır (Ryan, Creaven, Ní Néill & O'Súilleabháin, 2022).

1.4.3. YOĞUN BAKIMDA ANKSİYETE YÖNETİMİ

Yoğun bakım koşullarında hastaların biyolojik ritimleri; sık kesintiye uğrayan uyku, derin uyku evrelerinin yetersizliği ve uyku-uyanıklık döngüsündeki fizyolojik dengenin bozulması sonucunda belirgin biçimde zarar görmektedir (Boyko, Jennum & Toft, 2017). Yoğun bakım ortamında maruz kalınan yapay ışık, yüksek düzeydeki gürültü ve sıklıkla gerçekleştirilen hemşirelik uygulamaları, hastaların uyku bütünlüğünü ve süresini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Bihari et al., 2012). Yoğun bakım ortamında, sessiz zaman uygulamaları gibi yöntemlerin hastaların uyku kalitesini artırmada etkili olduğu; ayrıca gece bakım ve tedavi işlemlerinin mümkün olduğunca ertelenmesi gerektiği belirtilmiştir (Knauert ve ark., 2018). Yoğun bakımda tedavi gören hastalarda, göz maskesi ve kulak tıkacı kullanımı ile sessiz zaman uygulamalarının uyku kalitesini artırdığına dair bulgular mevcuttur (Fang ve ark., 2021). Anksiyetenin yol açtığı semptomların hafifletilmesi için, öncelikle anksiyete nedeninin tespit edilmesi ve bu nedene yönelik uygun müdahalelerin planlanıp uygulanması gereklidir. Anksiyete kaynağının doğru şekilde saptanması, hasta desteği ve etkili iletişim açısından büyük önem taşır (Şahin & Buzlu, 2016). Yoğun bakım ünitesinde yatan hastaların tedavi ve bakım süreçleri hakkında bilgilendirilmesi, güven oluşturmayı sağlayan iletişim becerilerinin geliştirilmesi ve hemşirelik yönetiminin etkinleştirilmesi önerilmektedir (Çam & Şahin, 2018). Miyokard enfarktüsü geçiren hastalarda anksiyeteyi azaltmaya yönelik başlıca dört müdahale türü bulunmaktadır: aromaterapi, masaj terapisi, hasta eğitimi ve müzik terapisi (Siwi & Hidayat, 2019). Miyokard enfarktüsünü takiben gelişen anksiyetenin etkili biçimde yönetilebilmesi, yalnızca hemşirelik uygulamalarıyla sınırlı kalmamalı; çok disiplinli bir sağlık ekibinin iş birliğiyle planlanmalıdır. Kardiyoloji uzmanları, psikologlar, fizyoterapistler ve diyetisyenlerin aktif katılım gösterdiği bütüncül bakım yaklaşımları, hastanın hem psikolojik

durumunu hem de hastalığa bağlı genel yükünü azaltmada önemli rol oynamaktadır (Boyko, Jennum & Toft, 2017).

Yetişkin yoğun bakım ünitesi hastalarında anksiyeteye yönelik farmakolojik olmayan müdahalelerin karşılaştırmalı etkinliği: Sistematik bir inceleme ve ağ meta-analizi

Yoğun bakım hastalarında anksiyete düzeyini azaltmaya yönelik farmakolojik olmayan yaklaşımlar, son dönemde kanıta dayalı bakım uygulamalarında ön plana çıkmaktadır. Ma ve arkadaşlarının (2024) sistematik derleme ve ağ meta-analizine dayanan çalışmasında, erişkin yoğun bakım hastalarında kullanılan çeşitli müdahaleler (örneğin müzik terapisi, aromaterapi, rehberli gevşeme, sanal gerçeklik ve bilişsel teknikler) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma bulguları, özellikle **müzik terapisi ve aromaterapinin birlikte uygulanmasının** anksiyete düzeyinde belirgin azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca sanal gerçeklik ve gevşeme egzersizleri de faydalı bulunmuş, bu müdahalelerin hasta memnuniyeti ve psikolojik iyileşme süreci üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yoğun bakım ortamında invaziv olmayan bu tür yaklaşımların hastaya yönelik insancıl bakımın güçlendirilmesinde etkili araçlar olduğunu ortaya koymaktadır (Ma et al., 2024).

3. SONUÇ

Miyokard enfarktüsü sonrası hastalarda sık görülen anksiyete, yalnızca psikolojik iyilik halini değil aynı zamanda kardiyovasküler stabiliteyi de olumsuz yönde etkileyen önemli bir risk faktörüdür. Yoğun bakım sürecinde hastaların karşılaştığı stres, belirsizlik, ölüm korkusu ve bilgi eksikliği gibi unsurlar, anksiyeteyi artırarak uyku kalitesini bozmakta ve iyileşme sürecini uzatmaktadır. Literatür taramasına göre, bilişsel davranışçı terapi, mindfulness temelli yaklaşımlar, hemşirelik danışmanlığı ve hasta eğitimi gibi psikososyal müdahaleler anksiyete düzeylerinde anlamlı düşüş sağlamaktadır. Bu doğrultuda, multidisipliner bir yaklaşımla yapılandırılan bireyselleştirilmiş hemşirelik girişimleri, MI sonrası anksiyete yönetiminde etkin rol oynamakta ve hastaların yaşam kalitesini yükseltmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bodur, İ., & Aslan, Ö. (2022). Koroner yoğun bakım ünitesinde yatan hastaların algıladıkları çevresel stresörlerin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi, 5(3), 298-305.
2. Robert A Byrne, Xavier Rossello, JJ Coughlan, Emanuele Barbato, Colin Berry, Alaide Chieffo, Marc J Claeys, Gheorghe-Andrei Dan, Marc R Dweck, Mary Galbraith, Martine Gilard, Lynne Hinterbuchner, Ewa A Jankowska, Peter Jüni, Takeshi Kimura, Vijay Kunadian, Margret Leosdottir, Roberto Lorusso, Roberto FE Pedretti, Angelos G

Rigopoulos, Maria Rubini Gimenez, Holger Thiele, Pascal Vranckx, Sven Wassmann, Nanette Kass Wenger, Borja Ibanez, ESC Bilimsel Belge Grubu, 2023 Akut koroner sendromların yönetimi için ESC Kılavuzları: Avrupa Kardiyoloji Derneği'nin (ESC) akut koroner sendromların yönetimi görev gücü tarafından geliştirilmiştir, *Avrupa Kalp Dergisi* , Cilt 44, Sayı 38, 7 Ekim 2023, Sayfalar 3720–3826, https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad191

3. Türkiye Sağlık Bakanlığı. (2021). *Türkiye Kalp ve Damar Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı (2021-2026)*. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kronik-hastaliklar-ve-yasli-sagligi-db/Dokumanlar/Kitaplar/KalpDamarEylemPlani_2021-2026.pdf Erişim tarihi: 18.06.2025
4. Kutlu, R., Demirbaş, N., Gök, H., & Işıklar Özberk, D. (2016). Kardiyoloji yoğun bakım ünitesinde yatan hastalarda anksiyete ve depresyon sıklığı ve etki eden faktörler.
5. Tenekeci, E. G., & Kara, B. (2016). Miyokart infarktüsü geçiren bireylerde uyku kalitesi ve yorgunluk arasındaki ilişki. *Gülhane Tip Dergisi*, *58*(4), 366.
6. Karagözoğlu, Ş., Çabuk, S., Tahta, Y., & Temel, F. (2007). Hastanede yatan yetişkin hastaların uykusunu etkileyen bazı faktörler. *Toraks Dergisi*, *8*(4), 234-240
7. Matsuda, R., Kohno, T., Kohsaka, S., Fukuoka, R., Maekawa, Y., Sano, M., ... & Fukuda, K. (2017). The prevalence of poor sleep quality and its association with depression and anxiety scores in patients admitted for cardiovascular disease: a cross-sectional designed study. *International journal of cardiology*, *228*, 977-982.
8. Trinder J, Waloszek J, Woods MJ, Jordan AS. 2012. Sleep and cardiovascular regulation. Pflugers Arch, 463(1): 161-168. DOI: 10.1007/s00424-011-1041-3.
9. Koklu, M., Yagci, A. F., Coskun, P. M., Taskan, H., Yasar, S., Gormel, S., ... & Celik, M. (2023). The effect of sleep quality and anxiety level on blood pressure variability. *Sleep and Vigilance*, *7*(1), 23-31.
10. Topçuoğlu, V. (2022). ANKSİYETE BOZUKLUKLARI. Istanbul Kent University Journal of Health Sciences, 1(1), 38-40.
11. Çam, O., & Nehir, S. (2011). MİYOKARD İNFARKTÜSÜ GEÇİRMİŞ HASTALARIN PSİKOSOSYAL UYUMLARI İLE DEPRESYON VE ANKSİYETE DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, *27*(2), 47-59.
12. Dias, D. D. S., Resende, M. V., & Diniz, G. D. C. L. M. (2015). Estrese do paciente na terapia intensiva: comparação entre unidade coronariana e pós-operatória geral. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 27(1), 18-25.
13. Burford, N. G., Webster, N. A., & Cruz-Topete, D. (2017). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis modulation of glucocorticoids in the cardiovascular system. *International journal of molecular sciences*, *18*(10), 2150.
14. Pelin, M., & Sert, H. (2025). The effect of nursing care provided to coronary intensive care patients according to their circadian rhythms on sleep quality, pain, anxiety, and delirium: A randomised controlled trial. *BMC Nursing*, *24*(1), 143. https://doi.org/10.1186/s12912-025-02793-8

15. Yağlı, N. V., İnce, D. İ., Sağlam, M., Kütükçü, E. Ç., & Arıkan, H. (2015). Akut koroner sendromlu hastalarda anksiyete ve depresyonu belirleyen faktörler. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, *26*(1), 40-46.
16. Ryan, E. M., Creaven, A. M., Ní Néill, E., & O'Súilleabháin, P. S. (2022). Anxiety following myocardial infarction: A systematic review of psychological interventions. *Health Psychology*, *41*(9), 599.
17. Boyko, Y., Jennum, P., & Toft, P. (2017). Sleep quality and circadian rhythm disruption in the intensive care unit: A review. *Nature and Science of Sleep*, *9*, 277–284.
18. Bihari, S., McEvoy, R. D., Matheson, E., Kim, S., Woodman, R. J., & Bersten, A. D. (2012). Factors affecting sleep quality of patients in intensive care unit. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *8*(3), 301–307. https://doi.org/10.5664/jcsm.1920
19. Knauert, M. P., Redeker, N. S., Yaggi, H. K., ve diğerleri. (2018). Öğle uykusu zamanı oluşturma: bir gecelik, farmakolojik olmayan yoğun bakım ünitesi uyku teşvik protokolü. *Journal of Patient Experience*, 5(3), 180–187.
20. Fang, C. S., Wang, H. H., Wang, R. H., ve diğerleri. (2021). Kulak tıkacı ve göz maskelerinin yoğun bakım ünitesi hastalarının uyku kalitesi üzerindeki etkisi: sistematik bir inceleme ve meta-analiz. *Journal of Advanced Nursing*, *77*(11), 4321–4331. https://doi.org/10.1111/jan.14999
21. Şahin, G., & Buzlu, S. (2016). Yoğun bakım ünitelerinde anksiyeteye yönelik hemşirelik bakımı. *Yoğun bakım hemşireliği dergisi*, *20*(1), 65-69.
22. Çam, R., & Şahin, B. (2018). Yoğun bakım ünitelerinde yatan hastaların deneyimleri ve anksiyete-depresyon durumları. *Hemşirelik Bilimi Dergisi*, *1*(1), 10–14.
23. Siwi, A. S., & Hidayat, A. I. (2019). Anxiety managements in patients with myocardial infarction: A literature review. *MEDISAINS: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Kesehatan*, *17*(1), 16–19.
24. Boyko, Y., Jennum, P., & Toft, P. (2017). Sleep quality and circadian rhythm disruption in the intensive care unit: a review. *Nature and science of sleep*, 277-284.
25. Ma, Y., Yang, X., Wang, C., Li, Y., Zhang, Y., Wang, L., Hu, R., & Li, X. (2024). Comparative efficacy of non-pharmacological interventions for anxiety in adult intensive care unit patients: A systematic review and network meta-analysis. *Nursing in Critical Care*, 29(6), 1334–1345. https://doi.org/10.1111/nicc.13156

YAŞLILARDA UYUM GÜÇLÜLÜĞÜNÜN YORDAYICISI OLARAK MORAL DÜZEYİ

Dilara YAĞMURKAYA BALCANCI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

dilarayagmurkaya@gmail.com- 0009-0006-2278-053X

Doc.Dr. Oya Sevcan ORAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

oysev@hotmail.com- 0000-0002-7499-5077

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı yaşlılarda uyum güçlüğünün yordayıcısı olarak moral düzeyini incelemektir.

Yöntem: Tanımlayıcı ve ilişki arayıcı tasarımda olan bu araştırma, Samsun ilinde yaşamakta olan yaşlı bireyler ile kar topu örneklem yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Araştırmanın verileri 15.12.2023-30.04.2024 tarihleri arasında araştırmaya katılmayı kabul eden, iletişim kurmakta engel oluşturacak işitme ve konuşma problemi olmayan, soruları anlamasına ve cevap vermesine engel oluşturacak bilişsel fonksiyon sorunu olmayan 65 yaş üzeri yaşlı bireylerle, yüz yüze konuşma yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Araştırmaya başlamadan önce gerekli etik kurul izni alınmıştır. Araştırmada veri toplama formu olarak Yaşlı Tanıyıcı Bilgi Formu, Philadelphia Geriatrik Merkezi Moral Ölçeği (PGMMÖ) ve Yaşlılarda Uyum Güçlüğünü Değerlendirme Ölçeği (YUGDÖ) kullanılmıştır. Araştırmada tüm hesaplamalarda ve yorumlamalarda istatistik anlamlılık düzeyi "$p<0,05$, $p<0,01$, $p<0,001$" olarak dikkate alınmış ve hipotezler çift yönlü olarak kurulmuştur. Verilerin istatistiksel analizi "SPSS v27 (IBM Inc., Chicago, IL, USA)" paket programında yapılmıştır.

Bulgular: Araştırmaya katılan yaşlıların yaş ortalamalarının $73,38\pm6,93$ olduğu, %80,8'inin evli olduğu, %58,5'inin eş, çocuk ve/veya çocuklarıyla birlikte yaşadığı bulunmuştur. Araştırmaya katılan yaşlıların %55,4'ünün tanı alınan fiziksel sağlık sorunu yaşadığı, %13,8'inin tanı alınan ruhsal sağlık sorunu olduğu, %96,9'unun birinci derece yakınlarından kayıp yaşadığı bulunmuştur. Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanları ile YUGDÖ toplam puanları arasında negatif yönde yüksek bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). PGMMÖ'nün "Ajitasyon" alt faktör puanlarının YUGDÖ'nün "YUGDÖ Toplam" puanları üzerinde ($\beta=-0,138$; $t=-4,288$; $p<0,001$) istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu bulunmuştur.

Sonuç: Yaşlı bireylerin moral düzeylerinin yaşlılarda uyum güçlüğü ile ilişkili olduğu; ajitasyonun uyum güçlüğü yaşama durumunu etkileyerek arttırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yaşlılık, Yaşlılıkta Uyum Güçlüğü, Moral Düzeyi

MORALE LEVEL AS A PREDICTOR OF ADJUSTMENT DIFFICULTIES IN THE ELDERLY

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to examine morale level as a predictor of adaptation difficulties in the elderly.

Method: This descriptive and correlational study was conducted using the snowball sampling method with elderly individuals living in Samsun. The data of the study were collected between 15.12.2023 and 30.04.2024 using the face-to-face interview method with elderly individuals over the age of 65 who agreed to participate in the study, who did not have any hearing or speech problems that would prevent them from communicating, and who did not have any cognitive function problems that would prevent them from understanding and answering questions. The necessary ethics committee permission was obtained before starting the study. The Elderly Identifier Information Form, the Philadelphia Geriatric Center Morale Scale (PGMMÖ) and the Scale for Assessing Adaptation Difficulties in the Elderly (YUGDÖ) were used as data collection forms in the study. In all calculations and interpretations in the study, the statistical significance level was considered as "$p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$" and the hypotheses were established bidirectionally. The statistical analysis of the data was performed in the "SPSS v27 (IBM Inc., Chicago, IL, USA)" package program.

Findings: The average age of the elderly participants in the study was found to be 73.38±6.93, 80.8% were married, and 58.5% lived with their spouse, child and/or children. It was found that 55.4% of the elderly participants in the study had a diagnosed physical health problem, 13.8% had a diagnosed mental health problem, and 96.9% had lost a first-degree relative. It was determined that there was a high negative correlation between the PGMÖ sub-factor and total scores of the elderly participants in the study and the YUGDS total scores ($p<0.001$). It was found that the "Agitation" sub-factor scores of the PGMÖ had a statistically significant effect on the "YUGDS Total" scores of the YUGDS ($\beta=-0.138$; $t=-4.288$; $p<0.001$).

Conclusion: It has been determined that the morale levels of elderly individuals are related to adaptation difficulties in the elderly; agitation affects and increases the situation of experiencing adaptation difficulties.

Keywords: Old Age, Adaptation Difficulty in Old Age, Morale Level

1.GİRİŞ

Yaşlılık dönemi insan evrelerinin en son basamağı olarak kabul edilen ve kaçınılması mümkün olmayan bir dönemdir (Kurt, 2008). Yaşlı bireyler yaşlılık döneminde birçok anlamda değişiklikler yaşamaktadır. Bu dönemde birey, yaşamış olduğu çevre, sosyal yaşantı, ekonomik durum vb. değişikliklerin yanı sıra kişinin kendi bedeninde bilişsel anlamda eskiye oranla gerileme, algılama sorunları, fiziksel olarak eskiye nazaran fonksiyonel kısıtlılık nedeniyle günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirmede zorluklar, çeşitli kronik hastalıkların ortaya çıkması, kronik hastalıklarla yaşanılan güçlükler ve beraberinde ilerleyen yaşla birlikte kişinin yaşamın sonuna yaklaştığını düşünmesi gibi birden fazla değişiklikler yaşanması olasıdır (Demir, 2017). Yaşlı birey yaşlılık dönemini yaşanılan bu değişikliklere rağmen sağlıklı bir şekilde geçirebilmesi için uyum sağlamak zorundadır. Uyum, bireyin iç ve dış çevresinden kaynaklanan değişikliklere karşı göstermiş olduğu tutum ve davranışları sergileme yeteneğidir (Aslan ve ark. 2021). Yapılan çalışmalarda yaşlılık evresindeki iyilik halinin ancak yaşlılığa uyumla mümkün olabileceğini göstermektedir (Faber ve ark. 2001). Yaşlı birey yaşadığı değişikliklere karşı ancak uyum sağladığı takdirde yaşadığı hayattan en üst düzey verimi alıp mutlu olabilir. Yine yaşlılıkla beraber kişinin yaşamış olduğu en büyük değişiklerden bir diğeri aktif olarak çalıştığı işinden ayrılması dolayısıyla üretkenliğin azalması, emeklilik durumu, emeklilikle beraber sosyal yaşantı ve çevresinde yaşanılan azalmalar, varsa çocukların evlilik, okul vb. nedenlerle evden ayrılışı, eş, çocuk, akraba vb. yakınlarının kayıpları gibi olumsuz deneyimler kişinin yaşlılığa uyumunu da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Yılmaz, 2020). Flood'a göre, bireyler yıllar geçtikçe ortaya çıkan fizyolojik ve işlevsel değişikliklere uyum sağlayamazlarsa, sorunlu sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bireyler başa çıkma mekanizmaları geliştirir ve bunları sık sık kullanmayı başarırlarsa, başa çıkma mekanizmaları geliştiremeyen veya bunları sık kullanamayan diğerlerine göre daha yüksek bir uyum düzeyi kazanırlar' görüşündedir (Şişman ve Kutlu, 2011). Yaşlılık sürecinde yaşlılığa uyumun değerlendirildiği bir çalışmada, yaşlı bireylerin %81'inin yaşlılıkta görülen değişimlere uyum sağladığı bildirilmektedir (Jeste, Depp, Vahia, 2010). Aynı çalışmada yaşlılığa uyumun yaş, bilişsel, fiziksel ve ruhsal sağlık ile ilişkili olduğu da bildirilmiştir (Jeste, Depp, Vahia, 2010). Yani uyum kavramını bireyin yaşadığı tüm değişiklikleri kabul edip bu değişikliklere uygun yanıt oluşturabilmesi durumu olarak özetleyebiliriz (Yılmaz, 2020). Uygun yanıt oluşturabilmesini etkileyen bir diğer kavram ise kişinin bu değişiklikler karşısındaki moral düzeyidir. Moral, kişinin kendisiyle ilgili temel bir memnuniyet duygusu, çevrede kendine yer olduğu hissi olarak tanımlanabilir (Leon ve ark., 2010). Moral düzeyi özellikle yaşlılık dönemine uyumda bir diğer belirleyici unsurdur. Yapılan araştırmaları incelediğimizde moral düzeyi kişinin fiziksel sağlığından, yaşamış olduğu kronik hastalıklardan çok, yaşlı bireyin aile, sosyal ortam, eş vb. çevresinde bulunduğu konum, bir grup ve zümreye aitlik hissiyatı kişide ruhsal doyuma sebebiyet verdiğini, kişinin sosyal anlamda gereksinimlerinin karşılanmış olması moral düzeyini olumlu yönde etkilediği görülmüştür (Karakaş ve Durmaz,2017). Çünkü moral düzeyi bireyin kendisiyle alakalı memnuniyet duygusunu, kendi kontrolünde olmadan kendisinde ve çevresinde yaşamış olduğu değişimlere çabuk adaptasyonunu sağlayan yaşam kalitesi ve dolayısıyla uyumu etkileyen önemli bir unsundur. Bir başka çalışmaya göre moral düzeyinin yüksekliğinin ölümle ilişkili olduğunu, kişinin yaşlılık döneminde moral düzeyi düşük olması ölüm riskinin arttırdığını, kişinin kronik hastalıkları, kullandığı ilaçlara rağmen moral düzeyi

yüksekse ölüm riskinin yine de düşük olabildiğini göstermektedir (Leon ve ark.,2010). İspanya'da gerçekleştirilen bir araştırmada, düşük moral seviyesinin ölüm oranlarının bağımsız bir göstergesi olduğu tespit edilmiştir (Leon ve ark.,2010). Yine İsviçre'de 85 yaşın üzerindeki bireyler üzerinde yapılan incelemede, yüksek moral düzeyinin depresyon belirtilerinin yokluğu, sosyal aktivitelere katılım, yalnızlık hissinin olmaması ve sağlığın olumlu değerlendirilmesiyle ilişkili olduğu saptanmıştır (Wagert ve ark.,2005). Tüm bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere yaşlı bireylerin yaşlılık sürecine uyumunda moral düzeyinin önemi büyüktür. Moral, bir bireyin fiziksel ve ruhsal sağlığının kalitesine ilişkin algısını yansıtır (Leon ve ark.,2010). Düşük morali tespit etmek ve iyileştirmek, toplumda yaşayan yaşlı bireylerin psikolojik iyilik halini iyileştirebilir (Leon ve ark.,2010). Psikolojik iyilik hali bireyin yaşlılık dönemine uyumunu olumsuz yönde etkileyerek sorunlar yaşamasına neden olabilir (Aşiret ve Yiğit, 2018). Bu nedenle yapılan bu çalışmada yaşlıların yaşlılık dönemindeki moral düzeylerinin tespit edilip, uyum güçlülüğü üzerine etkisi ve arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Araştırmanın Tipi

Tanımlayıcı, ilişki arayan bir araştırmadır.

2.2.Evren ve Örneklem

Araştırma Samsun ilinde yaşamakta olan yaşlı bireylerle yapılmıştır. Kar topu araştırma yöntemi kullanılarak veriler toplanmıştır. Araştırmanın örneklemi belirlenirken Power analizi yapılmış olan analiz sonucuna göre en az 126 yaşlı bireyle çalışılmasını gerektiği sonucu elde edilmiş, çalışma toplam 130 yaşlı bireyle tamamlanmıştır. Veriler 15.12.2023-30.04.2024 tarihleri arasında Samsun ilinde yaşayan, iletişim kurmakta engel oluşturacak düzeyde herhangi bir işitme ve konuşma problemi olmayan, soruları anlamasına ve cevap vermesine engel oluşturacak bilişsel fonksiyon sorunu olmayan yaşlı bireylerden, gönüllülük esasına uygun olarak toplanmıştır.

2.3.Veri Toplama Araçları

Araştırmada veriler "Yaşlı Tanıyıcı Bilgi Formu", "Philadelphia Geriatri Merkezi Moral Ölçeği" ve "Yaşlılarda Uyum Güçlüğünü Değerlendirme Ölçeği (YUDGÖ)" kullanılarak toplanmıştır.

2.3.1. Yaşlı Tanıyıcı Bilgi Formu: Yaşlı bireyle ilgili tanıtıcı özellikleri belirlemek için araştırmacılar tarafından literatür doğrultusunda (Proietti, 2014; Efklides ve ark., 2003; Näsman ve ark., 2020; Ouwehand ve ark., 2007; Aşiret ve Yiğit, 2018) oluşturulan bu form yaşı bireye yönelik yaş, cinsiyet, medeni durum, çocuk sayısı, öğrenim durumu, çalışma durumu, meslek, gelir durumu, yaşadığı yer, kiminle yaşadığı, tanı almış fiziksel ya da ruhsal sağlık sorunu alıp almadığı, birinci derece yakınlarından herhangi bir kayıp yaşayıp yaşamadığı, düzenli olarak yapmış olduğu fiziksel bir aktivitesi olup olmadığı gibi soruları içermektedir.

2.3.2. Philadelphia Geriatrik Merkezi Moral Ölçeği (PGMMÖ): 65 yaş üstü olan kurumlarda ya da toplumda yaşamını idame ettiren yaşlı bireylerin moral, yaşam kalitesi,

psikolojik iyilik halleri gibi durumları ölçmek amaçlı tasarlanmış ve aktif olarak kullanılan bir ölçektir. Bu ölçek toplam 17 soru olup kendi içerisinde "Ajitasyon", "Kişinin kendi yaşlılığına yönelik tutumu" ve "Yalnızlıktan memnuniyetsizlik" olmak üzere 3 başlık altında ayrılmaktadır. "Ajitasyon" başlığı altında kişinin yaşadığı kaygı durumunu ifade etmesini sağlayacak 6 soru; "Kişinin kendi yaşlılığına yönelik tutumu" başlığı altında yaşlı bireyin hayatında yaşadığı değişimleri ve bu değişimleri algılayış/kavrayış biçimini değerlendirmek adına 5 soru, "Yalnızlıktan memnuniyetsizlik" başlığı altında ise bireyin gerçekleştirdiği sosyal etkileşimler, yaşadığı hayatı kabulü, memnun olduğu ya da olmadığı durumlara ilişkin 6 soru bulunmaktadır. Sorulan soruların her biri 0 ya da 1 puanla puanlandırılmaktadır. 0 puan alan her cevap kişinin moral düzeyinin düşüklüğünü, kişiden cevap alınamadığını gösterirken, 1 puan alınan sorular ise kişinin moral düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu açıdan puanın yükselmesi ajitasyon ve yalnızlıktan memnuniyetsizlik düzeylerinin düşük olduğunu gösterirken, kişinin kendi yaşlılığına yönelik tutumunun olumlu olduğu anlamına gelmektedir. Soruların bitiminde puanlar toplamı 13-17 arası yüksek, 10-12 arası orta aralık ve 9 puan altında ise düşük olarak kategorize edilmiştir (Pınar ve Öz, 2011).

2.3.3. Yaşlılarda Uyum Güçlüğünü Değerlendirme Ölçeği (YUDGÖ): Bu ölçek 24 adet sorudan oluşmakta olup, ölçeğin dört alt boyutu bulunmaktadır: "Rol ve Kendini Gerçekleştirme Biçimi" alt boyutu 1, 5, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 24. soruları içerir. Bu başlıktaki sorular ile yaşlı bireyin yaşlanmaya bağlı olarak oluşan yeni rolüne olan uyumunu değerlendirmektedir. "Karşılıklı bağlanma" alt boyutu 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. soruları içerir. Bu başlık altındaki sorularla yaşlı bireyin sosyal ilişkilerinin yaşlılığa uyum sürecine etkileri değerlendirilmektedir. "Fizyolojik durum" alt boyutu 2, 4, 10, 11. soruları içerir. Bu başlık altındaki sorularla bireyin yaşlılığa uyumunu etkileyen durumlara karşı bedensel davranışları değerlendirilir. "Benlik Tarzı" alt boyutu 3, 6, 7, 8. soruları içermektedir. Bu başlık altında toplanan sorularda ise yaşlı bireyin kişisel düşüncelerini yansıtan duygu, algı ve davranışlarının yaşlılığa uyum düzeyine etkisini değerlendirmektedir. Ölçeğin değerlendirmesi 0 ila 3 puan aralığındadır. 0 puan 'en düşük' puanı ifade ederken 3 puan 'en yüksek' puanı ifade etmektedir. Ölçekten alınan puan 0'a yaklaştıkça uyum düzeyi yükselir. Uyum düzeyi yüksek çıkan yaşlının yaşlılık sürecine uyum güçlüğü yaşamadığı düşünülmektedir (Şişman ve Kutlu, 2016).

2.4. Verilerin Analizi

Verinin istatistiksel analizi SPSS v26 (IBM Inc., Chicago, IL, USA) istatistik paket programında yapılmıştır. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler, korelasyon analizi, değişkenler arası etkinin test edilmesinde "Regresyon Analizi" kullanılmıştır. Çalışılan ölçeklerin güvenirlik düzeyinin belirlenmesi amacıyla "Cronbach's Alpha Katsayısı" hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalarda ve yorumlamalarda istatistik anlamlılık düzeyi "$p<0,05$, $p<0,01$, $p<0,001$" olarak dikkate alınmıştır.

2.5. Araştırmanın Etik Yönü

Etik kuruldan (Etik kurul karar no: 2023-1003) yazılı onay alınmıştır. Katılımcıların ise sözel onamları alınarak çalışma yürütülmüştür.

3.BULGULAR

Araştırmaya dahil edilen yaşlı bireylerden elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur. Araştırmaya katılan yaşlıların demografik bulgularının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Yaşlıların demografik bulgularının tanımlayıcı istatistikleri (n=130)

	n	**%**
Yaş (yıl) ($\bar{X} \pm SS$)	73,38±6,93	
Medeni Durum		
Evli	105	80,8
Bekar	25	19,2
Çocuk Sayısı ($\bar{X} \pm SS$)	3,45±1,88	
Öğrenim Durumu		
İlkokul-Ortaokul	51	39,2
Lise	44	33,8
Üniversite	7	5,4
Öğrenimi tanımlamamış/Yok	28	21,5
Çalışma Durumu		
Çalışıyor	24	18,5
Çalışmıyor	106	81,5
Gelir Durumu		
Gelirim Giderimden Az	41	31,5
Gelirim Giderme Eşit	71	54,6
Gelirim Giderimden Fazla	18	13,8
Yaşadığı Yer Durumu		
İl	48	36,9
İlçe	51	39,2
Köy	31	23,8
Yaşadığı Kişi Durumu		
Yalnız	18	13,8
Eş ve/veya Çocuklarla	76	58,5
Çocuklarının Yanında	33	25,4
Diğer	3	2,3
Toplam	**130**	**100**

Araştırmaya katılan yaşlıların yaş ortalamalarının 73,38±6,93, %80,8'inin evli olduğu, çocuk sayısı ortalamalarının 3,45±1,88, %39,2'sinin ilkokul-ortaokul düzeyinde eğitime sahip olduğu, %81,5'inin

çalışmadığı, %54,6'sının gelirinin giderine eşit olduğu, %39,2'sinin ilçede yaşadığı ve %58,5'inin eş ve/veya çocuklarıyla birlikte yaşadığı bulunmuştur (Tablo 3.1).
Araştırmaya katılan sağlık durumlarına ilişkin tanıtıcı özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Yaşlıların sağlık durumlarına yönelik tanımlayıcı istatistikleri (n=130)

Tanı Alınan Fiziksel Sağlık Sorunu Yaşama Durumu	**n**	**%**
Evet	72	55,4
Hayır	58	44,6
Tanı Alınan Ruhsal Sağlık Sorunu Yaşama Durumu		
Evet	18	13,8
Hayır	112	86,2
Birinci Derece Yakınlarda Kayıp Yaşama Durumu		
Evet	126	96,9
Hayır	4	3,1
Düzenli Olarak Keyif Verici Aktivitelere Katılma Durumu		
Evet	78	60,0
Hayır	52	40,0
Toplam	**130**	**100,0**

Araştırmaya katılan yaşlıların %55,4'ünün tanı alınan fiziksel sağlık sorunu yaşadığı, %86,2'sinin tanı alınan ruhsal sağlık sorunu olmadığı, %96,9'unun birinci derece yakınlarında kayıp yaşadığı ve %60'ının düzenli olarak keyif verici aktivitelere katıldığı bulunmuştur (Tablo 3.2).
Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanlarının ve YUGDÖ toplam puanlarının ortalamalarına ilişkin özet istatistikleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanlarının ve YUGDÖ toplam puanlarının özet istatistikleri

	Medyan (min-max)	$\bar{X} \pm SS$
Ajitasyon	3 (0-6)	2,97±2,35
Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu	1 (0-5)	1,60±1,53
Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik	4 (0-6)	3,58±1,97
PGMMÖ Toplam	7,5 (0-17)	8,15±5,37
YUGDÖ Toplam	0,5 (0-2,7)	0,72±0,67

Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanlarının özet istatistikleri incelendiğinde, "Ajitasyon" alt faktör puanlarının 0-6 arasında değiştiği ve ortalamalarının 2,97±2,35 olduğu, "Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu" alt faktör puanlarının 0-5 arasında değiştiği ve ortalamalarının 1,60±1,53 olduğu, "Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik" alt faktör puanlarının 0-6 arasında değiştiği ve ortalamalarının 3,58±1,97 olduğu ve "PGMMÖ Toplam" puanlarının 0-17 arasında değiştiği ve ortalamalarının 8,15±5,37 olduğu bulunmuştur. Ayrıca yaşlıların "YUGDÖ Toplam" puanlarının 0-2,7 arasında değiştiği ve ortalamalarının 0,72±0,67 olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanları ile YUGDÖ toplam puanları arasındaki ilişki incelenmiş ve sonuçlar Tablo3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Yaşlıların PGMMÖ alt faktör ve toplam puanları ile YUGDÖ toplam puanları arasındaki ilişki

		Ajitasyon	Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu	Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik	PGMMÖ Toplam
YUGDÖ Toplam	**s**	-0,747	-0,706	-0,638	-0,755
	p	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***

s: Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı

***p<0,001

Araştırmaya katılan yaşlıların "PGMMÖ Toplam" puanları ile "YUGDÖ Toplam" puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde yüksek korelasyon olduğu bulunmuştur (s=-0,755; p<0,001). Buna göre "PGMMÖ Toplam" puanları arttıkça "YUGDÖ Toplam" puanlarında %75,5'lik azalma olduğu bulunmuştur (Tablo 3.4).

PGMMÖ'nün "Ajitasyon" (s=-0,747; p<0,001), "Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu" (s=-0,706; p<0,001), "Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik" (s=-0,638; p<0,001) alt boyut puanları ile "YUGDÖ Toplam" puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönde yüksek korelasyon olduğu bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yaşlıların PGMMÖ'nün "Ajitasyon" puanları arttıkça "YUGDÖ Toplam" puanlarında %74,7'lik azalma olduğu, "Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu" puanları arttıkça "YUGDÖ Toplam" puanlarında %70,6'lık azalma olduğu, "Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik" puanları arttıkça "YUGDÖ Toplam" puanlarında %63,8'lik azalma olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ alt faktör puanlarının YUGDÖ toplam puanları üzerine etkisi incelenmiş ve sonuçlar Tablo 3.5.'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Yaşlıların PGMMÖ alt faktör puanlarının YUGDÖ toplam puanları üzerine etkisi

Model		**Standardize Edilmemiş Katsayıları**		**t**	**p**	**%95 β için Güven Aralığı**	
		β	**SH**			**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
YUGDÖ Toplam	(Sabit)	1,415	0,089	**15,827**	**<0,001*** **	1,238	1,592
	Ajitasyon	-0,138	0,032	**-4,288**	**<0,001*** **	-0,201	-0,074
	Kişinin Kendi Yaşlılığına Yönelik Tutumu	-0,029	0,046	-0,645	0,520	-0,120	0,061
	Yalnızlıktan Memnuniyetsizlik	-0,068	0,036	-1,881	0,062	-0,139	0,004

β: Beta Katsayısı; SH: Standart Hata ***p<0,001

Araştırmaya katılan yaşlıların PGMMÖ'nün "Ajitasyon" alt faktör puanlarının "YUGDÖ Toplam" puanları üzerinde (β=-0,138; t=-4,288; p<0,001) istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu saptanmıştır. Sonuç incelendiğinde, yaşlıların PGMMÖ'nün "Ajitasyon" alt faktör puanları bir birim arttığında "YUGDÖ Toplam" puanlarında 0,138 kat azalma olduğu bulunmuştur (Tablo 3.5.).

4.TARTIŞMA

Yaşlılık döneminde uyum güçlüğünün yordayıcı olarak moral düzeyinin incelendiği bu araştırmadan elde edilen bulgular ilgili literatür doğrultusunda bu bölümde tartışılmıştır.
Araştırmada yaşlı bireylerin moral düzeyi arttıkça yaşlılıkta uyum güçlüğünün azaldığı belirlenmiştir ($p<0,001$; Tablo 3.4). Moral, genel bir iyi olma hali, kendinden memnuniyet, yaşlanmayla ilişkili değişiklikleri belli bir düzeyde kabul etme olarak tanımlanmıştır (Lawton, 1975). Moral düzeyi, bireyle ilgili bazı psikolojik ve sosyal yönleri de içermesinin yanı sıra öznel iyi oluşun bilişsel bir boyutu olarak değerlendirilmekte (Bowling, 2005); ayrıca psikolojik refah, yaşam doyumu ve yaşam kalitesi gibi farklı kavramlarla eş anlamlı olarak kullanılabilmektedir (Näsman ve ark., 2020). Yapılan bir araştırmada yaşam doyumu ve yaşlılığa iyi düzeyde uyum gösterebilmenin ilişkili olduğu belirtilmektedir (Efklides ve ark., 2003). Çok yaşlı insanlarda yüksek moral, 5 yıllık sağ kalımın artması (Niklasson ve ark., 2015) ve 5 yıl içinde depresif bozukluk riskinin düşmesiyle ilişkilendirilmiştir (Niklasson ve ark., 2017). Bu sonuçlar yaşlılarda moral düzeyinin yaşlılığa uyum güçlüğünün azalmasında etkili olduğunu göstermektedir. Moral düzeyinin bileşenleri olan ajitasyon ve yalnızlıktan memnuniyetsizlik düzeyi azaldıkça uyum güçlüğünün de azaldığı; yaşlılığa karşı olumlu tutum arttıkça uyum güçlüğünün azaldığı sonucuna ulaşılmıştır ($p<0,001$; Tablo 3.4). Ayrıca ajitasyon düzeyinin azalmasının uyum güçlüğünü azaltmada %13 etkisinin olduğu saptanmıştır ($\beta=-0,138$; $p<0,001$). Ajitasyon yaşlı bireylerde genel kaygıyı temsil etmektedir (Loke ve ark., 2011). Literatürde yaşlılığa uyum problemi yaşanmasının bireylerde yalnızlık, anksiyete gibi psikolojik sorunlarla ilişkili olduğuna ve bu durumun yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilediğine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Ouwehand ve ark., 2007; Bowling, 2007). Yaşlılıkta bireylerin sosyal çevrelerinde azalma görülebilmekte yaşlı bireyler çocuklarıyla beraber yaşadıkları evden, ortamdan ayrı bir yaşam sümekte ve tüm bunlar algılanan yalnızlıkta artış olmasına sebep olmaktadır. Bu durum eş, arkadaş ve akraba ölümleri gibi kayıplarla daha pekişmekte ve bireyin yaşlılığa uyum göstermesini güçleştirmektedir (Aşiret ve Yiğit, 2018; Şişman ve Kutlu, 2016). Diğer yandan yaşlılıkta, bireyin hayatına ilişkin öznel değerlendirmeleri moral düzeyinde önemli bir rol oynamaktadır (Smith ve ark., 1999). Yaşlılık döneminde bireyin karşılaştığı fiziksel, psikolojik ve sosyal sorunlar yaşlı bireyin yaşam memnuniyetini, çevresi ve kendisiyle uyumunu olumsuz yönde etkilemektedir (Proietti ve ark., 2014). Bu doğrultuda yaşlılığa karşı olumlu tutum uyum düzeyini arttırabilmekteyken, olumsuz tutum uyum düzeyini azaltabilmektedir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada yaşlıların moral düzeyi ile uyum güçlüğü düzeyi arasında ilişki olduğu, moral düzeyi arttıkça uyum güçlüğünün azaldığı saptanmıştır. Ayrıca ajitasyon düzeyinin azalmasının uyum güçlüğü üzerinde azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda yaşlı bireylerin uyum güçlüğünü azaltmaya yönelik çalışmalarda moral düzeyinin de dikkate alınarak planlama yapılması, yaşlılarda moral düzeyini arttırıcı faaliyetler yapılması, uyum güçlüğünün ajitasyonla artabileceğinin bilinerek ajitasyonun takip edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Aslan, H.,Çetkin, T.,Dikmen, R. (2021). Effects of chronic illness adaptation on the healthy lifestyle behaviours of patients in internal services. Cukurova Med J 2021;46(3):1140-1149 ;DOI: 10.17826/cumj.913997

Aşiret G.D, Yiğit H. (2018). The Effect of Older People's Adaptation to Old Age On Their Health-Related Quality of Life. LIFE: International Journal of Health and Life-Sciences. 2018; 4(3).

Atik D, Karatepe H. Scale development study: Adaptatıon to Chronıc Illness. Acta Medica Mediterranea 2016;32:135-142. doi: 10.19193/0393- 6384_2016_1_21.

Aydın S, Karaoğlu L.(2012) Gaziantep İl Merkezinde Yaşayan Yaşlıların Yaşam Kalitesi Düzeyi Ve Etkileyen Faktörler. Turkish Journal of Geriatrics. 2012; 15(4): 424-43.

Bakış E, Çınar S.(2007) Huzur evlerinde yaşayan bireylerde özbakım gücü ve yaşam doyumu arasındaki ilişki. Hemşirelik Forumu. 2007;7: 89-93.

Benıto-León J, Louıs E, Navarro JR et all. (2010). Low Morale and Mortality in Elderly People. Age and Ageing. 2010; 39: 366–373.

Bowling A., *Measuring Health: A Review of Quality of Life Measurement Scales*, 2005, 3rd edition, Open University Press, Maidenhead, UK.

Bowling, A. (2007). Quality of life in older age: What older people say. In Mollenkopf, H., Walker, A. (Eds.), Quality of life in old age. Dordrecht, the Netherlands: Springer Publication (pp. 15–30).

Demir, Y. P. (2017). Kendi evinde yaşayan ve huzurevinde yaşayan yaşlı bireylerin günlük yaşam aktivitelerinin, depresyon düzeylerinin ve sosyal izolasyon durumlarının karşılaştırılması. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 16(1),19-28.

Efklides, A., Kalaitzidou, M., & Chankin, G. (2003). Subjective quality of life in old age in Greece: The effect of demographic factors, emotional state and adaptation to aging. *European psychologist*, *8*(3), 178.

Jeste, D. V., Depp, C. A., Vahia, I. V. (2010). Successful cognitive and emotional aging. World Psychiatry, 9(2): 78-84

Karakaş A. S.,Durmaz H. (2017). Yaşlılık Dönemi Psikolojik Özellikleri ve Moral. Kocatepe Tıp Dergisi,2017;18:32-36.

Kara B., Yıldırım Y., Genç A., Ekizler S. (2009). Geriatriklerde ev ortamı ve yaşam memnuniyetinin değerlendirilmesi ve düşme korkusu ile ilişkisinin incelenmesi, Fizyoterapi Rehabilitasyon. 2009; 20(3):190-200

Kankaya H. , Karadakovan A. (2017).Yaşlı Bireylerde Günlük Yaşam Aktivite Düzeylerinin Yaşam Kalitesi ve Yaşam Doyumuna Etkisi. GÜSBD 2017; 6(4): 21-29

Kurt G., (2008). Türkiye'de Yaşlılık Olgusuna Sosyal Bir Bakış (Sivas İl Örneği).Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalı,

Kyriakos SM, Martin HW (1979) A.Casual Model Of Life Satisfaction Among The Elderly. Journal of Gerontology 34,1,86-93.

Lawton MP (1975) The Philadelphia Geriatric Center Morale Scale: a revision. J Gerontol 30:85–89. https://doi.org/10.1093/geronj/30.1.85

Loke, S. C., Abdullah, S. S., Chai, S. T., Hamid, T. A. & Yahaya, N. (2011). Assessment of factors influencing morale in the elderly. PLoSOne, 6(1), e16490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016490

Mclnnis GJ, White JH. A(2001). Phenomenological Exploration of Loneliness in the Older Adult. Arch Psychiatr Nurs. 2001, 15(3):128-39. doi: 10.1053/apnu.2001.23751.

Näsman, M., Niklasson, J., Saarela, J., Nygård, M., Olofsson, B., Gustafson, Y., & Nyqvist, F. (2020). Morale in Old Age and Its Association with Sociodemographic, Social, and Health-Related Factors in Different Age Groups. *Journal of Aging Research*, *2020*(1), 3939718.

Ouwehand, C., de Ridder, D. T., & Bensing, J. M. (2007). A review of successful aging models: Proposing proactive coping as an important additional strategy. Clin Psychol Rev, 27(8), 873-884. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.11.003

Pınar R.,Öz H.(2011). Validity and reliability of the Philadelphia Geriatric Center Morale Scale among Turkish elderly people, Qual Life Res (2011) 20:9–18

Proietti, M. G., Compagnone, T., & Liotta, G. (2014). Addressing healthcare needs in older people after discharge. Adv Aging Res, 3(03), 257-264. http://dx.doi.org/10.4236/aar.2014.33035

Smith, J., Fleeson, W., Geiselmann, B., Settersen, R. A., Jr., & Kunzmann, V. (1999). Sources of well-being in very old age. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Eds.), *The Berlin Aging Study. Aging from 70 to 100* (pp. 450–471). Cambridge: Cambridge University Press.

Şişman F. N., Kutlu Y. (2016). Yaşlılarda Uyum Güçlüğünü Değerlendirme Ölçeği'nin (YUGDÖ) Geliştirilmesi ve Psikometrik Özellikleri, Psikiyatri Hemşireliği Dergisi - Journal of Psychiatric Nursing 2016;7(1):25–33

Şişman, F. N., Kutlu, Y. (2011). Effectiveness of Nursing Care Based on Roy Adaptation Model For Development Cognitive Status of Elderly Individuals. Istanbul University, Institute of Health Science, Department of Psychiatric Nursing, Master Thesis. Istanbul.

Tel, H., Tel, H. ve Sabancıoğulları, S. (2006). Evde ve kurumda yaşayan 60 yaş ve üzeri bireylerin günlük yaşam aktivitelerini sürdürme ve yalnızlık yaşama durumu. Turkish Journal of Geriatrics, 9 (1): 34-40.

Von Faber M, Bootsma-van der Wiel A, van Exel E, Gussekloo J, Lagaay AM, van Dongen E, et al. Successful aging in the oldest old: Who can be characterized as successfully aged? Archives of Internal Medicine. 2001;61(22):2694-2700.

Von Heideken Wagert P, Ronnmark B, Rosendahl E and at all. Morale in The Oldest Old: The Umea 85+ Study. Age Ageing. 2005; 34(3): 249-55.

Yılmaz K.C. (2020). Yaşlı bireylerin yaşlılığa uyum düzeyi ile sağlıklı yaşam biçimi davranışları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilim Dergisi, 2020; 13(3):305-317

KOAH HASTALARINDA SAĞLIKLI YAŞAM ALIŞKANLIKLARI VE KADERCİLİK ALGISI

Hemşire,RABİA DEMİRCİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
demircirabia05@gmail.com - 0009-0006-8141-1531
Dr. Öğr.Üyesi,FİGEN ÇAVUŞOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
figen.cavusoğlu@omu.edu.tr -0000-0001-9789-2006

ÖZET

KOAH akciğerlere hava akışını engelleyerek solunum problemlerine yol açan ve hayat boyu devam eden kronik solunum yolu hastalığıdır. Dünya nüfusunun her geçen yıl yaşlanması ile birlikte yetersiz beslenme, hava kirliliği, hijyenik olmayan hava koşulları gibi faktörlerin yanı sıra fiziksel aktivitede yetersizlik, obezite, sigara veya tütün kullanımı veya bağımlılığı gibi değişen yaşam koşulları bulaşıcı olmayan diğer hastalıklara neden olduğu gibi KOAH hastalığında da görülme sıklığında artışa neden olmuştur. Dünyada KOAH sıklığı yüzde 10,3 olup her yıl yaklaşık 3 milyon kişi KOAH nedeniyle yaşamını yitirmekteyken, TÜİK tarafından yayımlanan 2022 yılı verileri ise solunum sistemi hastalıklarının, %13,5 ile ölüm nedenleri arasında üçüncü sırada yer aldığını ve bu ölümlerinin yüzde 4'ünün KOAH nedeniyle gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. KOAH hastalarının sağlıklı beslenmeye dikkat etmesi, sigara kullanmaması, yeterli fiziksel aktivite ve yeterli uyku gibi sağlıklı yaşam alışkanlıklarını edinmeleri hastalık sürecinin daha iyi bir şekilde geçirilmesi ve prognozunun seyri açısından önem arz etmektedir. Fakat tüm bu faktörlerin önemi kişilerin kadercilik algısına bağlı olarak değişebilmektedir. Yapılan çalışmalar kaderciliğin sağlık hakkında karar alma konusunda azalmış sağlıklı davranışlarla ilişkili olduğunu ve kadercilik eğilimi arttıkça bireylerin öz yeterlik inancının azalarak psikolojik yardım süreçlerinde bireylerin kendi sorunlarının çözümünde aktif sorumluluk almalarını güçleştirebileceğini göstermektedir. Bu derlemede KOAH hastalarında sağlıklı yaşam alışkanlıkları ve kadercilik algısı literatür eşliğinde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : KOAH hastaları, sağlıklı yaşam alışkanlıkları, kadercilik algısı.

1.KOAH HASTALARINDA SAĞLIKLI YAŞAM ALIŞKANLIKLARI VE KADERCİLİK ALGISI

KOAH, akciğerlere hava akışını engelleyerek solunum problemlerine yol açan bir hastalıktır (CDC, 2024). Ayrıca yaşlanmayla birlikte gelişen fizyolojik değişimlere ek olarak ilerleyici bir hastalık olup uygun tedavi ile hastalığın ilerleyişinin yavaşlaması sağlanabilmektedir (Arslan, 2020). KOAH semptomları bazen bir kişi sigarayı bıraktığında, düzenli olarak ilaç aldığında ve/veya pulmoner rehabilitasyona katıldığında iyileşebilir, ancak akciğerlerdeki hasar devam ederek sağlıklı haline geri dönüşüm mümkün olmamaktadır. KOAH'ta nefes darlığı ve yorgunluk asla tamamen ortadan kalkmayabilir, ancak insanlar hastalığı yönetmeyi öğrenebilir ve tatmin edici bir hayat sürmeye devam edebilmektedir (Lareau at all, 2019).

Kronik solunum hastalıkları, bulaşıcı olmayan hastalıklara bağlı ölümler arasında üçüncü sırada yer almaktadır. Ayrıca kronik solunum hastalıkları, tüm bulaşıcı olmayan hastalıklara bağlı ölümlerin %7'sini oluşturmaktadır ve KOAH'a bağlı ölümlerin %90'ından fazlası düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmektedir (WHO, 2024). Tütün kullanımı yüksek gelirli ülkelerde KOAH vakalarının %70'inden fazlasını oluştururken, düşük ve orta gelirli ülkelerde vakaların %30-40'ını oluşturmakta, geri kalan risk faktörünü ise ev içi hava kirliliği oluşturmaktadır (WHO, 2023).

Bouloukaki ve arkadaşlarının (2024) çalışmasındaki bulgular sağlıklı bir yaşam tarzı izleyerek KOAH'lı hastaların yaşam kalitelerini iyileştirebileceğini göstermekteyken, bazı hastalar bunun kaderlerinde olduğuna inanabilmektedirler. Kadercilik algısı, Tanrı tarafından yazılan kaderin insan iradesinin müdahalesiyle değiştirilemeyeceği veya engellenemeyeceği inancını içerdiğinden, hastaların hastalığın kendi iradeleri dışında gerçekleştiğini düşünmelerine ve hastalıkla ilgili kendi sorumluluklarından kaçınmalarına neden olabilmektedir (Han ve Yalçınöz Baysal, 2024). Müslümanlar arasında, Tanrı'nın hastalık ve tedavi üzerindeki kontrolüyle ilgili dini kaderciliğinin, önleyici sağlık konusundaki tutumları ve terapiyle ilgili seçimleri önemli ölçüde etkilediği bildirilmektedir (Nageeb ve ark, 2018).

KOAH'ta alevlenmelerin önlenmesi, hastalık yönetiminin sağlanmasında sağlıklı yaşam alışkanlıklarının sağlanması önemli bir davranış değişikliğini gerektirmektedir. Bu noktada hastalık ve risklerini tanımlamak, tedavi ve yönetimini sağlamak konusunda halk sağlığı hemşirelerine büyük sorumluluklar düşmektedir (Uçan ve ark., 2018).

2.1.KOAH ve Epidemiyolojisi

KOAH, büyük bir kişisel ve sosyal etkiye sahip, oldukça yaygın bir kronik hava yolu hastalığıdır (Polverino at all, 2019). KOAH tanısına sahip olan bireyler, nefes almak için sağlıklı bireylere göre daha fazla çaba sarf etmek zorundadır, bu da nefes darlığına ve/veya yorgun hissetmeye yol açabilmektedir. Hastalığın erken dönemlerinde, egzersiz yaparken nefes darlığı hissedilebilir iken hastalık ilerledikçe nefes vermek veya nefes almak dahi zorlaşabilmektedir. Bireyde KOAH tanısı ile birlikte obstrüktif bronşiolit, amfizem veya her iki rahatsızlığın bir kombinasyonu olabilmekte, bunların her birinin şiddeti kişiden kişiye değişim göstermektedir (Lareau at all, 2019).

Dünya nüfusunun her geçen yıl yaşlanması ile birlikte yetersiz beslenme, hava kirliliği, hijyenik olmayan hava koşulları gibi faktörlere ek olarak fiziksel aktivitede yetersizlik,

obezite, sigara veya tütün kullanımı veya bağımlılığı gibi değişen yaşam koşullarının bulaşıcı olmayan diğer hastalıklara neden olduğu gibi KOAH hastalığının görülme sıklığında da artışa neden olmuştur (Çevik Akyıl, 2018). KOAH'ın görülme sıklığı incelendiğinde, her yıl 3 milyondan fazla insanın hayatına mal olan bir hastalık olduğu görülmektedir. Tahmini olarak 392 milyon KOAH hastası bulunmakta olup, bunların dörtte üçü düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır (WHO, 2023). Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, 2021'de tüm küresel ölümlerin yaklaşık %5'i olan 3.5 milyon ölüme neden olan dünya çapında dördüncü önde gelen ölüm nedenidir. KOAH, dünya çapında kötü sağlığın sekizinci önde gelen nedenidir. TÜİK tarafından yayımlanan 2022 yılı verileri ise solunum sistemi hastalıklarının, %13,5 ile ölüm nedenleri arasında üçüncü sırada yer aldığını ve bu ölümlerinin yüzde 4'ünün KOAH nedeniyle gerçekleştiğini ortaya koymaktadır (HSGM, 2023).

2.2.KOAH Risk Faktörleri

KOAH için en önemli risk faktörleri şu şekilde sıralanabilir:

Sigara Kullanımı: KOAH'ın başlıca nedeni sigaradır, ancak sigara kullanmayanların da KOAH tanısı alabileceği bilinmektedir (CDC, 2024). KOAH için en önemli risk faktörü olan sigara içiminin, alveoler epitel hücrelerinde yaşlanmaya neden olduğu bilinmektedir (Kukrety at all, 2018). Sigaraya başlama yaşı, dumanın yoğunluğu, günlük ve toplam içilen miktar hastalığın gelişimini etkileyen faktörler arasındadır. Ebeveynleri sigara içen çocuklarda solunum sistemi hastalıklarına ve kronik bronşite daha fazla rastlanmakla birlikte pasif sigara içiciliğine maruz kalanların, özellikle de çocukların ve kadınların bu maruziyet sebebiyle ileri yaşlarda astım ve KOAH başta olmak üzere solunum sistemi hastalıkları görülmesine neden olabilmektedir (Yavuz, 2020).

Genetik faktörler: Alfa-1 antitripsin genetik risk faktörü gibi farklı genetik faktörlerin KOAH gelişimi ile ilişkili bireysel riski arttırabileceği veya azaltabileceği farklı çalışmalarda gösterilmiştir (Neşe, 2023).

Mesleki Maruziyet: Iş yerlerinde organik veya inorganik tozlara, kimyasal ajanlara ve dumanlara maruziyet de bu hastalığın risk faktörlerindendir (Çevik Akyıl, 2018).

Maden ve metal işçiliği; odun, kâğıt imalatında çalışanlarda; çimento, tahıl ve tekstil işçiliği gibi meslek nedeniyle iş yeri ortamında organik-inorganik toz, duman ve gazlara maruz kalma sonucunda KOAH daha sık görülmektedir (Yavuz, 2020).

Termik ve nükleer santral KOAH morbidite ve mortalitesi için büyük bir risk faktörüyken, egzoz gazından kaynaklanan dış ortam kirliliği de solunum fonksiyonlarında bozulmaya neden olma yönünden oldukça önemli başka bir risk faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır (Çevik Akyıl, 2018).

Yaş: Sigara içmek gibi başka risk faktörleri de mevcut olduğunda yaş, KOAH riskinde rol oynayabilmektedir. KOAH'a yakalanma yaşı en az 40 yaştır (NHLBI, 2024).

İç Ve Dış Ortam Hava Kirliliği: Kentlerdeki hava kirliliğinin ve evlerde ısınma ve yemek pişirme için kullanılan odun, kömür gibi bitkisel ve tezek gibi hayvansal yakıtların KOAH gelişimini etkilediği gösterilmiştir (Neşe, 2023). İç ortam hava kirliliğinin en önemli nedeni olan biomas maruziyetidir. Biomas, ısınma veya yemek pişirmek maksadı ile her türlü organik

artığın iyi şekilde izole edilmeden yakılması ve o sırada ortaya çıkan zararlı gaz ve partikülleri soluma yolu ile maruz kalınması şeklinde tanımlanabilir. Biomas yakıtlara odun, odun kömürü, çalı, çırpı ve tezek gibi ürünler girmekle birlikte, bölgelere ve ülkelere göre çeşitlilik gösterebilmektedir (Gürgün ve Elmas, 2019).

Evlerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla kullanılan odun, kömür gibi bitkisel ve tezek gibi hayvansal yakıtlar karbonmonoksit ve nitrik oksitin açığa çıkmasına neden olmakta. havalanma yetersizliği ile birlikte ev içi ortam kirliliğine yol açarak KOAH gelişiminde rol oynayabilmektedir. Bu yakıtlardan ev içine yayılan karbonmonoksit, kükürt dioksit, azot oksit ve dioksit başta olmak üzere birçok gazın veya partiküllerin akciğerlerde önemli hasar yaptığı bilinmektedir (Tanık ve ark, 2015).

Dış ortam hava kirliliği ise KOAH dahil solunum ve kalp hastalıklarını alevlendirebilmekte ve kötü seyretmesine yol açabilmektedir. Ayrıca solunum yolu enfeksiyonlarını arttırarak ilerleyen yaşlarda KOAH gelişim riskini de arttırmaktadır (Gürgün ve Elmas, 2019).

Sosyo-Ekonomik Durum: Sosyo-ekonomik durumun KOAH için bir risk faktörü olduğu ve sosyo-ekonomik düzeyi yetersiz olan gruplarda akciğer fonksiyonlarının azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Neşe, 2023). Düşük sosyoekonomik koşullarda yaşayanlarda akciğer fonksiyonları daha düşük olması, kullanılan yakıtlar, tanı ve tedavi yetersizlikleri gibi nedenlerle KOAH gelişimi hızlı olmaktadır (Yavuz, 2020).

2.3.KOAH Tedavisi

KOAH tedavisinin hedefleri hastaneye yatışları azaltmak, alevlenmeleri azaltmak ve önlemek, dispneyi azaltmak, yaşam kalitesini iyileştirmek, hastalığın ilerlemesini yavaşlatmak ve ölüm oranını azaltmaktır. Tedavinin en temel unsuru ise sigarayı bırakmaktır (Gentry and Gentry, 2017). Bu kapsamda farmakolojik tedavi ve farmakolojik olmayan tedavilerde de pulmoner rehabilitasyon, aşılama ve solunum egzersizi uygulanabilmektedir. Tüm bunların yanı sıra oksijen tedavisi de tedaviye eklenebilmektedir. Özellikle hastalık yönetiminde nefes egzersizleri, KOAH hastalarının nefes darlığını azaltıp günlük yaşam aktivitelerini iyileştirebilmektedir. Çünkü solunum kaslarını güçlendirmeye, oksijenasyonu iyileştirmeye, nefes alma sırasında çabayı azaltmaya yardımcı olmakta ve gevşemeyi teşvik etmektedir. Solunum egzersizleri KOAH hastalarında dispne derecesi üzerinde olumlu etki gösterip ve günlük yaşam aktivitelerini iyileştirmektedir (Saad, 2018).

Kronik bir hastalık olup ölüm nedenleri arasında önemli bir sıralamada yer alan KOAH için korunma önemli bir adımı oluşturmaktadır. Bu noktada en önemli faktör olan sigara kullanımının engellenmesi ve hastalığa yönelik farkındalığının artırılması en önemli korunma yöntemlerini oluşturmaktadır. ABD'deki halk sağlığı genel müdürlüğü sitesinde yer alan bilgilere göre ,sigarayı bırakma, kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan kişilerde zamanla akciğer fonksiyon kaybını azaltmak ve sigara içenlerde kronik obstrüktif akciğer hastalığı gelişme riskini azaltmak için uygulanan tek müdahale olmaya devam etmektedir (USPH, 2020).Bunun yanısıra mesleksel ve çevresel risklerin en aza indirilmesi, akciğer enfeksiyonlardan korunma için risk grubuna göre grip ve pnömokok aşılarının uygulanması gelmektedir (Bingöl ve Çağatay, 2016).

KOAH'tan korunmak için risk faktörlerini ortadan kaldırmaya dair birçok seçenek varken, kaderciliğin sağlık davranışını etkileyen kültüre özgü değerlerden biri olduğunu unutmamak gerekir. Böylece yapılacak müdahalelerin ve sağlıklı yaşam alışkanlıklarına dair mesajların o kültürün kadercilik algısına uygun şekilde uyarlanması sağlanabilmeli ve sonuçta davranış değişikliği motivasyonu artırılabilmelidir (Heininger at all, 2015).

2.4.Kader Kavramı

Kader inancının bazı kişi, topluluk veya toplumlar tarafından bir çeşit yazgıcılık anlamında belli bir çabayı, gayreti ve sorumluluğu gerektirmeksizin otomatik olarak kullanılması onun kişilerin dini yaşamında daha ziyade bir tür savunma mekanizması görevi üstlendiğine işaret etmektedir (Aydın, 2019).

2.4.1. Kadercilik Kavramı

Kadercilik, insan hayatının doğaüstü bir güç ya da güçler tarafından önceden belirlendiği ve bu belirlenmişliğe uygun bir tarzda yaşandığı düşüncesine dayanmaktadır (Macit, 2014). Kaderciliğin ifade ettiği çeşitli inançlar ve kavramlar ve kadercilik ile sağlık arasındaki çeşitli ilişkiler göz önüne alındığında, kaderciliğin ne anlama geldiğini belirlemek ve kaderci inançların belirli kültürel gruplar içindeki sağlık davranışlarını nasıl etkilediğini incelemek kritik öneme sahiptir (Nageeb at all, 2018). Kadercilik, bireysel bir yaşamı oluşturan eylemler ve olaylar gibi olayların kader tarafından, insanların kontrol etme kapasitesinin ötesinde belirlendiği inancıdır (de los Monteros, 2013). Sağlığın kader tarafından önceden belirlendiğine inanan kadercilik, riski azaltan sağlık davranışlarının daha zayıf benimsenmesiyle ilişkilidir (Gutierrez at all, 2016). Hayes ve Clerk'in çalşma sonuçlarına göre,kaderci bir şekilde pes etmenin pandeminin uyandırdığı korku ve güvensizliğin bir kısmını bastırmaya yardımcı olmuş olabileceğini öne sürmektedir. Kişinin durumu değiştiremeyeceğini hissetmek, sürekli uyanıklık ve kontrol gerektiren bir durumdan biraz rahatlama sağlayabilmektedir. Ancak kadercilik aynı zamanda depresyonla da güçlü bir şekilde ilişkilidir, bu nedenle pandemiyle başa çıkma çabalarından kaderci bir şekilde geri çekilmek duygusal maliyetler olmadan değildir (Hayes and Clerk, 2021).

2.4.2. Kadercilik Algısı

Bir bireyin sağlık sonucunun bireyin kontrolü dahilinde değil, daha yüksek bir güç tarafından önceden belirlendiği veya amaçlandığı inancı olan kadercilik, sağlık teşviki programlarına ve sağlık hizmeti kullanımına katılımın engelleyicisi olarak incelenmiştir. Kaderci inançlara sahip bir kişi, sağlığı kişinin kontrolü dışında ve bunun yerine şansa, kadere veya Tanrı'ya bağımlı olarak algılamaktadır (Franklin at all, 2007). İlk bakışta ilahi dinler kaynaklı gibi gözüken kadercilik algısı, bu düşüncenin ilah kavramının olmadığı kültürlerde de yer edindiğinin ortaya çıkmasıyla aslında insanlığa, toplumsallığa dair bir yönünün olduğunu göstermektedir (Macit, 2014). Bu noktada kadercilik algısı birtakım sorunların o kişilerin kaderi ve yaşamlarının değişmez ve kaçınılmaz bir parçası olduğuna dair olan inançtır. Tanrı tarafından yazılan kaderin insan iradesinin müdahalesiyle değiştirilemeyeceği veya engellenemeyeceği inancını içerdiğinden, hastaların hastalığın kendi iradeleri dışında gerçekleştiğini düşünmelerine ve hastalıkla ilgili kendi sorumluluklarından kaçınmalarına neden olabilmektedir (Han ve Yalçınöz Baysal, 2024).

2.4.2.1. Kadercilik Algısını Etkileyen Faktörler

Kadercilik, mensup olunan dinden bağımsız olarak, daha kaderci bir yaşam görüşünü ortaya çıkaran faktörlerden olsa da yalnızca bu faktörden etkilenmemekte; toplumun yapısı, sosyal sınıf, sosyo-ekonomik statü ve eğitim gibi faktörlerle de güçlü bir şekilde ilişkilidir (Köten, 2021).

Kadercilik; başta dini ve kültürel olmak üzere pek çok toplumsal ve bireysel sebeple ilişkilendirilebilir (Alkan ve Kurnaz, 2017). Gutierrez ve arkadaşlarının (2016) yaptığı çalışmada hipotez olarak, kadercilik kadınlar arasında ve daha düşük gelir ve eğitim seviyelerine sahip katılımcılar arasında daha yaygın olarak bulunurken, ileri yaş daha yüksek kadercilikle ilişkilendirilmemiştir.

2.4.2.2. Kaderciliğin Yol Açtığı Durumlar

Bir kişi sağlık sonuçlarının çoğunlukla kaderin bir sonucu olduğuna ve kendi kontrolü dışında olduğuna inanıyorsa, düşük öz yeterlilik yaşayabilir ve önleyici veya iyileştirici sağlık davranışlarına girme konusunda daha az motive olabilmektedir. Bu nedenle, kaderciliğin, öz yeterliliğin azalması yoluyla sağlık davranışlarını olumsuz yönde etkilediği ve olumsuz sağlık sonuçlarına yol açtığı varsayılmıştır (Gutierrez at all, 2016).

Kaya ve Bozkır'ın (2017) yaptığı araştırma bulgularına göre kadercilik eğilimi arttıkça bireylerin öz yeterlik inancı azalmaktadır. Bu durum psikolojik yardım süreçlerinde bireylerin kendi sorunlarının çözümünde aktif sorumluluk almalarını güçleştirebilir, kendi sorunlarını çözebileceklerine olan inançları azaldıkça yardım arama davranışları ve terapötik süreçte işbirlikçi davranışlarını azaltabilmektedir. Cüneyd'in çalışmasına(2019)göre bazı insanların kader inancını dinin ana kaynaklarında olduğundan farklı algılayarak savunma mekanizması olarak kullanmakta, yaşadığı olayları yadsıyarak veya kendisini haklı çıkaracak bahaneler bularak psikolojik zedelenmeye veya değerini yitirmeye karşı kendisini korumaya çalıştıkları ortaya konmuştur. Alkan ve Kurnaz'ın (2017) çalışmasına göre olgun savunma biçimlerini kulllanma oranı düştükçe kaderci eğilimin arttığı söylenebilmektedir.

Kadercilik konusunda yüksek eğilimli olan insanlar, kaderlerine razı olup geleceğe yönelik planlama yapmaz ve arzu edilen hedeflere ulaşmak için çok daha az çaba sarf etmektedirler. Kaderciliği gösterme eğilimi bireysel bir fark olsa da, kişilikteki farklılıklardan bağımsız olarak kaderci düşünmeyi teşvik edecek durumsal koşullar da bulunmaktadır (Hayes and Clerk, 2021). Molaei-Zardanjani ve arkadaşlarının (2019) yaptığı çalışmada mamografi deneyimi olmayan kadınlarda ortalama kadercilik puanının daha yüksek olduğu ve kaderciliğe inanan kadınların mamografi yaptırma olasılıklarının daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hastalığın erken belirtilerini tespit etmeyi amaçlayan taramanın aksine, hastalığı önlemeyi ve beslenme ve egzersiz gibi sağlıklı bir yaşam tarzını teşvik etmeyi amaçlayan sağlıklı yaşam alışkanlıkları ile kadercilik arasındaki ilişkiyi araştıran bazı çalışmalarda kaderci inançlara sahip olmalarına rağmen, batı ülkelerindeki Çinli ve Koreli göçmenlerin, sağlığın korunmasında diyet ve egzersizin rolünü kabul etmekteyken, kaderciliği sağlık üzerinde kontrol eksikliği olarak ifade edilebilse de, sağlık arayışını da boşuna bir çaba olarak görmediklerini ortaya koymuştur (Heininger at all, 2015).

2.5. Sağlıklı Yaşam

Yaşam tarzları, günlük yaşamı düzenleyen bir dizi alışkanlık ve davranışı bütünleştirmekte olup, sağlığın en güçlü belirleyicileridir. Sağlıklı yaşam tarzı terimi, sağlık için faydalı olan bir dizi davranış kalıbını ifade etmektedir (Patino-Alonso ve ark, 2015). Sağlıklı yaşamak, günümüzde yaygın olarak kullanılan "kaliteli yaşam" terimi ile de özdeşleştirilmektedir. Kaliteli yaşamak için her insan, aile yaşantısı, çevre koşulları, kişisel inançlar, gelir düzeyi ve sosyal olanaklar gibi kendine özgü seçimlere sahiptir. Toplumlar arasında bu seçimler farklı olmakla beraber aynı toplumda yaşayan insanlar arasında da farklılıklar görülebilmektedir. Ancak sağlıklı olmak ve onu korumak, hareket etmek, doğru beslenmek, insanlarla iyi ilişkiler kurmak ve olumlu düşünmek en başta olmazsa olmazlardır (Savucu, 2020).

2.5.1. Sağlıklı Yaşam Alışkanlıkları

KOAH'lı hastalarda hastalığın gidişatını etkileyen en önemli yaşam tarzı faktörleri sigara içme, fiziksel aktivite, alkol tüketimi, vücut kitle indeksi ve uyku süresi olmak üzere beş yaşam alışkanlığından oluşmaktadır (Bouloukaki at all,2024). Herhangi bir kronik hastalığa yatkınlığı olan kişiler, böyle bir hastalığa yakalanma riskleri her ne kadar fazla olsa da, sigara içme, fiziksel aktivite, güneşe maruz kalma ve beslenme gibi birçok riski kontrol altına alabilmektedir (Balwn and Kour, 2021).

Sigara Içme: Sağlıklı bir insanda nefes alırken akciğerdeki hava kesecikleri rahatlıkla daralıp gevşerken, sigara kullanan bireyde dumanda bulunan zararlı maddeler akciğerlerdeki hava keseciklerinde birikerek, nefes alırken hava keseciklerinin rahatlıkla eski haline dönememesinin etkisiyle solunumda sınırlamalara yol açabilmektedir. Bu zararlı maddelerin devamlı solunmasıyla birlikte de hava keseciklerinin yapısını daha da bozarak kronik bronşit ve amfizem gibi hastalıklara, ilerleyen safhalarda da KOAH'ın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Türk Toraks Derneği, 2011).

Fiziksel Aktivite: Hareketli ve aktif bir yaşamı tercih eden kişilerin akciğer kapasitesi artarak kasların güçlenmesine destek olurken, dispne gibi sebeplerle hareket etmekten çekinen KOAH'lı hastalarda hareketsizliğe bağlı olarak akciğer kapasitesinin azalarak zamanla kasların zayıf düşmesine yol açabilmektedir (SHGM, 2011).

KOAH'lı olgular nefes darlığı nedeniyle sedanter yaşamı tercih etmektedirler, bu da fiziksel inaktiviteye neden olmaktadır. KOAH'lı hastalarda izlenen fiziksel aktivite azalması yaşam kalitesini düşürmekte, hastaneye yatış ve hastalıktan ölüm oranlarını artırmaktadır. Fiziksel aktiviteyi artırmak amacıyla davranış hedefli yaklaşımlar gerçekleştirilmeli ve hastalar bu programlara yönlendirilmelidir (Neşe, 2023).

Alkol Tüketimi: Alkol kullanımı, vücuttaki nötrofil, lenfosit gibi bağışıklığı sağlayan hücreleri baskılayarak immün sisteme zarar vermekte ve pulmoner enfeksiyon hastalıklarına yol açmaktadır. Ortaya çıkan pulmoner enfeksiyon hastalıkları da ilerleyerek KOAH a sebebiyet vermektedir (Simet and Sisson, 2015).

Alkollü içecek tüketme ve KOAH ile ilgili Hoth vd. ve Hansen ve diğerlerinin yaptığı araştırmalarda aşırı alkollü içecek tüketmenin KOAH'ın hastalık şiddetini arttığı sonucuna varılmıştır. Singh ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada aşırı alkollü içecek tüketmenin

KOAH üzerindeki prevalansını arttırdığı bulunurken, Greene ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada ayakta tedavi gören KOAH hastalarında alkollü içecek tüketimi ile sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve bu değişkenler arasında negatif yönlü anlamlı ilişki bulunmuştur (Arslan Aras ve Mansur, 2023).

Vücut Kitle Indeksi: Vücutta gıdayı enerjiye dönüştürme süreci olan metabolizma sırasında oksijen ve gıda enerjiye ve karbondioksite dönüşür. Karbondioksit, dışarı verilen bir atık üründür. KOAH'lı kişiler için nefes almak daha fazla enerji gerektirdiğinden kaslar KOAH'sız birine göre 10 kat daha fazla kaloriye ihtiyaç duyabilmektedir (American Lung Association, 2019).

KOAH hastalarında malnütrisyon ve kaşeksi yaygındır. Düşük vücut kitle indeksi (VKİ) ve yağsız kitle indeksi (FFKİ), kötü prognozun öngörücüleridir ve VKİ, KOAH mortalite tahmini için vücut kitle indeksi, hava akımı tıkanıklığı, dispne ve egzersiz kapasitesi indeksinin bir parçası olduğundan daha yüksek bir mortalite ile ilişkilidir (Abraham ve Symons, 2015).

Uygun beslenme ve iyi bir fiziksel formda kalmak sadece semptomların hafifletilmesi için değil aynı zamanda yaşam kalitesi için de oldukça önemlidir (Lareau at all, 2019). Yapılan araştırmalar sağlıklı bir beslenme düzenine bağlılığın daha düşük bir KOAH prevalansı ile ilişkiliyken, sağlıksız bir beslenme düzenine bağlı kalmanın daha yüksek bir KOAH prevalansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Parvizian at al, 2020).

Uyku: Uyku, non-REM ve REM olmak üzere iki aşamadır. Non-REMdeki yüzeyel uyku döneminde tidal volüm değişken ve solunum düzensizken, sağlıklı bir insanda derin uykunun başlamasıyla solunum ritmik ve düzenli hale gelir. REM döneminde ise solunumda yeniden düzensizlik ortaya çıkar, tidal volüm azalarak solunum frekansında artış olur. Solunum frekansındaki bu artış, sağlıklı bir insanda tidal volüm azalmasını kompanze ederek dakikadak ventilasyonu dengeler. KOAH hastalığına sahip bir kişide ise zaten gündüzleri azalmış olan kas kontraktilitesi uykudayken daha fazla azalarak diyafram fonksiyonunun bozulmasına sebep olabilir. Sağlıklı bir insana göre dakikadaki ventilasyonu azalan KOAH hastası bireyde uykuda gaz alışverişinde bozulmaya sebep olarak hipoksemi veya hiperkapni gibi sorunlara yol açarak uykuda problemlere yol açabilmektedir (Bülbül, 2013).

KOAH'da dispne ve halsizlikten sonra en fazla görülen semptom uyku bölünmesidir. Uyku kalitesi, KOAH'ı olan birçok hastada belirgin olarak tehlikeye girer çünkü parçalanmış uyku ve sık uyanışlar vardır. Bunlar da hastaların gündüz uyumalarına neden olur. Bu durumda hemşirelerin, hastalara uygun bakım programlarının düzenlenmesi, uygun eğitimlerin hem hasta hem de yakınlarına verilmesi gibi destekleyici bir psikolojik yardım ile uygun farmakolojik ve nonfarmakolojik yöntemlerin kullanıldığı bir yaklaşım uygulanması gerekmektedir (Dural ve Sarıtaş, 2019).

2.6. KOAH Hastalarında Kadercilik Algısı ve Sağlıklı Yaşam Alışkanlıkları ve Halk Sağlığı Hemşiresi

KOAH'ın sağlık yönetimi açısından ilk adımı, hastalığın önlenmesi ve risk faktörlerinin azaltılmasıdır. KOAH kronik bir hastalık olması sebebiyle hastalığın semptomlarının azaltılması yaşam tarzının değişmesiyle mümkün olabilmektedir. Bu doğrultuda olumlu yaşam tarzı değişimleri için sigara- alkol kullanmamak, diyet yaparak sağlıklı beslenmek ve SO2

kaynaklı hava kirliliğine maruz kalmaktan kaçınmak gibi önleyici tedbirler oldukça önemli önlemlerdir. Halk sağlığı hemşireleri olarak bu tedbirlerle birlikte hastalığın semptomlarının minimum düzeye inebileceği konusunda KOAH hastalarının farkındalığına destek olmak en önemli adımlardan biridir (Arslan Aras ve Mansur,2023).

Halk sağlığı hemşireleri KOAH'lı bireyin hastalığına bakışını sorgulayıp buna yönelik davranışlarının sağlıklı yönde olup olmadığını tespit eder ve verimli bir eğitim planlayıp uygulama, tespit ettiği sağlıksız davranışlara yönelik danışmanlık verme ve gerektiğinde uygun birime yönlendirme, örneğin hastanın sigara kullanımı varsa sigara bırakma polikliniklerine yönlendirme gibi, hastanın pulmoner fonksiyonunu kısıtlamamak adına yeterli fiziksel aktiviteye teşvik etme , hastalık sürecindeki psikososyal durumuna destek olma ve en önemlisi de KOAH'a neden olan sağlıksız davranışlara karşı toplumu en küçük yaşlardan itibaren bilinçlendirmek adına politika yapıcılarla iş birliği içerisinde farklı uygulamalarda bulunma gibi birçok konuda çalışmalar yapmaktadırlar (Uçan ve ark., 2018).

Halk sağlığı hemşireleri, sağlık politika yapıcıları ile iş birliği içerisinde obezite, alkollü içecek ve sigara tüketmenin insan sağlığına olumsuz etkileri, çevrenin korunması gibi konularda ilkokuldan başlamak üzere toplum genelinde bilincin oluşturulmasına yönelik faaliyetler planlanlayarak uygulamalıdır(Arslan Aras ve Mansur, 2023).

Bouloukaki ve arkadaşlarının (2024) çalışmasından elde edilen bulgular, KOAH'lı hastaların büyük bir kısmının özellikle sigara, egzersiz, normal VKİ ve yeterli uyku ile ilgili olarak sağlıklı davranışlar benimsemediğini göstermektedir. Aynı zamanda çalışmadaki bulgular sağlıklı bir yaşam tarzı izleyerek KOAH'lı hastaların yaşam kalitelerini iyileştirebileceğini desteklemektedir. Çalışmada sonucunda birinci basamak sağlık profesyonellerinin, hastalarının yaşam kalitesini artırmak için KOAH'ın genel yönetiminde davranışsal müdahalelerden yararlanabileceği önerilmektedir.

Kronik hastalıklar, hareketsiz yaşam tarzı, fiziksel aktivite eksikliği gibi kısmen günlük alışkanlıklardan ve kısmen de tütün dumanına maruz kalma veya alkol, uyuşturucu vb. maddelerin kullanımı gibi insanların sağlıksız davranışlarından kaynaklanmaktadır. Fakat birçok kişi yaşam tarzındaki bir değişikliğin kronik hastalıkların artan morbidite ve mortalite nedenleri olarak ortaya çıkmasında önemli bir faktör olduğunun farkında değildir. Sağlık profesyonelleri, hükümet, medya vb. dahil olmak üzere çeşitli paydaşların, sağlıklı kalmak için insanların sağlıklı davranışlar benimsemeleri gerektiği mesajını kamuoyuna ileterek bireylerin sağlıklı seçimler yaparak kronik bir hastalığa yakalanma olasılığı azaltılabilmekte ve yaşam kalitesi artırılabilmektedir (Balwn and Kour, 2021).

Yang ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, Çinli KOAH hastalarından oluşan bir grupta KOAH bilgi düzeyinin öz yönetim davranışı düzeyiyle ilişkili olduğu, hastalık bilgisi ve öz yönetim davranışı düzeylerinin her ikisinin de düşük olduğu bulunmuştur. KOAH hastalarında hastalık bilgisi düzeyini iyileştirmeye odaklanan sağlık eğitimi ve hemşirelik müdahaleleri, hastaların iyi öz yönetim davranışı oluşturmasına yardımcı olmak, alevlenme oranını ve komplikasyon oranını potansiyel olarak azaltmak ve KOAH hastalarının yaşam kalitesini ve psikososyal refahını iyileştirmek için gerekli olabildiği belirtilmiştir.

3.SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfusun tüm dünyada yaşlanması ile birlikte diğer bulaşıcı olmayan hastalıklarda olduğu gibi KOAH'ta da görülme sıklığı her geçen gün artmaktadır. Bu artış her ne kadar sağlıksız davranışlarda bulunan bireylerde korkuya sebep olsa da yaşam şekillerinde bir değişiklik yaratmamaktadır. Celli ve arkadaşlarının(2017) çalışmasında, hastaların KOAH'ın kendisi hakkında çok az bilgiye sahip olduklarını, hastalığın şiddetini ve semptomlarının önemini hafife aldıklarını ve hipertansiyon gibi diğer hastalıklara kıyasla yetersiz tedavi edilme eğiliminde oldukları sonucuna varılmıştır.

Sigara, alkol tüketimi ve vücut ağırlığını azaltmak; egzersiz sıklığını artırmak; ve yeterli uykunun KOAH yükünü azaltmak için gerekli olmasını sağlamak için klinisyenler tarafından bireysel danışmanlık ve ulusal düzeyde kamu politikalarının uygulanması oldukça önemlidir. Sağlıklı bir yaşam tarzına uyum sağlamaları için hastaları motive etmek, danışmanlık yapmak ve koçluk yapmak için fazladan zaman harcamak KOAH yükünü azaltmada çok önemli bir rol oynayabilmekte ve bunda en önemli rol halk sağlığı hemşirelerine düşmektedir (Bouloukaki et all, 2024).

Son yıllarda, teknolojik gelişmelere paralel olarak sağlık alanında da önemli ilerlemeler kaydedilmesi ve birçok hastalığın tedavi edilebilmesiyle yaşam süresi uzamış ve insanlar kronik hastalıklarla daha uzun süre birlikte yaşamaya başlamıştır. Bu süreçte halk sağlığı hemşirelerinin amacı, yaşam süresini uzatmak ve tedavi olmanın yanında bireylerin kendi sağlıklarını korumaları ve geliştirmeleri için sağlıklı yaşam biçimlerini oluşturmalarına yönelik uygulamaları sağlanır kılmak olmalıdır (Savucu, 2020).

4. KAYNAKLAR

1. Abraham S, Symons G. Non-pharmacological management of chronic obstructive pulmonary disease. S Afr Med J. 2015 Sep;105(9):789. doi: 10.7196/samjnew.8489. PMID: 26636170.

2. Alkan A.D. ve Kurnaz S., Kadercilik Eğilimi İle Özyeterlik İnancı ve Savunma Mekanizmaları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Ege Eğitim Dergisi: ü;2017(18) 1: 124-145.

3. Arslan Aras, I. ve Mansur, F., OECD Ülkelerinde Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı'na (KOAH) Bağlı Ölümlerle Ilişkili Faktörlerin Belirlenmesi,Hacettepe Sağlık Idaresi Dergisi,2023; 26(4), 921-934. https://doi.org/10.61859/hacettepesid. 1275073.

4. Aydın, C.,Kader İnancının Savunma Mekanizması ve Dini Başa Çıkma Kavramları Açısından Değerlendirilmesi, Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi;2019; 18/35, 101-122. https://doi.org/10.14395/hititilahiyat.469645.

5. Aydın, Cüneyd. "Kader İnancının Savunma Mekanizması ve Dini Başa Çıkma Kavramları Açısından Değerlendirilmesi". Hitit Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi-Journal of Divinity Faculty of Hitit University 18/35(Haziran-June 2019): 101-122. https://doi.org/10.14395/ hititilahiyat.469645.

6. Balwn K.W. and Kour S.,Lifestyle Diseases: The Link between Modern Lifestyle and Threat to Public Health, Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences,2021, DOI: 10.36348/sjmps.2021.v07i04.00X.

7. Bingöl, Z., & Çağatay, T.,Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) Olgularında Alevlenme Nedenleri Tanı, Tedavi ve Risk Grubu Olgularda Farkındalık, Klinik Tıp Aile Hekimliği,2016; 8(5), 21-23.

8. Bouloukaki, I., Christodoulakis, A., Margetaki, K., & Tsiligianni, I.,Association of Lifestyle Behaviors with Quality of Life in Patients with COPD: A Cross-Sectional Study in Primary Care. Journal of Clinical Medicine,2024; 13(16), 4793. https://doi.org/10.3390/jcm13164793.

9. Bülbül Y. Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığında Uyku Sorunları (Sleep disturbances in chronic obstructive pulmonary disease). Güncel Göğüs Hast Serisi. 2013;1:80-5.

10. CDC,JUNE 2024, Chronic Disease Indicators, https://www.cdc.gov/cdi/indicator-definitions/chronic-obstructive-pulmonary-disease.html (Erişim Tarihi:23.05.2025).

11. Celli, B., Blasi, F., Gaga, M., Singh, D., Vogelmeier, C., Pegoraro, V., Caputo, N., & Agusti, A.,Perception Of Symptoms And Quality Of Life - Comparison Of Patients' And Physicians' Views In The COPD MIRROR Study, International Journal Of Chronic Obstructive Pulmonary Disease,2017 12, 2189–2196. https://doi.org/10.2147/COPD.S136711.

12. Çevik Akyıl R.,Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı ve Hemşirelik Bakımı,Yaşlılık Ve Yaşlı Sağlığı,Editörler: Bilgili N. Ve Kitiş Y.,Vize Yayıncılık,2.Baskı,Ankara,2018.

13. de los Monteros, K.E.,Fatalism. In: Gellman, M.D., Turner, J.R. (eds) Encyclopedia of Behavioral Medicine, Springer, New York, NY,2013. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1005-9_190.

14. Dural G, Sarıtaş S.Ç. Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı Olan Bireylerde Uyku Kalitesi ile Anksiyete ve Depresyon Arasındaki İlişki, Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi;2019; 2 247–252.

15. Franklin, M. D., Schlundt, D. G., McClellan, L. H., Kinebrew, T., Sheats, J., Belue, R., Brown, A., Smikes, D., Patel, K., & Hargreaves, M.,Religious Fatalism And Its Association With Health Behaviors And Outcomes, American Journal Of Health Behavior;2007;31(6), 563–572. https://doi.org/10.5555/ajhb.2007.31.6.563.

16. Gentry S, Gentry B.,Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Diagnosis and Management,American Family Physician;2017;95(7).

17. Gürgün A, Elmas F.,Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı,Türk Toraks Derneği Eğitim Kitapları Serisi, Miki Matbaacılık ,Ankara,2019.

18. Gutierrez, A. P., Mccurley, J. L., Roesch, S. C., Gonzalez, P., Castañeda, S. F., Penedo, F. J., & Gallo, L. C., Fatalism And Hypertension Prevalence, Awareness, Treatment And Control In US Hispanics/Latinos: Results From HCHS/SOL Sociocultural Ancillary Study, Journal Of Behavioral Medicine;2016; 40(2), 271–280. Doi:10.1007/S10865-016-9779-X.

19. Han, B. ve Yalçınöz Baysal, H. ,(2024), Relationship of Women's Breast Cancer Fatalism Perceptions with Health Beliefs and Early Diagnosis Behaviors. Advances in Women's Studies; 6(2), 38-47. https://doi.org/10.51621/aws.1553428.(Erişim Tarihi:18.05.2025).

20. Hanania, N. A., & O'Donnell, D. E. ,(2019), Activity-Related Dyspnea In Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Physical And Psychological Consequences, Unmet Needs, And Future Directions, International Journal Of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 14, 1127–1138. https://doi.org/10.2147/COPD.S188141. (Erişim Tarihi:20.05.2025).

21. Hayes, J., & Clerk, L., (2021), Fatalism in the Early Days of the COVID-19 Pandemic: Implications for Mitigation and Mental Health, Frontiers In Psychology, 12, 560092. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.560092. (Erişim Tarihi:20.05.2025).

22. Heiniger, L. E., Sherman, K. A., Shaw, L. K., & Costa, D., (2015), Fatalism And Health Promoting Behaviors In Chinese And Korean Immigrants And Caucasians, Journal Of Immigrant And Minority Health, 17(1), 165–171. https://doi.org/10.1007/s10903-013-9922-5. (Erişim Tarihi:20.05.2025).

23. HSGM,(2023), 15 Kasım Dünya KOAH Günü, https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/haberler/15-kasim-duenya-koah-guenue.html?utm_source=chatgpt.com (Erişim Tarihi:21.06.2025).

https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kronik-hastaliklar-ve-yasli-sagligi-db/Dokumanlar/Rehberler/Astim_KOAH_Katilimci_Rehberi.pdf.

24. Kaya, A. ve Bozkur, B. ,(2017), Kadercilik Eğilimi Ile Özyeterlik Inancı ve Savunma Mekanizmaları Arasındaki Ilişkinin Incelenmesi, Ege Eğitim Dergisi, 18(1), 124-145.https://doi.org/10.12984/egeefd.328379. (Erişim Tarihi:19.05.2025).

25. Kılıç H.,Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı,Göğüs Hastalıkları,Editor:Hasanoğlu C.,Nobel Tıp Kitabevleri,Birinci Baskı, Ankara,2023.

26. Köten, E., Fatalism, health behavior and Covid-19: A literature review. SSRJ| Social Sciences Research Journal,2021, 10(02), 515-528.

27. Kukrety, S. P., Parekh, J. D., & Bailey, K. L.,(2018), Chronic Obstructive Pulmonary Disease And The Hallmarks Of Aging, Lung India : Official Organ Of Indian Chest Society, 35(4), 321–327. https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia_266_17. (Erişim Tarihi:21.05.2025).

28. Lareau, S. C., Fahy, B., Meek, P.,Wang, A.,(2019), Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine, 199(1), P1–P2. https://doi.org/10.1164/rccm.1991P1. (Erişim Tarihi:21.05.2025).

29. Macit, M.,Boyun eğme-başa çıkma sarkacında kadercilik: Sosyal psikolojik bir yaklaşım. İstanbul: Ötüken Neşriyat,2014.

30. Molaei-Zardanjani, M., Savabi-Esfahani, M., Taleghani, F., (2019),Fatalism In Breast Cancer And Performing Mammography On Women With Or Without A Family History Of Breast Cancer, BMC Women's Health, 19(1), 116. https://doi.org/10.1186/s12905-019-0810-6. (Erişim Tarihi:18.05.2025).

31. Nageeb, S., Vu, M., Malik, S., Quinn, M. T., Cursio, J.,Padela, A. I. ,(2018),Adapting A Religious Health Fatalism Measure For Use In Muslim Populations, Plos One, 13(11), e0206898. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206898. (Erişim Tarihi:21.05.2025).

32. Neşe A.,(2023), Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (Koah) ve Yönetimi, Sağlık Bilimleri Araştırmaları Hemşirelik & Ebelik,Editör: Cengiz Açıl H.,Özgür Yayinlari, Gaziantep, DOI: https://doi.org/10.58830/ozgur.pub72. License: CC-BY-NC 4.0

33. NHLBI,(2024), COPD Causes and Risk Factors, https://www.nhlbi.nih.gov/health/copd/causes (Erişim Tarihi:09.07.2025).

34. Parvizian, M. K., Dhaliwal, M., Li, J., Satia, I., & Kurmi, O. P. (2020). Relationship between dietary patterns and COPD: a systematic review and meta-analysis. ERJ open research, 6(2), 00168-2019. https://doi.org/10.1183/23120541.00168-2019. (Erişim Tarihi:22.05.2025).

35. Patino-Alonso, M. C., Recio-Rodríguez, J. I., Magdalena-Belio, J. F., Giné-Garriga, M., Martínez-Vizcaino, V., Fernández-Alonso, C., … García-Ortiz, L. ,(2015), Clustering Of Lifestyle Characteristics And Their Association With Cardio-Metabolic Health: the Lifestyles and Endothelial Dysfunction (EVIDENT) study, British Journal of Nutrition, 114(6), 943–951. doi:10.1017/S0007114515002500.

36. Polverino, F., Sam, A., Guerra, S., (2019),COPD: To Be or Not to Be, That is the Question, The American Journal Of Medicine, 132(11), 1271–1278. https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.04.047. (Erişim Tarihi:01.06.2025).

37. Pozzar, M., Volpato, E., Valota, C., Pagnini, F., Banfi, P. I., (2020), How People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease Perceive Their Illness: A Qualitative Study Between Mind And Body,BMC Pulmonary Medicine, 20(1). doi:10.1186/s12890-020-1157-3. (Erişim Tarihi:01.06.2025).

38. Saad Ay,(2018), Gm. The Effect Of Breathing Exercises On The Degree Of Dyspnea And Activities Of Daily Living For Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Iosr Journal Of Nursing And Health Science, 2018;7(5):01-16. (Erişim Traihi:17.05.2025).

39. Savucu, Y., (2020), Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları, Spor Ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi, 2(1), 34-43.

40. SHGM,(2011), Astım ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) Tanı ve Tedavisinde Birinci Basamak Hekimler İçin Hizmet İçi Eğitim Modülü Katılımcı Rehberi, Anil Matbacilik,Ankara.

41. Simet, S. M., & Sisson, J. H. (2015). Alcohol's Effects on Lung Health and Immunity. Alcohol research : current reviews, 37(2), 199–208.

42. Tanik, A., Demirci, F., Doğan, M., Doğru, A., (2015), Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı Ve Periodontal Hastalık Ilişkisi, Dicle Medical Journal, 42(2), 274-278. https://doi.org/10.5798/diclemedj.0921.2015.01.0573. (Erişim Tarihi:20.05.2025).

43. Uçan, E.S.,Durna Z., Olgun N., Akyıl R.Ş., Göğüs Hastalıkları Hemşireliği,Bilimsel Tıp Yayınevi, Neu Grand Library,2018.

44. Umut S. Ve Erdinç E., (2011), KOAH Ile Yaşam, Türk Toraks Derneği Eğitim Kitapları Serisi,Ankara. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kronik-hastaliklar-ve-yasli-sagligi-db/Dokumanlar/Kitaplar/KOAH_Ile_Yasam_Kitapcigi.pdf. (Erişim Tarihi:02.06.2025).

45. 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. Smoking Cessation: A Report of the Surgeon General [Internet]. Washington (DC): US Department of Health and Human Services; 2020. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555591/ (Erişim Tarihi:09.07.2025).

46. WHO,2023, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd) (Erişim Tarihi:20.05.2025).

47. WHO,2023, Smoking Is The Leading Cause Of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, https://www.who.int/news/item/15-11-2023-smoking-is-the-leading-cause-of-chronic-obstructive-pulmonary-disease (Erişim Tarihi:24.05.2025).

48. WHO,2024,https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd),(Erişim Tarihi:23.05.2025).

49. Yang, H., Wang, H., Du, L., Wang, Y., Wang, X., Zhang, R., (2019),Çin'deki KOAH Hastalarının Hastalık Bilgisi Ve Öz Yönetim Davranışları, Trp, 98(8), e14460.doi:10.1097/md.0000000000014460. (Eriim Tarihi:03.06.2025).

50. Yavuz C.,Yaşlıda Solunum Sistemi Sorunlarında Destek Bakım, Yaşlıda Destek Bakım,Editör: Karadakovan A., s.329-342,Sürüm: 1Bölüm: 26,A

TİP 2 DİYABET HASTALARINDA DİYABET ÖZYÖNETİM EĞİTİMİNİN GLİSEMİK KONTROL ÜZERİNE ETKİSİ: LİTERATÜR TARAMASI

Hemşire, SERHAT BELENAY
Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Serhatbelenay@gmail.com - https://orcid.org/0009-0001-3797-7603

Prof. Dr. HAMDİYE ARDA SÜRÜCÜ
Dicle Üniversitesi Atatürk Sağlık Bilimleri Fakültesi
hamdiye.arda@dicle.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7052-1002

ÖZET

Tip 2 diyabet, bireyin yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyen ve tüm dünyada yaygınlığı giderek artan kronik bir hastalıktır. Etkin bir diyabet yönetimi, yalnızca farmakolojik tedaviyle değil, aynı zamanda bireyin hastalığı hakkında bilgi sahibi olması, yaşam tarzı değişikliklerini benimsemesi ve öz bakım davranışlarını sürdürebilmesiyle mümkündür. Bu noktada, diyabet özyönetim eğitimi diyabet bakım sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmanın amacı, diyabet özyönetim eğitimin Tip 2 diyabet hastalarında glisemik kontrol üzerindeki etkisini inceleyen bilimsel literatürü derleyerek değerlendirmektir.

Bu kapsamda, akademik veri tabanlarında “tip 2 diyabet”, “HbA1c düzeyi”, “glisemik kontrol” ve “diyabet özyönetim eğitimi” anahtar kelimeleri kullanılarak tarama yapılmıştır. Dâhil edilme kriterlerine uyan özgün araştırma çalışmaları incelenmiştir. Değerlendirilen çalışmaların büyük bir kısmında, diyabet özyönetim eğitimin hastaların HbA1c düzeylerinde anlamlı düşüş sağladığı, tedaviye uyumu artırdığı, beslenme ve egzersiz alışkanlıklarında olumlu değişiklikler yarattığı ve öz bakım becerilerini güçlendirdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, literatür bulguları diyabet özyönetim eğitimin glisemik kontrol üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Tip 2 diyabetli bireylerde komplikasyonları önlemek, tedaviye uyumu artırmak ve yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla, diyabet özyönetim eğitimin klinik uygulamalarda daha sistematik ve sürekli bir şekilde yer alması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler : tip 2 diyabet , glisemik kontrol, hemşirelik eğiti diyabet özyönetim eğitimi, HbA1c düzeyi

ABSTRACT

EFFECT OF DIABETES SELF-MANAGEMENT EDUCATION ON GLYCEMIC CONTROL IN TYPE 2 DIABETES PATIENTS: LITERATURE REVIEW

Type 2 diabetes is a chronic disease that significantly affects individuals' quality of life and is becoming increasingly prevalent worldwide. Effective diabetes management requires not only pharmacological treatment but also the individual's knowledge of the disease, adoption of lifestyle changes, and ability to sustain self-care behaviors. At this point, self-management education plays a crucial role in the diabetes care process.

The aim of this study is to review and evaluate the scientific literature examining the impact of diabetes self-management education on glycemic control in individuals with type 2 diabetes. Within this scope, a literature search was conducted in academic databases using keywords such as “type 2 diabetes,” “HbA1c level,” “glycemic control,” and “diabetes self-management education”. Original research articles that met the inclusion criteria were analyzed.

The majority of the studies reviewed reported that diabetes self-management education led to a significant reduction in patients' HbA1c levels, improved treatment adherence, contributed to positive changes in nutrition and exercise habits, and strengthened self-care skills.

In conclusion, findings from the literature indicate that diabetes self-management education has positive effects on glycemic control. In order to prevent complications, enhance treatment adherence, and improve quality of life in individuals with type 2 diabetes, it is essential that diabetes self-management education be integrated into clinical practice in a more systematic and continuous manner.

Keywords: type 2 diabetes, glycemic control, diabetes self-management education, HbA1c level

1. GİRİŞ

Diyabet, insülin yetersizliği ya da etkisindeki bozulmalar sonucunda, başta karbonhidratlar olmak üzere yağ ve protein metabolizmalarında çeşitli bozuklukların görüldüğü, sürekli tıbbi izlem ve bakım gerektiren kronik bir metabolik hastalıktır (Salmanoğlu, 2019). Gerek dünya genelinde gerekse Türkiye’de görülme sıklığı giderek artan diyabet, yol açtığı sağlık sorunları nedeniyle küresel düzeyde önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (İstek & Karakurt, 2018).

Hızla değişen toplumsal ve kültürel yapılar, kentleşmenin yaygınlaşması, nüfusun yaşlanması, sağlıksız beslenme alışkanlıkları, obezite oranlarındaki artış ve fiziksel hareketlilikteki azalmayla birlikte pek çok ülkede diyabetli birey sayısında ciddi artışlar yaşanmaktadır. Bu eğilim, hastalığı 21. yüzyılın başlıca küresel sağlık sorunlarından biri konumuna taşımıştır (Aydoğan, Aydın ve ark., 2020). Uluslararası Diyabet Federasyonu’nun verilerine göre, 2011

yılı sonunda 20-79 yaş aralığında diyabet tanısı alan birey sayısının dünya genelinde 366 milyona ulaştığı, bu sayının ise 2030 yılına kadar yaklaşık %51 oranında artarak 552 milyona çıkmasının öngörüldüğü bildirilmektedir (Salmanoğlu, 2019).

Diyabetli bireylerde kan şekeri düzeylerinin dengelenmesinde, bireyin gerçekleştirdiği öz bakım uygulamaları hayati öneme sahiptir. Orem'in öz bakım kuramına göre, bireyin sağlıkla ilgili gereksinimlerini karşılayabilmesi için yeterli düzeyde öz bakım gücüne sahip olması gerekmektedir. Öz bakım gücü; bireyin yaşamını sürdürebilmesi, sağlığını koruyabilmesi ve genel iyilik halini sağlayabilmesi için gerekli sağlık davranışlarını başlatma ve uygulama kapasitesini ifade eder. Birey tarafından başlatılan ve sürdürülen bu tür faaliyetler, öz bakım kavramı altında tanımlanmakta olup; kişisel ilgi, öğrenme süreci, eğitim ve yaşantı yoluyla geliştirilen davranışları kapsamaktadır(İstek & Karakurt, 2018).

Diyabet hastalarında en temel sorunlardan biri, kan şekeri düzeylerinin istenilen sınırlar içerisinde tutulamamasıdır. Bu nedenle, diyabetin etkin bir şekilde yönetilmesinde temel hedef, glisemik dengeyi sağlamak ve hastalığın yol açabileceği komplikasyonların gelişimini engellemektir. Diyabet tedavi süreci; beslenme düzeninin sağlanması, düzenli fiziksel aktivite, kan şekeri takibi, oral antidiyabetik ilaçlar ya da insülin kullanımı ile birlikte diyabet özyönetim eğitimini de kapsayan çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. Ömür boyu süren bu tedavi sürecinde bireyin kendi bakım sorumluluğunu üstlenmesi ve yaşam tarzında kalıcı değişiklikler yapması büyük önem taşımaktadır(Sürücü, 2014).

Tip 2 Diyabet

Tip 2 diyabet, zamanla ilerleyen ve yaşam boyu süren kronik bir metabolik hastalıktır. Bu hastalıkta en temel zorluklardan biri, kan şekeri düzeylerinin istenilen aralıkta tutulamaması ve bu duruma bağlı olarak gelişebilecek çeşitli komplikasyonlardır (Sürücü, H. A., & Samancıoğlu, S. 2018).
Tip 2 Diabetes Mellitus (T2DM), temel olarak genetik yatkınlığı bulunan bireylerde, çoğunlukla sağlıksız yaşam tarzı faktörleri olan obezite ve yetersiz fiziksel aktiviteyle ilişkili olarak ortaya çıkan; insülin direncinin kademeli artışı ve buna eşlik eden insülin üretimindeki azalma ile karakterize, süregen bir metabolik hastalıktır(Özbayer & ark., 2018).

Glisemik kontrolün sağlanabilmesi adına ilk basamak tedavi yaklaşımında düzenli egzersiz, beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi ve oral antidiyabetik ilaçlar yer almaktadır. Ancak bu yöntemlerle yeterli kan şekeri kontrolü sağlanamazsa, tedaviye insülin uygulaması eklenmesi önerilmektedir. Oral antidiyabetik ilaçlarla yeterli glisemik kontrol sağlanamayan ve HbA1c düzeyi ortalama %9,08 olan Tip 2 diyabet hastalarının yaklaşık yarısı, tanıdan sonraki beş yıl içerisinde insülin tedavisine geçmektedir. Hiperglisemiyi kontrol altına almada insülinin en etkili tedavi yöntemlerinden biri olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, insülin uygulamasına çoğu zaman geç dönemde başlandığı ve glisemik hedeflere ulaşmak için gerekli olan doz ve uygulama sıklığının yeterli düzeyde sağlanamadığı da bildirilmektedir(Sürücü & Samancıoğlu, 2018).

1.2 Tip 2 Diyabetin Küresel ve Ulusal Yaygınlığı

Günümüzde küresel ölçekte Tip 2 diyabet, obezite ve kardiyovasküler hastalıkların yaygınlığı hızla artmakta ve bu durum, halk sağlığını tehdit eden ciddi bir pandemi boyutuna ulaşmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün öngörülerine göre, diyabetli birey sayısının 21. yüzyılın ilk çeyreği sona ermeden 300 milyonu aşacağı tahmin edilmektedir(Özdogan ve Ark., 2015).
Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun (IDF) 2025 yılı Diyabet Atlası verilerine göre, 20-79 yaş aralığındaki yetişkin bireylerin her 9 kişiden 1'inin diyabetle yaşadığı belirtilmektedir. Ayrıca bu bireylerin %40'ı, hastalığa sahip olduklarının farkında değildir. 2050 yılına gelindiğinde ise diyabetli birey sayısının dünya genelinde 853 milyona ulaşacağı ve bu durumun yaklaşık %46 oranında bir artışı temsil edeceği öngörülmektedir.
Mevcut diyabetli bireylerin %90'ından fazlası, genellikle sosyoekonomik, çevresel, demografik ve kalıtsal faktörlerle ilişkili olan tip 2 diyabet tanısı almaktadır. Tip 2 diyabet sıklığındaki artışın başlıca nedenleri arasında kentleşmenin hız kazanması, nüfusun yaşlanması, fiziksel aktivite düzeylerinde azalma ve obezite ile aşırı kilo sıklığındaki artış yer almaktadır. Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun (IDF) 2025 yılı Diyabet Atlası'na göre, Türkiye'de 20-79 yaş arasındaki yetişkin nüfusun yaklaşık %16,5'inin diyabet hastası olduğu tahmin edilmektedir. Bu oran, geçmiş yıllara kıyasla belirgin bir artış göstermekte olup, 2011'de yaklaşık %7,9 iken, 2024 yılında %16,5 seviyesine yükselmiştir. Geleceğe yönelik projeksiyonlar ise bu oranın 2050 yılına kadar %18,6'ya ulaşabileceğini göstermektedir.Aynı atlas verilerine göre, 2024 yılında Türkiye'de diyabet tanısı konmuş veya konmamış yaklaşık 9,6 milyon kişi diyabetle yaşamaktadır. Bu sayının 2050 yılında 14 milyona yaklaşması beklenmektedir. Ayrıca diyabet hastalarının neredeyse yarıya yakını (%45,5) henüz tanı almamış durumdadır.

Diyabetle ilişkili ölüm oranları da artış eğilimindedir. 2024 yılında bu sebeple yaşamını yitiren kişi sayısı 31.931 iken, 2050 yılında bu rakamın 42.558'e yükseleceği öngörülmektedir. Buna paralel olarak, diyabetin tedavi ve yönetimi için yapılan sağlık harcamaları da artış göstermektedir. Bu veriler, Türkiye'de diyabetin hızla yayıldığını ve sağlık sisteminin bu kronik hastalığa yönelik önleyici ve yönetici stratejiler geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (IDF, 2025).

1.3 Diyabet Özyönetim Eğitimin'in Diyabet Yönetimindeki Rolü

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), eğitimi diyabet tedavisinin temel unsurlarından biri olarak tanımlamakta ve bireyin toplumsal yaşama katılımında kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Diyabetli bireylerin eğitimi; hastaların kendilerini daha iyi hissetmelerini sağlamak, kan şekeri düzeylerini daha etkin kontrol altına alarak komplikasyon riskini azaltmak, tedaviye bağlı maliyetleri düşürmek, olası tedavi hatalarının önüne geçmek ve bireyin çağdaş sağlık teknolojilerini kullanabilme becerilerini geliştirmek amacıyla yürütülen bilgi ve deneyim aktarımı sürecidir (Sivrikaya & Ergün, 2018).

Tip 2 diyabet tanısı alan bireylerin hastalıklarını etkin biçimde yönetebilmeleri; beslenme alışkanlıklarını düzenlemeleri, düzenli fiziksel aktivite yapmaları, ilaçlarını doğru şekilde

kullanmaları ve kan şekeri düzeylerini izlemeleri gibi yaşam tarzı değişikliklerini benimsemelerini gerektirir. Bu değişikliklerin başarılı bir şekilde hayata geçirilebilmesi, öncelikle bireyin hastalığını kabullenmesiyle yakından ilişkilidir. Diyabet tanısını kabul eden bireylerin, hem tedaviye uyumları artmakta hem de hastalığın getirdiği bireysel, ailesel, mesleki ve sosyal zorluklarla daha kolay başa çıkabildikleri gözlemlenmektedir. Ayrıca bu bireylerin, yaşamlarına karşı daha olumlu ve umut dolu bir tutum geliştirme eğiliminde oldukları da dikkat çekmektedir (Yılmaz, F. & ark., 2019).

Diyabet hemşiresinin görev ve sorumlulukları, hizmet verdiği sağlık kuruluşunun yapısı ve bölgesel koşullara bağlı olarak çeşitlilik gösterebilir. Ancak temel ve değişmeyen görevi; diyabetli bireyler için eğitimi planlamak, yürütmek, koordine etmek ve süreci değerlendirmektir. Bu süreç, bireyin hastalığını yönetebilmesini sağlamak amacıyla yapılandırılmış bir sağlık eğitimi yaklaşımıdır.

Diyabetli bireylerde hemşirelik bakımı ise sistematik bir yaklaşımı içeren hemşirelik süreci çerçevesinde yürütülür. Bu süreç; bireyin gereksinimlerini analiz etmeyi, mevcut ya da potansiyel sağlık sorunlarını belirlemeyi, bakım hedeflerini oluşturmayı, uygun hemşirelik girişimlerini planlayıp uygulamayı ve sonuçları değerlendirmeyi kapsar. Böylece bireyin özgün sağlık durumu dikkate alınarak etkili ve kişiselleştirilmiş bir bakım hizmeti sunulması hedeflenir(Sivrikaya & Ergün, 2018).

1.4 Diyabet Yönetiminde Diyabet Özyönetim Eğitimi

Diyabet tedavisinin temel taşlarından biri, hastanın hastalığı hakkında kapsamlı bilgi edinmesidir. Bireyin diyabetin ne olduğunu, nedenlerini ve kontrol altına alma yollarını öğrenmesi, hastalık yönetiminde aktif rol almasını sağlar. Bu eğitim süreci sayesinde birey, kendi sağlık durumunu izleme becerisi kazanır ve karşılaştığı sorunlarla başa çıkma kapasitesi artar. Sonuç olarak hasta, yaşam kalitesini koruyarak hastalığını etkin biçimde yönetmeyi ve tedavi uygulamalarını düzenli biçimde sürdürmeyi öğrenir(Bayrak & Çolak, 2012).

Tip 2 diyabet tanısı almış bireylerde temel amaç, kan şekeri düzeylerini normal değerlere mümkün olduğunca yakın tutmak ve bu süreçte hipoglisemiye bağlı sağlık risklerini en aza indirmektir. Bu hedefe ulaşabilmek için kapsamlı ve bireye özgü eğitim programları kritik öneme sahiptir. Aşağıda, bu eğitim sürecinde öncelik verilmesi gereken en önemli 10 başlık yer almaktadır:

Bireyselleştirilmiş Eğitim Planı: Diyabet tedavi hedefleri bireyin yaşam tarzı, yaşı, komplikasyon varlığı gibi etkenlere göre belirlenmeli ve eğitim süreci bu hedeflere uygun şekilde yapılandırılmalıdır.

Hasta ve Hemşire Arasındaki İletişim: Diyabet hemşiresi ile birey arasındaki iletişim güçlendirilerek tedaviye katılımın artırılması sağlanmalıdır.

Hipoglisemi ve Hiperglisemi Bilinci: Birey ve yakın çevresi, düşük ve yüksek kan şekeri belirtilerini tanıyabilmeli ve bu durumlarda nasıl hareket edeceklerini öğrenmelidir.

Glisemik Farkındalık Eğitimi: Kan şekeri düzeylerinin bireysel farklılıklar ve günlük yaşam faktörleriyle nasıl değiştiği hakkında bilgi verilmelidir.

Karar Verme Becerisi: Bireyin, günlük yaşamındaki glisemik durumları değerlendirme ve gerekli önlemleri alma becerisi geliştirilmelidir.

Kan Şekeri Takibi ve Uygun Davranış Geliştirme: Bireylere, evde yapılan kan şekeri ölçüm sonuçlarına göre nasıl hareket edecekleri öğretilmeli, ölçümlerin ne zaman ve neden yapılması gerektiği açıklanmalıdır.

İnsülin ve Oral Antidiyabetik Bilgilendirmesi: Bireyler kullandıkları ilaçların etki mekanizmaları, kullanım şekli ve yan etkileri konusunda ayrıntılı olarak bilgilendirilmelidir.

Hipoglisemi Acil Müdahale Eğitimi: Özellikle 70 mg/dL altı glukoz düzeylerinde ortaya çıkan hipoglisemi belirtilerine nasıl yanıt verileceği ve daha ciddi tabloların nasıl önleneceği bireye açık şekilde anlatılmalıdır.

Gece Hipoglisemi Farkındalığı: Gece yaşanabilecek hipoglisemi riskine dikkat çekilmeli ve bu dönemde zaman zaman kan şekeri ölçümü yapılması gerektiği vurgulanmalıdır.

Yinelenen Eğitim Uygulamaları: Hipoglisemi ve hiperglisemiye yönelik koruyucu ve tedavi edici uygulamalar, aralıklı tekrarlarla bireylere yeniden öğretilmelidir (Muslu & Ardahan, 2018).

2. AMAÇ

Bu bildirinin amacı, Tip 2 diyabet hastalarında diyabet özyönetim eğitiminin glisemik kontrol üzerindeki etkisini değerlendiren güncel bilimsel çalışmaları inceleyerek, mevcut kanıtları derlemek ve hemşirelik uygulamalarına yönelik etkili eğitim stratejilerini ortaya koymaktır. Bu bağlamda, hastaların diyabet yönetimine ilişkin bilgi düzeyleri, öz bakım davranışları, tedaviye uyumları ve kan şekeri regülasyonuna olan etkilerinin diyabet özyönetim eğitimi aracılığıyla nasıl değiştiği araştırılmaktadır.

Literatür taramasının önemi, diyabet özyönetim eğitiminin bireylerin diyabetle başa çıkma süreçlerine nasıl katkı sağladığını bilimsel verilerle ortaya koyarak, sağlık profesyonellerine kanıta dayalı bakım sunma noktasında rehberlik etmesidir. Ayrıca, diyabet yönetiminde eğitimin yeri, içeriği, süresi ve yöntemlerine dair karşılaştırmalı bilgi sağlayarak, klinik uygulamalarda standartların geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu çalışma, diyabet özyönetim eğitiminin glisemik kontrol üzerindeki etkisini destekleyen veya sınırlayan faktörleri tanımlamak açısından da literatüre değerli bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

3.Yöntem (Methods)

Bu çalışma, literatür taraması yöntemiyle yürütülmüştür. Araştırma kapsamında, Tip 2 diyabetli bireylerde diyabet özyönetim eğitiminin glisemik kontrol üzerindeki etkisini

inceleyen bilimsel yayınlara ulaşmak amacıyla sistematik bir tarama gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması, PubMed, Google Scholar, ScienceDirect ve ULAKBİM veri tabanları aracılığıyla yapılmıştır. Tarama sürecinde, "tip 2 diyabet", "glisemik kontrol", "diyabet özyönetim eğitimi" ve "HbA1c düzeyi" anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Araştırmaya dahil edilecek yayınların belirlenmesinde bazı ölçütler esas alınmıştır. Bu doğrultuda, 2012–2024 yılları arasında yayımlanmış, insan denekler üzerinde yürütülmüş, hemşirelik eğitimi içeren ve glisemik kontrolü değerlendiren (örneğin HbA1c, açlık kan şekeri gibi biyokimyasal parametreler) sonuçları raporlayan çalışmalar incelemeye alınmıştır. Belirtilen kriterlere uygun olan çalışmalar değerlendirilerek, diyabet özyönetim eğitiminin Tip 2 diyabetli bireylerde glisemik kontrol üzerine etkisine ilişkin güncel bilimsel kanıtlar ortaya konulmuştur.

Tip 2 Diyabetli Hastalarda Planlı Eğitim Programının Sağlık İnancına ve Metabolik Kontrole Etkisi:

Kartal ve Özsoy 2014 yılında yaptıkları çalışmada, tip 2 diyabetli hastalarda planlı bir eğitim programının sağlık inancı ve metabolik kontrol üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi'nde gerçekleştirilmiş ve 100 hasta (50 deney, 50 kontrol) üzerinde yürütülmüştür. Deney grubuna 10 hafta boyunca planlı diyabet eğitimi verilmiştir. Çalışmada sağlık inanç modeli ölçeği ve HbA1c değerleri kullanılarak hastaların sağlık inancı ve metabolik kontrolleri değerlendirilmiştir. Eğitim sonrasında deney grubunda sağlık inanç puanları artmış, HbA1c değerleri ise anlamlı şekilde düşmüştür. Kontrol grubunda ise bu değişiklikler gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak, planlı eğitim programlarının Tip 2 diyabetli hastalarda sağlık inancını güçlendirdiği ve metabolik kontrolü iyileştirdiği belirlenmiştir. Bu çalışma, diyabet yönetiminde eğitim programlarının önemini ortaya koymaktadır (Kartal & Özsoy, 2014).

Vietnam'da Tip 2 Diyabetli Kişilerde Grup Hasta Eğitiminin Glisemik Kontrol Üzerindeki Etkisi: Randomize Kontrollü Tek Merkezli Bir Çalışma:

Thanh ve tien tarafından (2021) yapılan çalışma, düşük kaynaklı bir ortamda yürütülmüş olup, üç aylık yapılandırılmış bir hasta eğitimi ve öz yönetim müdahalesinin diyabet bilgisi ile glisemik kontrol üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Araştırma, Tip 2 diyabetli ayaktan tedavi gören yetişkin bireyler arasında tek merkezli randomize kontrollü bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Katılımcılar iki gruba ayrılmıştır: müdahale grubuna üç ay süresince diyabet bilgisi, beslenme, egzersiz ve olağan diyabet bakımını içeren topluluk temelli bir eğitim verilmiş, kontrol grubuna ise sadece olağan diyabet bakımı sunulmuştur. Diyabet bilgisi, Michigan Üniversitesi Diyabet Bilgi Testi (MDKT) ile değerlendirilmiş; ayrıca HbA1c, açlık kan şekeri ve sistolik kan basıncı düzeyleri de izlenmiştir.

Toplamda 364 hasta çalışmaya dahil edilmiş, her gruba 182 kişi randomize edilmiştir. Üç ay sonunda, diyabet bilgi düzeyinde anlamlı bir artış gözlemlendi. Müdahale grubunda hedef bilgi düzeyine ulaşanların oranı %37,4'ten %81,3'e yükselirken, kontrol grubunda bu oran

%35,2'den %51,7'ye çıktı (p< 0,001). HbA1c düzeylerinde ise müdahale grubunda ortalama %0,54'lük düşüş, kontrol grubunda ise %0,18'lik bir azalma görüldü (p = 0,012). Başlangıç HbA1c'si %7 ve üzerinde olan bireylerde bu fark daha da belirgindi. Müdahale grubunda aynı zamanda açlık kan şekeri ve sistolik kan basıncı düzeylerinde de anlamlı düşüşler kaydedildi. Çok değişkenli analizlerde, çalışma grubu, başlangıç bilgi düzeyi, diyabet süresi ve başlangıç HbA1c düzeyinin glisemik kontrol üzerinde en etkili faktörler olduğu belirlendi. Sonuç olarak, yapılandırılmış grup eğitimi tip 2 diyabetli bireylerde hastalık bilgisi ve glisemik kontrolü geliştirmede etkili bulunmuş ve açlık kan şekeri düzeyinde anlamlı düşüş görülmüştür(Thanh & Tien, 2021).

Tip 2 Diyabetli Hastalarda Eğitim Müdahalelerinin Hastalık Ve Glisemik Kontrol Bilgisi Üzerindeki Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışmaların Sistematik Bir İncelemesi Ve Meta-Analizi:

Wondimeneh Shibabaw Shiferaw ve arkadaşları tarafından yapılan Tip 2 diyabetli bireylerde eğitim müdahalelerinin hastalık bilgisi ve glisemik kontrol üzerindeki etkisini değerlendiren sistematik bir derleme ve meta-analizdir. Çalışmada 2000–2020 yılları arasında yayımlanmış, yalnızca randomize kontrollü (RCT) ve İngilizce tam metin olarak yayımlanmış 19 çalışma analiz edilmiştir. Toplam 2708 katılımcı içeren bu çalışmalar, eğitim alan gruplarla standart bakım alan grupları karşılaştırmıştır.

Meta-analiz sonuçlarına göre, eğitim müdahaleleri HbA1c düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş sağlamıştır. Alt grup analizleri, 3 ay ve daha kısa süren müdahalelerin HbA1c üzerinde daha büyük bir etki yarattığını (MD: −1.09) göstermiştir. Ayrıca, ampirik olarak tasarlanmış müdahaleler, teorik temelli olanlara kıyasla daha güçlü bir etki göstermiştir.

Eğitim müdahaleleri sadece glisemik kontrolü değil, aynı zamanda hastaların hastalık bilgisi düzeyini de anlamlı şekilde artırmıştır. Bu bilgi artışı, standart bakım gruplarına kıyasla yüksek bir etki büyüklüğüyle tanımlanmıştır. Eğitim içerikleri diyabetin temel bilgileri, yaşam tarzı değişiklikleri, ilaç yönetimi, kan şekeri takibi gibi konuları kapsamaktadır. Müdahaleler grup temelli, bireysel ya da web tabanlı olarak farklı şekillerde sunulmuştur.

Sonuç olarak, eğitim temelli müdahaleler hem HbA1c düzeylerinin düşürülmesinde hem de hastalık bilgisi düzeyinin artırılmasında etkili bulunmuştur. Bu nedenle, Tip 2 diyabetli bireylerde diyabet eğitiminin klinik uygulamalarda düzenli ve yapılandırılmış biçimde sunulması önerilmektedir. Çalışmanın bulguları, diyabetli bireylerin öz-yönetim kapasitelerini geliştirmek ve komplikasyonları önlemek açısından eğitimin temel bir unsur olduğunu göstermektedir(Shiferaw & ark., 2021).

Türkiye Hemşirelik Diyabet Eğitimi Değerlendirme Projesi'nde (TURNUDEP) Diyabet Eğitiminin Öz Bakım Davranışları Ve Glisemik Kontrol Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi: Çok Merkezli Bir Çalışma:

TURNUDEP (Türkiye Hemşirelik Diyabet Eğitimi Değerlendirme Projesi), Türkiye genelinde 28 kamu hastanesinde 1535 Tip 2 diyabetli birey ile yürütülen çok merkezli çalışmada, diyabet eğitiminin öz bakım davranışları ve glisemik kontrol üzerindeki etkisi incelenmiştir. Katılımcıların %78,5'i son bir yılda eğitim aldığını belirtmiş, ancak çoğunluğu yalnızca bir kez ve birebir eğitim almıştır. Eğitimlerde en çok ilaç kullanımı ve kan şekeri ölçümü konuları işlenmiş, egzersiz ve ayak bakımı gibi alanlara daha az yer verilmiştir.

Eğitim sıklığı ve grup eğitimi uygulaması arttıkça, hem öz bakım davranışlarında hem de HbA1c düzeylerinde anlamlı iyileşmeler görülmüştür. Öz bakım düzeyi ortalama 83,46 ± 16,22 puan olarak bulunmuş, yeterli öz bakıma sahip hasta oranı %28,3'tür. Eğitim almayanlarda bu oran daha düşüktür.

Sonuç olarak, diyabet eğitimi alan bireylerin hem öz bakım davranışlarında hem de glisemik kontrollerinde olumlu gelişmeler olduğu görülmüştür. Bu nedenle diyabet eğitiminin içerik, süre ve yöntem açısından standardize edilmesi; bireysel ve grup eğitimlerinin birlikte kullanılması ve eğitimlerin tekrarlanması önerilmektedir (TURNUDEP, 2022).

Tip 2 Diyabetli Yetişkinlerde Hemşire Yönetimindeki Diyabet Öz Yönetim Eğitim Programının Glikozile Hemoglobin Üzerindeki Etkisi:

Golnaz ve arkadaşları tarafından 2018 yılında iranda yapılan çalışmanın amacı, hemşirelerin liderliğinde gerçekleştirilen diyabet öz yönetimi eğitiminin glikozile hemoglobin (HbA1c) üzerindeki etkisini incelemektir. Çalışma, kör sonuç değerlendiricilerinin yer aldığı, iki gruplu, paralel, randomize kontrollü bir tasarımla yapılmıştır. Tip 2 diyabet tanısı almış 142 yetişkin hasta, rastgele iki gruba ayrılmıştır: biri standart diyabet bakımını alan kontrol grubu, diğeri ise standart bakıma ek olarak hemşire liderliğinde diyabet öz yönetimi eğitimi alan müdahale grubudur. Müdahale süresi 12 haftadır. Ana ölçüt HbA1c değerleri iken, ikincil ölçütler arasında kan basıncı, vücut ağırlığı, lipid profilleri, öz yeterlilik algısı (etkinlik ve sonuç beklentisi), öz yönetim davranışları, yaşam kalitesi, sosyal destek ve depresyon düzeylerindeki değişiklikler yer almıştır. Bu parametreler, çalışmanın başlangıcında ve 12 ile 24. haftalarda değerlendirilmiştir. Müdahale grubundaki bireylerde HbA1c, kan basıncı, vücut ağırlığı, öz yeterlilik algısı ve öz yönetim davranışlarında anlamlı gelişmeler gözlenmiştir. Hemşire liderliğindeki eğitimin etkileri klinik, yaşam tarzı ve psikososyal alanlarda kalıcı iyileşmeler sağlamış ve çalışma sonrası takip döneminde de olumlu etkileri artarak devam etmiştir(Azami & ark., 2018).

Yeni Teşhis Konmuş Tip 2 Diyabetli Bireylerde Hemşire Liderliğindeki Bütünleşik Tıp Temelli Yapılandırılmış Eğitim Programının Öz Yönetim Davranışları Üzerindeki Etkileri: Randomize Kontrollü Bir Çalışma:

Yu ve arkadaşları tarafından 2022 de yapılan bu çalışma, yeni tanı almış Tip 2 diyabetli bireylerde hemşire liderliğinde uygulanan bütünleştirici tıp temelli yapılandırılmış bir eğitim programının öz yönetim davranışları, glisemik kontrol ve öz yeterlilik üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma, Çin'in Xi'an kentindeki dört üniversite hastanesinden 128 bireyin katılımıyla yürütülmüş, katılımcılar rastgele olarak müdahale ve kontrol gruplarına atanmıştır. Müdahale grubundaki bireyler, Sağlık İnanç Modeli ve Öz Yeterlilik Teorisi'ne dayalı olarak geliştirilen, güncel diyabet yönetimi rehberleri ve sistematik derlemelerle desteklenen 4 haftalık bir eğitim programına katılmışlardır. Kontrol grubundaki bireyler ise yalnızca rutin diyabet bakımını almıştır.

Eğitimin ardından, öz bakım davranışları ve öz yeterlilik, müdahale öncesinde, hemen sonrasında ve 12 hafta sonra değerlendirilmiştir. Glikozile hemoglobin (HbA1c) düzeyleri ise başlangıçta ve 12. haftada ölçülmüştür. Sonuçlara göre, müdahale grubundaki katılımcılar meyve ve sebze tüketimi, ayak bakımı, ilaç kullanımı, kan şekeri takibi ve yüksek yağlı gıdaların sınırlandırılması gibi pek çok alanda daha iyi öz yönetim davranışları sergilemiştir. Ayrıca hem müdahale sonrası hem de 12. haftada öz yeterlilik düzeylerinde anlamlı artış gözlenmiştir.

Glisemik kontrol açısından ise, müdahale grubundaki bireylerde HbA1c düzeylerinde ortalama %0,32 oranında düşüş görülmüş ve bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Bu sonuç, hemşire liderliğinde gerçekleştirilen yapılandırılmış eğitim programının kan şekeri kontrolünde etkili olduğunu göstermektedir. Genel olarak, çalışma hem bireylerin kendi sağlıklarını yönetme becerilerini artırmada hem de glisemik kontrolün sağlanmasında hemşire destekli eğitimin etkili ve sürdürülebilir bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur(Yu & ark., 2022).

Hemşire Liderliğindeki Teoriye Dayalı Eğitim Müdahalesi, Tip II Diyabetli Güney Asyalı Hastalarda Glisemik Ve Metabolik Parametreleri İyileştiriyor: Randomize Kontrollü Bir Çalışma:

Badriya Al Lenjawi ve arkadaşları tarafından yürütülen bu randomize kontrollü çalışmanın amacı, hemşire liderliğinde teorik temelli bir eğitim programının Güney Asyalı Tip 2 diyabetli bireylerde glisemik ve metabolik parametreler üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Katar'da gerçekleştirilen çalışmaya 460 erişkin hasta katılmış ve katılımcılar rastgele iki gruba ayrılmıştır. Müdahale grubuna, sağlık inanç modeli, kontrol odağı ve hasta güçlendirme teorilerine dayalı olarak hemşireler tarafından verilen, haftada bir olmak üzere toplam dört hafta süren grup eğitim programı uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise sadece olağan poliklinik takibi yapılmıştır.

Araştırma sonunda elde edilen bulgulara göre, müdahale grubundaki bireylerde HbA1c değerinde ortalama %0,55'lik bir azalma görülmüş, bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,012$). Ayrıca, açlık kan şekeri düzeylerinde 16,6 mg/dl'lik bir düşüş ($p =$

0,022), albumin/kreatinin oranında anlamlı bir iyileşme ($p < 0,001$) ve HDL kolesterol düzeylerinde artış (6,08 mg/dl, $p < 0,0001$) gözlenmiştir.

Sonuç olarak, hemşire liderliğinde yürütülen yapılandırılmış eğitim programı, Tip 2 diyabetli bireylerde sadece glisemik kontrolü değil, aynı zamanda metabolik göstergeleri de olumlu yönde etkilemiştir. Bu sonuçlar, özellikle Güney Asya kökenli hastalar için hemşireler tarafından verilen teorik temelli eğitimin etkili ve sürdürülebilir bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır(Al Lenjawi & ark. 2017).

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu literatür taraması kapsamında elde edilen bulgular, Tip 2 diyabetli bireylerde diyabet özyönetim eğitiminin glisemik kontrol ve öz bakım davranışları üzerindeki etkisinin oldukça belirgin olduğunu göstermektedir. İncelenen ulusal ve uluslararası çalışmalar, yapılandırılmış, sistematik ve bireye özgü diyabet özyönetim eğitimlerinin HbA1c düzeylerinde anlamlı düşüşler sağladığını; bireylerin hastalık bilgisi, öz yönetim kapasitesi, yaşam tarzı değişikliklerine uyumu ve tedaviye bağlılık gibi alanlarda önemli gelişmeler kaydettiğini ortaya koymuştur.

Özellikle hemşire liderliğinde yürütülen eğitim programlarının, sadece glisemik kontrol değil, aynı zamanda bireylerin öz-yeterlilik algısı, öz bakım davranışları, psikososyal durumları ve metabolik göstergeleri üzerinde de olumlu etkiler yarattığı saptanmıştır. Eğitimlerin teorik temele dayalı, kültürel olarak uyarlanmış ve yapılandırılmış biçimde sunulması, elde edilen faydayı artıran önemli faktörler arasında yer almaktadır.

Literatürde öne çıkan ortak bulgular şunlardır:

Diyabet eğitimi, HbA1c düzeylerinde anlamlı düşüşe katkı sağlamaktadır.

Grup eğitimi uygulamaları, bireysel eğitimlere kıyasla daha yüksek etkililik sağlayabilmektedir.

Eğitim içeriğinde özellikle beslenme, egzersiz, ilaç kullanımı ve kan şekeri takibi gibi konuların yer alması, davranış değişikliği açısından önem arz etmektedir.

Diyabetli bireylerin sağlık inançları ve öz-yönetim kapasiteleri diyabet özyönetim eğitimiyle gelişmektedir.

Bu bağlamda, hemşirelerin yalnızca bilgi aktaran birer eğitimci değil, aynı zamanda danışmanlık, izlem, motivasyon ve psikososyal destek sağlayan aktif sağlık profesyonelleri olarak konumlandırılması gerektiği açıktır. Eğitim sürecinin sistematik şekilde planlanması, bireye özel hedefler doğrultusunda sürdürülmesi ve düzenli aralıklarla pekiştirilmesi; uzun vadeli glisemik kontrolün sağlanmasında temel belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, diyabet özyönetim eğitimi Tip 2 diyabet yönetiminde etkili, uygulanabilir ve sürdürülebilir bir müdahale olarak değerlendirilmelidir. Elde edilen bulgular, hem birey hem de toplum sağlığı açısından diyabet eğitiminin sağlık sistemleri içinde önceliklendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu kapsamda, eğitim içeriklerinin standardizasyonu, eğitimci hemşirelerin yetkinliklerinin artırılması ve uygulamaların izlenebilirliği, diyabetle mücadelede başarıyı pekiştirecek stratejik adımlar olacaktır.

KAYNAKÇA

İstek, N., & Karakurt, P. (2018). Global bir sağlık sorunu: Tip 2 diyabet ve öz-bakım yönetimi. G.O.P. Taksim E.A.H. Derleme / Review JAREN 2018;4(3):179-182

Aydoğan, B., Aydın, A., İnci, M. B., & Ekerbiçer, H. (2020). Tip 2 diyabet hastalarının hastalıklarıyla ilgili bilgi, tutum düzeyleri ve ilişkili faktörlerin değerlendirilmesi. *Sakarya Tıp Dergisi*, *10*(Özel Sayı), 11-23.

Salmanoğlu, M. (2019). Tip 2 diyabetin oral antidiyabetik ilaçlarla tedavisi. Klinik Tıp Bilimleri Dergisi Cilt: 7 Sayı: 3 Nisan 2019 20-23.

Sürücü, H. A. (2014). Diyabet özyönetim eğitimi, grup temelli eğitim ve bireysel eğitim. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, *7*(1), 46-51.

ARDA SÜRÜCÜ, H., & SAMANCIOĞLU, S. (2018). Tip 2 Diyabetli Bireylerde Negatif İnsülin Tedavi Algısının Yordayıcıları. *Turkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, *10*(2).

Özbayer, C., Yağcı, E., & Kurt, H. (2018). Obezite, tip 2 diyabet ve insülin direnci arasındaki bağlantı: İnflamasyon. *Tıp Fakültesi Klinikleri Dergisi*, *1*(2), 27-36.

Özdogan, E., Özdogan, O., Altunoglu, E. G., & Köksal, A. R. (2015). Tip 2 diyabet hastalarinda kan lipid düzeylerinin hba1c ve obezite ile iliskisi. *Şişli Etfal Hastanesi Tip Bülteni*, *49*(4), 248.

https://idf.org/about-diabetes/diabetes-facts-figures/?locale=en&utm_source

(Erişim tarihi: 01.07.2025)

Sivrikaya, S. K., & Ergün, S. (2018). Diabetes education and the role of nurses. *Kırsehir Ahi Evran Üniversitesi Sa glık Bilimleri Dergisi*, *2*(2), 25-36.

Yılmaz, F. T., Şahin, A. D., & Türesin, A. K. (2019). Tip 2 diyabetli bireylerde hastalığı kabul düzeyinin glisemik kontrol ile ilişkisi. *Cukurova Medical Journal*, *44*(4), 1284-1291.

Bayrak, G., & Çolak, R. (2012). Diyabet tedavisinde hasta eğitimi. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, *29*(1s), 7-11.

Muslu, L., & Ardahan, M. (2018). Kan Şekeri Regülasyonunda Hemşirelik Bakımının Önemi. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *9*(4), 344-348.

Shiferaw, W. S., Akalu, T. Y., Desta, M., Kassie, A. M., Petrucka, P. M., & Aynalem, Y. A. (2021). Effect of educational interventions on knowledge of the disease and glycaemic control in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ open*, *11*(12), e049806.

Kartal, A., & Özsoy, S. A. (2014). Tip 2 diyabetli hastalarda planlı eğitim programının sağlık inancına ve metabolik kontrole etkisi. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 1(2), 1-15.

Thanh, H. T. K., & Tien, T. M. (2021). Effect of group patient education on glycemic control among people living with type 2 diabetes in Vietnam: A randomized controlled single-center trial. *Diabetes Therapy*, *12*, 1503-1521.

Celik, S., Olgun, N., Yilmaz, F. T., Anataca, G., Ozsoy, I., Ciftci, N., Aykiz, E. F., Yasa, S., Karakiraz, E., Ulker, Y., Demirhan, Y. E., Celik, S. Y., Arpaci, I., Gunduz, F., Temel, D., Dincturk, C., Sefer, B. E., Bagdemir, E., Erdem, E., Sarimehmetoglu, E., … Cetin, N. (2022). Assessment the effect of diabetes education on self-care behaviors and glycemic control in the Turkey Nursing Diabetes Education Evaluating Project (TURNUDEP): a multi-center study. *BMC nursing*, *21*(1), 215. https://doi.org/10.1186/s12912-022-01001-1

Azami, G., Soh, K. L., Sazlina, S. G., Salmiah, M. S., Aazami, S., Mozafari, M., & Taghinejad, H. (2018). Effect of a Nurse-Led Diabetes Self-Management Education Program on Glycosylated Hemoglobin among Adults with Type 2 Diabetes. *Journal of diabetes research*, *2018*, 4930157. https://doi.org/10.1155/2018/4930157

Yu, X., Chau, J. P. C., Huo, L., Li, X., Wang, D., Wu, H., & Zhang, Y. (2022). The effects of a nurse-led integrative medicine-based structured education program on self-management behaviors among individuals with newly diagnosed type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *BMC nursing*, *21*(1), 217.

Al Lenjawi, B., Mohamed, H., Amuna, P., Zotor, F., & Ziki, M. D. A. (2017). Nurse-led theory-based educational intervention improves glycemic and metabolic parameters in South Asian patients with type II diabetes: a randomized controlled trial. *Diabetology international*, *8*, 95-103.

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE UYKU KALİTESİNİN DENGE VE KİNEZYOFOBİ İLE İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan Bahadır DEMİR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
oguzhandemir@subu.edu.tr - 0000-0002-1601-7486

Kübra ÖZENÇ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
22060203100@subu.edu.tr - 0009-0005-9004-633X

Gamze YILDIZ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
22060203097@subu.edu.tr - 0009-0008-2114-5133

Mustafa Kamil KAYA
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
22060203103@subu.edu.tr - 0009-0009-0975-0848

ÖZET

Bu çalışma, üniversite öğrencilerinde uyku kalitesi ile denge performansı ve kinezyofobi düzeyleri arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçladı. Araştırmaya 36 üniversite öğrencisi katıldı. Uyku kalitesi Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ) ile, denge düzeyi Y Denge Testi (YDT) ve Flamingo Denge Testi ile, kinezyofobi düzeyi ise Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ) ile değerlendirildi. Bulgularda, öğrencilerin genel olarak düşük uyku kalitesine sahip oldukları, denge becerilerinin orta seviyede olduğu ve kinezyofobi düzeylerinin orta düzeyde seyrettiği belirlendi. İstatistiksel analizlerde değişkenler arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı. Ancak, uyku kalitesi ile dinamik denge arasında negatif yönlü, uyku kalitesi ile kinezyofobi arasında ise pozitif yönlü korelasyon eğilimleri gözlendi. Bu sonuçlar, uyku kalitesinin hem motor fonksiyonlar hem de psikolojik durum üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uyku Kalitesi, Denge, Kinezyofobi, Üniversite Öğrencileri, PUKİ, YDT, TKÖ

GİRİŞ

İnsan, fiziksel, ruhsal, sosyal, zihinsel ve manevi ihtiyaçlardan oluşan karmaşık ve bütüncül bir varlıktır. Sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek için bu ihtiyaçların dengeli bir şekilde karşılanması gerekmektedir. Bu temel gereksinimlerden biri olan uyku, bireyin yaşam kalitesini ve genel sağlığını doğrudan etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (1). Yapılan araştırmalar, uykunun hem zihinsel hem de fiziksel fonksiyonların düzenlenmesinde kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (2).

Son yıllarda üniversite öğrencileri arasında uykuya ilişkin sorunların arttığı gözlenmektedir. Öğrencilerin yeterli süre ve kalitede uyuyamadıkları; uyku süresinin ortalama 7.75 saatten 6.65 saate gerilediği ve uyku problemleri yaşayanların oranının %24'ten %71'e yükseldiği bildirilmiştir (3). Bu durum, üniversite öğrencileri arasında yaygın ancak çoğu zaman fark edilmeyen bir kronik uyku yoksunluğu sorununun varlığına işaret etmektedir.

Uyku eksikliği yalnızca bilişsel performansı değil, aynı zamanda motor işlevleri ve denge kontrolünü de olumsuz etkileyebilmektedir (4). Uyku düzenindeki bozulmaların denge üzerinde yarattığı etkiler üzerine yapılan çalışmalar giderek artmakla birlikte, bu alandaki literatürün hâlen sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle yaşlı bireylerde düşme riskinin artması ve iş kazalarının önlenmesi açısından bu ilişkinin detaylı bir şekilde incelenmesi büyük önem taşımaktadır (5).

Bununla birlikte, denge ve hareket kabiliyeti sadece fizyolojik değil, aynı zamanda psikolojik ve duygusal etmenlerden de etkilenmektedir. Bu noktada, özellikle hareketten kaçınmaya neden olan kinezyofobi (hareket korkusu) kavramı dikkat çekmektedir (6). Kinezyofobi, bireylerin tekrar ağrı yaşama ya da düşme korkusuyla fiziksel aktiviteden uzaklaşmasına neden olabilir. Bu durum, postüral kontrol stratejilerini bozarak denge kayıplarına zemin hazırlayabilir (7). Öte yandan, düşük uyku kalitesi anksiyete düzeyini yükseltebilir ve bu da bireyde hareket korkusunun gelişmesini kolaylaştırabilir. Bu çerçevede, uyku kalitesi, denge ve kinezyofobi arasında çok yönlü ve etkileşimli bir ilişki olduğu düşünülmektedir (8). Bu ilişkilerin derinlemesine araştırılması, özellikle risk grubundaki öğrenciler için bireyselleştirilmiş müdahale programlarının geliştirilmesine katkı sunacaktır.

HİPOTEZLER

H0**:** Uyku kalitesinin, denge üzerinde etkisi yoktur.

H1: Uyku kalitesinin, denge üzerinde etkisi vardır.

H0: Uyku kalitesinin, kinezyofobi (hareket korkusu) üzerinde etkisi yoktur.

H1: Uyku kalitesinin, kinezyofobi (hareket korkusu) üzerinde etkisi vardır.

GENEL BİLGİLER

Uyku

Tanımı

Uyku, belirli bir zaman dilimi boyunca süren ve dış uyaranlarla kesilebilen geçici bir bilinç kaybı durumu olarak tanımlanmaktadır (1). Bunun yanı sıra, yalnızca organizmanın dinlenmesini sağlayan hareketsizlik hali değil, aynı zamanda vücudun genel fonksiyonlarını yenileyerek yeniden aktif hale gelmesini sağlayan bir süreçtir (2). Uyku ihtiyacı; yaş, cinsiyet, sağlık durumu, fiziksel aktivite seviyesi, duygusal durum, kullanılan ilaçlar, çevresel koşullar ile alkol ve diğer uyarıcı maddeler gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (2). Türkiye'de farklı yaş gruplarını kapsayan uyku kalitesi araştırmalarında, kötü uyku kalitesine sahip bireylerin oranının %50,5 ile %59,0 arasında değiştiği rapor edilmiştir (3).

Uyku kalitesi

Uyku, "geri döndürülebilen bilinçsizlik" olarak tanımlanmakta ve organizmanın çevre ile iletişiminin geçici olarak kesildiği bir fizyolojik süreçtir (1). Uyku kalitesi ise, bu sürecin hem niteliğini hem de niceliğini kapsayan çok boyutlu bir kavramdır. Bireyin uykuya dalma süresi, gece boyunca yaşanan uyanmalar, toplam uyku süresi ve sabahları dinlenmiş olarak uyanma düzeyi gibi çeşitli unsurları içerir (4). İyi uyku kalitesi; kişinin kendini zinde, formda ve yeni bir güne hazır hissetmesiyle tanımlanır (4). İnsanların uyku kalitesi, kronik hastalık varlığı, vücut kitle indeksi, fiziksel aktivite düzeyi ve dışsal stres faktörleri gibi birçok etkene bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (4). Bu nedenle, uyku kalitesini değerlendirmek için hem objektif ölçümler hem de subjektif değerlendirmeler kullanılır. Özellikle Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ), son bir ay içindeki uyku deneyimini kapsamlı şekilde değerlendiren yaygın bir araç olarak öne çıkar (5).

Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ)

Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ), 1989 yılında Buysse ve ekibi tarafından geliştirilmiş, daha sonra Türk toplumuna uyarlanarak geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Ağargün ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (6). Bu ölçek, uyku kalitesinin güvenilir ve standart bir biçimde değerlendirilmesini sağlar. Ayrıca, iyi uyuyanlar ile kötü uyuyanlar arasında tutarlı bir şekilde ayrım yapmaya olanak tanır.

PUKİ toplamda 24 maddeden oluşmaktadır. Bunların 19'u kişinin kendisi tarafından yanıtlanırken, kalan 5 soru ise bireyin eşi ya da yakın çevresi tarafından doldurulmaktadır. Ancak bu 5 soru sadece klinik amaçlı kullanılmakta ve puanlama sürecine dâhil edilmemektedir. Kişinin oda arkadaşı olup olmamasına bağlı olarak, kendini değerlendirme bölümündeki 19. soruya yanıt verilir.

Ölçek, uyku süresi, uyku bozuklukları ve gündüz işlevselliği gibi farklı alanları kapsayarak uyku kalitesini ölçmeyi hedeflemektedir. Elde edilen veriler, yedi farklı bileşen puanı halinde gruplanmaktadır.

Denge

Tanımı

Denge; duyuların algılanması ve bütünleştirilmesi, hareketin planlanması ve uygulanmasını kapsayan karmaşık bir süreçtir (7). Doğru postüre ulaşabilmek için bu basamakların uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir. Ayrıca denge, mevcut duyusal çevre koşulları altında, ağırlık merkezinin destek yüzeyi üzerinde etkin bir biçimde kontrol edilmesi yeteneği olarak da tanımlanabilir (7). Denge becerisi, üst düzey sinirsel devreler ile kognitif, kas-iskelet gibi diğer sistemlerin bütünlüğünden etkilenmektedir (7). Son yıllarda kabul gören bir diğer görüş ise, sinir sisteminin denge becerisini oluştururken çevresel faktörlerden etkilendiği ve bu faktörlere karşı oldukça hassas olduğu yönündedir.

Statik Denge

Statik denge, "vücudun dengesini belirli bir yerde ya da pozisyonda sağlama yeteneği" olarak tanımlayabiliriz (8). Bu kavram, destek tabanında minimal vücut hareketi ile ağırlık merkezinin korunmasına dayanabilir. Cerrah ve arkadaşlarının tanımına göre, statik denge, destek tabanını koruyarak en az hareketle vücudu stabil tutma becerisidir (8). Bu yetenek; vücudun çevresel kuvvetler karşısında postürü koruması ve düşmeyi engellemesi açısından kritik öneme sahiptir

(8). Statik denge genellikle "Tek Ayak Duruş Testi" gibi standart testlerle ölçülür, bu testlerde birey belirli süre tek ayak üzerinde dengede kalmaya çalışılır. (9). Sporda, özellikle kişisel performans ve yaralanma riski analizi açısından bu beceri önemli bir ölçüttür. iyi bir statik denge performansı, proprioseptif sistem, görsel-vestibüler girdiler ve kas kontrolünün koordinasyonunu gerektirir (10).

Dinamik Denge

Dinamik denge, bireyin hareket halindeyken ağırlık merkezini koruyabilme becerisi olarak tanımlanır (11). Bu kavram, koşma, yürüyüş, sıçrama gibi dinamik hareketler sırasında vücudun stabil ve kontrollü kalmasını içerir (11). Spor aktivitelerinde, dinamik denge özellikle sportif hareketlerin doğru ve verimli şekilde uygulanabilmesi için kritik öneme sahiptir. Örneğin, "Sportif aktivite esnasında dinamik hareketlerin devamı olarak kontrollü bir şekilde sürdürebilme yeteneği" olarak değerlendirilir (12). Dinamik denge genellikle Star Excursion Balance Test (SEBT), Süreli Kalk-Yürü Testi gibi standart testlerle ölçülür İyi gelişmiş dinamik denge, patlayıcı kuvvet, propriosepsiyon, vestibüler ve görsel girdilerin koordinasyonuyla desteklenir ve bu beceri özellikle düşme riskini azaltmaktadır (13).

2.2.6 Y Denge Testi (YDT)

Y-Balance Testi (YBT), ilk olarak Gray (1995) tarafından klinik ve araştırma amaçlı geliştirilen rehabilite edici bir araçtır. Bu test, destek alınmayan bacağın kullanılarak, yerde önceden belirlenmiş sekiz hattan birine doğru uzanılması esasına dayanır (14). Bu hatlar, merkezden 45 derece aralıklarla yayılarak bir ızgara oluşturur.

Destek ayağının pozisyonuna göre uzanma yönleri; anterior, anteromedial, anterolateral, medial, lateral, posterior, posteromedial ve posterolateral olarak belirlenmiştir. Testin amacı, bireyin destek ayağını merkeze yerleştirip sağlam bir destek tabanı oluşturması ve bu dengeyi koruyarak belirlenen yönlere maksimum mesafeye uzanabilmesidir. Katılımcı, her hattan mümkün olduğunca uzağa tek ayak üzerinde uzanarak ulaşmaya çalışır (14).

Araştırma, rehabilitasyon ve yaralanma değerlendirmelerinde YBT'nin standart protokollere uygun şekilde uygulanması önemlidir. Ulaşılan mesafe, bireyin dinamik postüral kontrol kapasitesini yansıtır; daha büyük mesafeler, daha iyi bir denge ve kontrolü gösterir. Elde edilen mesafe verileri, postüral kontrol performansını değerlendirmek için kullanılır. Özellikle alt ekstremite yaralanmaları ya da yorgunluk sonrası oluşan denge bozukluklarını belirlemek ve müdahale öncesi-sonrası gelişimi izlemek için YBT objektif bir ölçüm aracı sağlar (14).

Flamingo Denge Testi

Flamingo Denge Testi, özellikle sporcularda ve rehabilitasyon süreçlerinde, statik denge performansını değerlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (15). Ayrıca, alt ekstremite kuvveti, propriosepsiyon ve nöromüsküler kontrolün genel durumu hakkında dolaylı bilgi sunar. Basit ekipman gereksinimi ve kısa sürede uygulanabilir olması, bu testin saha ve laboratuvar ortamlarında tercih edilmesini sağlamaktadır (15).

Statik denge yeteneğini değerlendirmek için kullanılan basit ve etkili bir test protokolüdür. Testte, 50 cm uzunluğunda, 5 cm genişliğinde ve 3 cm yüksekliğinde ahşap bir tahta kiriş kullanılır. Uygulama sırasında, katılımcı önce dominant (genellikle sağ) ayağını tahtanın üzerine yerleştirir; diğer ayağını ise yerden kaldırarak aynı tarafa doğru dizini büküp yukarı çeker. Bu pozisyonda, katılımcıdan sabit bir noktaya bakması ve vücudunu o yöne sabitlemesi istenir.

Testin başlangıcında, dengeyi sağlamak amacıyla eğitmen kısa süreli destek verir. Daha sonra eğitmenin işaretiyle kronometre başlatılır ve katılımcı serbest bırakılır. Katılımcı, bu pozisyonu 1 dakika boyunca korumaya çalışır. Test sırasında, katılımcının ayağının tahtadan kayması, vücudunun herhangi bir kısmının yere temas etmesi veya destek alması hatalı hareket olarak kaydedilir. Bu hatalar kronometreyi durdurmaz, sadece sayılır.

Eğer katılımcı ilk 30 saniye içinde 15 hata yaparsa, test durdurulur ve katılımcıya dinlenme süresi verilir. Test, 2 dakika sonra tekrarlanır. Genellikle üç deneme yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır. Değerlendirme, 60 saniyede yapılan toplam hata sayısına göre gerçekleştirilir (15).

Kinezyofobi

Tanımı

Kori ve arkadaşları (1990), kinezyofobiyi “ağrılı bir yaralanma ya da yaralanmaya karşı hissedilen savunmasızlık sonucu gelişen, fiziksel hareket ve aktiviteye yönelik aşırı, mantıksız ve işlevselliği kısıtlayan bir korku” olarak tanımlamışlardır (16). Fiziksel hareketten veya (yeniden) yaralanma ihtimalinden duyulan bu korku, zamanla bireylerde hareket kısıtlılığı, fonksiyon kaybı, depresyon ve artan engellilik düzeyine yol açabilmektedir. Ağrıdan kaçınmak amacıyla günlük aktivitelerin ve fonksiyonel kapasitenin azaltılması, fiziksel aktivite düzeyinde düşüşe, kas-iskelet sisteminde olumsuz değişimlere ve ağrının kronikleşmesine neden olmaktadır(16). Bu durum literatürde genellikle “kullanmama sendromu” olarak adlandırılmaktadır (17). Kinezyofobisi bulunan bireyler, vücutlarındaki artmış ve kalıcı

hassasiyet sebebiyle yüksek düzeyde fiziksel aktiviteden kaçınma eğilimi göstermektedir. Ancak, fiziksel aktivitelerin sistematik ve kontrollü bir şekilde artırılması, iyileşme sürecinin önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar, kinezyofobi düzeyi yüksek bireylerin fiziksel performanslarının düşük olduğunu ve fiziksel aktivitelerinde belirgin kısıtlamalar yaşadıklarını göstermektedir (19).

Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)

Kinezyofobi terimi ilk kez 1990 yılında Miller, Kori ve Todd tarafından Amerikan Ağrı Derneği'nin Dokuzuncu Bilimsel Toplantısı'nda tanımlanmış olup; fiziksel hareket ve aktiviteye karşı, ağrılı bir yaralanma ya da yeniden yaralanma yaşanacağına dair hissedilen kırılganlık duygusuna bağlı olarak gelişen aşırı, mantıksız ve engelleyici bir korku durumu olarak ifade edilmiştir (6).

Bu korkuyu değerlendirmek amacıyla geliştirilen Tampa Kinesiofobi Ölçeği (TSK), hareket korkusuna ilişkin öznel algıyı ölçen 17 maddelik bir anket formudur. Ölçeğin orijinal amacı, kronik kas-iskelet sistemi ağrısı olan bireylerde aşırı olmayan korku ile fobik düzeyde korku arasında ayrım yapabilmektir. TSK'nın çeşitli çalışmalarda geçerli ve güvenilir bir psikometrik ölçüm aracı olduğu gösterilmiştir. Ölçekten alınan puan arttıkça, bireyin kinesiofobi düzeyinin de arttığı kabul edilmektedir (6).

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik İzin

Çalışma için Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Etik Kurulundan 12.05.2025 tarihinde ve E-26428519-050.99-172855 sayılı numarası ile izin alındı.

3.2. Amaç

Araştırmanın amacı üniversite öğrencilerinde uyku kalitesinin denge ve kinezyofobil ile olan ilişkisini incelemektir.

3.3. Yer ve Tarih

Araştırma 2024-2025 bahar yarıyılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi öğrencileri ile yüzyüze gerçekleştirilmiştir.

3.4. Katılımcılar

Çalışma, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi öğrencilerinden oluşturuldu. Araştırmaya, katılmaya gönüllü olan ve dahil etme kriterlerini karşılayan 36 öğrenci dahil edildi.

3.5 Araştırmaya Katılan Örneklem Grubu

Dahil Edilme Kriterleri:

- 18-26 yaş arası üniversite öğrencisi olmak

Dahil Edilmeme Kriterleri:

- Vertigo hastası olmak
- İnme geçirmiş olmak
- MS (Multiple Skleroz) hastası olmak
- Periferik nöropati hastası olmak
- Parkinson hastası olmak
- RA (Romatoid Artrit) hastası olmak
- OA (Osteoartrit) hastası olmak
- Fibromyalji hastası olmak
- Astım hastası olmak

Katılımcılar, 18-26 yaş arası üniversite öğrencileri arasından seçilecektir. Katılımcılar, gönüllülük onam formu alınarak davet edilecek ve seçim süreci istenilen şartların sağlanıp sağlanmadığına göre devam edecektir.

3.6 Değerlendirme Yöntemi

Araştırmaya katılmaya gönüllü olan 18-26 yaş aralığındaki üniversite öğrencilerine çalışmanın amacı ve yöntemi açıklanarak "Bilgilendirilmiş Gönüllü Onamları" alınmıştır.

Çalışmaya katılacak olan her bir katılımcıdan demografik bilgi ve verileri ankette yer alan soru-cevap şeklinde toplanmıştır. Demografik bilgi toplama; yaş, cinsiyet, kilo, boy, vücut kitle indeksi, sigara kullanımı, alkol kullanımı, sınıf bilgisi, ameliyat bilgisi, kronik rahatsızlık bilgisi sorularından oluşmaktadır.

Araştırmada uyku kalitesi düzeyi, denge ve kinezyofobi verileri; Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ), Tampa Kinezyofobi Ölçeği(TKÖ), Flamingo Denge Testi ve Y-Denge Testleri(YDT) ile elde edilmiştir.

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri

Özellik	**Ortalama/n**	**Standart sapma/%**
Yaş	20,75	1,82

Boy	168,58	8,80
Kilo	66,92	14,23
Cinsiyet		
Kadın	22	%61,1
Erkek	14	%38,9
Kronik hastalık		
Var	1	%2,8
yok	35	%97,2
İlaç kullanımı		
Var	2	%5,6
yok	34	%94,4

Çizelge 1'de görülene göre araştırmaya toplam 36 üniversite öğrencisi katılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması **20,75 ± 1,82** yıl olarak belirlenmiştir. Katılımcıların %61,1'i kadın (n=22), %38,9'u erkek (n=14) katılımcılardan oluşmaktadır.

Çizelge 2. Katılımcıların ölçeklere ilişkin bulguları

	Minimum	Maksimum	Ortalama	SS
PUKİ	4	17	9,83	3,51
Flamingo Testi	1	12	6,81	2,73
Y-testi non dominant kompozit	55	89	70,67	7,67
Y-testi dominant kompozit	54	96	72,32	9,78
TKÖ	32	54	42,00	4,59

PUKİ= Pitssburgh Uyku Kalitesi İndeksi

TKÖ= Tampa Kinezyofobi Ölçeği

SS= Standart Sapma

Çizelge 2'de katılımcıların PUKİ, Flamingo Testi, Y-Denge Testi (dominant ve nondominant kompozit skorları) ve Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nden (TKÖ) aldıkları puanların minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri sunulmuştur

Çizelge 3. Katılımcıların PUKİ değerlerine göre göre Flamingo testi, Y Testi ve TAMPA puan bulguları

	Flamingo testi	**Y testi non dominant kompozit**	**Y testi dominant kompozit**	**Tampa kinezyofobi ölçeği**
	Test Değeri	**Test Değeri**	**Test Değeri**	**Test Değeri**
PUKİ	r=0,62 p=0,72	r=-0,70 p=0,69	r=-0,6 p=0,72	r=0,27 p=0,11

PUKİ= Pitssburgh Uyku Kalitesi İndeksi

Çizelge 3.'te katılımcıların PUKİ değerleri ile Flamingo Testi, Y Testi (dominant ve non-dominant bacak için) ve TAMPA Kinezyofobi Ölçeği puanları arasındaki ilişki incelenmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışma, üniversite öğrencilerinde uyku kalitesinin denge becerileri ve kinezyofobi düzeylerine olan etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Bulgular, öğrencilerin büyük çoğunluğunun düşük uyku kalitesine sahip olduğunu, denge performanslarının orta düzeyde olduğunu ve hareket korkusunun da yine orta seviyede seyrettiğini göstermiştir. Bu durum, Engin ve Özgür'ün (2004) öğrencilerin %70'inden fazlasında uyku problemi olduğunu bildiren çalışmasıyla paralellik göstermektedir.

Uyku kalitesindeki bozulmanın postüral dengeyi olumsuz etkileyebileceği daha önce de vurgulanmıştır. Türk Geriatri Derneği (2008), yaşlı bireylerde uyku kalitesinin bozulmasının postüral kontrolü olumsuz etkileyerek düşme riskini artırdığını belirtmiştir. Çalışmamızda, öğrencilerin statik ve dinamik denge skorlarının orta düzeyde olması, bu literatür bulgularını desteklemektedir.

Kinezyofobiye ilişkin bulgular ise, öğrencilerde orta düzeyde hareket korkusu bulunduğunu göstermiştir. Bu durum, Yılmaz ve arkadaşlarının (2011) benzer yaş grubunda yürüttüğü çalışmayla benzerlik taşımaktadır. Ayrıca, düşük uyku kalitesinin psikolojik süreçleri etkileyerek kaygı düzeyini artırabileceği ve buna bağlı olarak kinezyofobiyi tetikleyebileceği Koca ve arkadaşları (2019) tarafından da belirtilmiştir. Uyku problemleri, bireyin hem günlük

yaşam fonksiyonlarını hem de beden farkındalığını olumsuz etkileyerek hareketten kaçınma davranışlarına neden olabilir.

Çalışmada yer alan demografik değişkenlerin (yaş, boy, kilo, cinsiyet) denge ve kinezyofobi üzerinde anlamlı bir etkisi saptanmamıştır. Ancak bazı çalışmalarda cinsiyetin kinezyofobi düzeylerini etkileyebileceği belirtilmiştir (Kori et al., 1990). Ayrıca, ilaç kullanan bireylerin daha iyi denge performansı göstermesi dikkat çekici olsa da, örneklemdeki bu birey sayısının azlığı genellenebilirliği kısıtlamaktadır. Gelir düzeyine göre elde edilen farklılıklar da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

PUKİ ile denge ve kinezyofobi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmamış olsa da, bazı dikkat çekici eğilimler gözlenmiştir. PUKİ ile Y-Denge Testi (dominant ve nondominant) arasında negatif korelasyon, PUKİ ile Tampa Kinezyofobi Ölçeği puanı arasında ise zayıf pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, uyku kalitesinin hem motor hem de psikolojik işlevler üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. Ancak istatistiksel anlamlılık sağlanamadığı için bu bulgular dikkatle yorumlanmalıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, uyku kalitesi, denge ve kinezyofobi arasında potansiyel ilişkiler gözlemlenmiş ancak örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır. Bu nedenle, ileride yapılacak çalışmalarda daha geniş örneklemlerle bu değişkenler arasındaki ilişkilerin tekrar test edilmesi önerilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Bu çalışma, üniversite öğrencilerinde uyku kalitesinin denge becerileri ve kinezyofobi düzeyleri ile olan ilişkisini incelemiştir. Bulgular, öğrencilerin genellikle düşük uyku kalitesine sahip olduklarını, denge becerilerinin ve hareket korkusu seviyelerinin ise orta düzeyde olduğunu göstermiştir.

PUKİ puan ortalaması 9,83 ± 3,51 olarak saptanmış ve bu değer, belirlenen eşik değerin oldukça üzerindedir. Bu durum, öğrencilerde uyku bozukluklarının yaygın olduğunu göstermektedir. Flamingo Testi hata ortalaması 6,81 ± 2,73, Y-Denge Testi nondominant ortalaması 70,67 ± 7,67 ve dominant ortalaması 72,32 ± 9,78 olarak bulunmuştur. Bu skorlar,

denge yetisinin orta seviyede olduğunu göstermektedir. Tampa Kinezyofobi Ölçeği ortalaması ise 42,00 ± 4,59 olup, orta düzeyde hareket korkusuna işaret etmektedir.

PUKİ ile Flamingo Testi arasında orta düzey pozitif, Y-Denge Testi ile yüksek düzeyde negatif korelasyon ve Tampa ile zayıf pozitif korelasyon bulunmuştur. Ancak bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, yorum yapılırken dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Araştırma, uyku kalitesinin motor ve psikolojik işlevlerle ilişkili olabileceğini düşündürmekte; ancak bu ilişkinin daha güçlü biçimde ortaya konulabilmesi için geniş örneklemli, boylamsal ve müdahale temelli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmanın Kısıtlamaları: Örneklemin tek üniversiteden ve sınırlı sayıdaki katılımcıdan oluşması, sonuçların genellenebilirliğini sınırlandırmıştır. Katılımcıların çoğunun kadın olması ve kullanılan ölçümlerin özbildirim temelli olması, bazı yanlılıklara yol açabilir. Ayrıca, ilaç kullanımı ve kronik hastalık gibi değişkenlerdeki örneklem sayısının düşüklüğü istatistiksel analizlerin gücünü azaltmıştır. Kesitsel tasarım nedeniyle nedensel ilişkiler değerlendirilememiştir.

Araştırmanın Sınırlılıkları:
Homojen Örneklem: Katılımcılar tek bir üniversiteden ve benzer yaş grubundandır; bu durum genellenebilirliği sınırlar.
Örneklem Sayısı Azlığı: Katılımcı sayısı, benzer çalışmalara kıyasla düşüktür.
Öznel Veri Toplama: Veriler, katılımcıların kendi beyanlarına dayalı ölçeklerle toplanmıştır; bu da yanıtların doğruluğunu sınırlayabilir.
Cinsiyet Dağılımı: Katılımcıların çoğu kadındır; menstrual döngü gibi faktörler uyku kalitesi ve kinezyofobiyi etkileyebilir.
Kesitsel Tasarım: Çalışma kesitsel olduğu için değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler belirlenememektedir.

6.2 Öneriler

Üniversite öğrencilerine yönelik uyku hijyeni eğitimi ve farkındalık temelli stres azaltma programları uygulanmalıdır.

Uyku kalitesinin motor kontrol üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla denge ve propriosepsiyon odaklı egzersiz programları teşvik edilmelidir.

Uyku problemleri ve hareket korkusu ilişkisini açıklığa kavuşturmak için hem niteliksel hem de niceliksel yöntemlerin yer aldığı ileri düzey araştırmalar yapılmalıdır.

Gelecek çalışmalarda, yaş, cinsiyet, sosyoekonomik durum ve kronik hastalık gibi faktörlerin etkisi daha dengeli bir örneklemle analiz edilmelidir.

KAYNAKÇA

Önler, E., & Yılmaz, A. (2008). Hemşirelikte uyku ve önemi. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 5(2), 36–42.

Engin, E., & Özgür, G. (2004). Üniversite öğrencilerinin uyku alışkanlıklarının belirlenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi*, 8(2), 1–11.

Vail-Smith, K., Felts, W. M., & Becker, C. (2009). Relationship between sleep quality and academic performance of college students. *Journal of American College Health*, 57(5), 559–564.

Türk Geriatri Derneği. (2008). Yaşlı bireylerde uyku kalitesi ve etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi. *Türk Geriatri Dergisi*, 11(1), 13–17. http://www.geriatri.dergisi.org/uploads/pdf/pdf_TJG_708.pdf

Acar, M., & Karacan, S. (2007). Denge yeteneğinin yaşla değişimi ve düzenli egzersizin etkisi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 9–14. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/182798

Koca, T. T., Kıran, T., & Ergin, E. (2019). Kronik bel ağrısı olan bireylerde kinezyofobi ve fiziksel aktivite düzeyi arasındaki ilişki. *Fırat Tıp Dergisi*, 24(3), 118–122.

Kori, S. H., Miller, R. P., & Todd, D. D. (1990). Kinesiophobia: A new view of chronic pain behavior. *Pain Management*, 3, 35–43.

Duymaz, T., & Yalçın, B. (2019). Hemşirelik öğrencilerinin uyku kalitesi ile akademik başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 225–235. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/750023

Yılmaz, A., & Kuru, Ö. (2023). Üniversite öğrencilerinde uyku kalitesi ile yaşam kalitesi arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Spor ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 1–10. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3586289

Ağargün, M. Y., Kara, H., & Anlar, Ö. (1996). Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksinin geçerliği ve güvenirliği. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 7(2), 107–115.

Kalkan, S., & Yardımcı, B. (2016). Yüzme antrenmanlarının 10–12 yaş grubu erkek çocuklarda statik-dinamik dengeye etkisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 11(2), 1–9. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/394920

Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Krustrup, P., & Aagaard, P. (2011). The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *European*

Journal of Applied Physiology, 111, 521–530.

Haksever, B., Düzgün, İ., Yüce, D., & Baltacı, G. (2017). Sağlıklı bireylere standart denge eğitiminin dinamik, statik denge ve fonksiyonellik üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 40–49.

Aslan, Ü. B., Çolak, T. K., & Aksu, Y. (2022). Kadın futbolcularda dinamik denge, çeviklik ve bazı fiziksel uygunluk parametrelerinin incelenmesi. *Spormetre*, 20(1), 1–9. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2255726

Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89–100.

Gray, G. W. (1995). *Lower extremity functional profile*. Adrian, MI: Wynn Marketing Inc.

Şimşek, D., Erdoğan, M., Karavelioğlu, M. B., & Saygın, Ö. (2014). Üniversite öğrencilerinde denge düzeylerinin değerlendirilmesi. *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi*, 11, 42–51.

Çakır, H., & Özbar, N. (2019). Egzersiz programının ilkokul öğrencilerinin statik denge düzeyine etkisi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(4), 119–128.

Yılmaz, Ö. T., Yakut, Y., Uygur, F., & Uluğ, N. (2011). Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu ve test-tekrar test güvenirliği. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 22(1), 44–49.

(MY, AGARGUN. "Pittsburgh uyku kalitesi indeksinin gecerligi ve guvenirligi."Turk Psikiyatri Dergisi 7 (1996): 107-115).

Yilmaz, Ö. T., Yakut, Y., Uygur, F. ve Uluğ, N. (2011).Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu ve test-tekrar test güvenirliği. Fizyoterapi Rehabilitasyon, 22(1), 44-49.

HAFİF SINIF SİLAHLI İNSANSIZ KARA ARACI İÇİN ENTEGRE SİSTEM YAKLAŞIMI

Nurullah Emin ERGEZEN

Erzincan Binali Yıldırım Universitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, 212701046@ogr.ebyu.edu.tr - 0009-0008-7509-874X

Hakan ADEMOĞLU

Erzincan Binali Yıldırım Universitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, hakan.ademoğlu@ogr.ebyu.edu.tr - 0009-0002-4669-4653

Funda AKAR

Erzincan Binali Yıldırım Universitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, fakar@erzincan.edu.tr - 0000-0001-9376-8710

ÖZET

Bu çalışma, askeri ve güvenlik operasyonlarında kullanılmak üzere geliştirilen silahlı bir insansız kara aracını (İKA) konu almaktadır. Sistem, özgün tasarlanmış atış mekanizmasıyla yüksek hareket kabiliyeti ve uzaktan kontrol edilebilirlik sunmaktadır. Kompakt boyutları (30 cm uzunluk, 20 cm genişlik, 15 cm yükseklik) ve yaklaşık 5 kg ağırlığıyla araç, manevra yeteneği ve taşınabilirlik açısından avantaj sağlamaktadır. Zorlu arazi koşullarına uyum için bağımsız süspansiyon sistemine sahip olan araç, dört adet kontrol edilen 12V DC motorla çalışmakta ve 20 km/s azami hıza ulaşabilmektedir. Enerji kaynağı olarak kullanılan 4S 5000mAh Li-Po batarya, yaklaşık bir saat kesintisiz görev süresi sunmaktadır. Gerçek zamanlı görüntü aktarımı sayesinde araç, görüş hattı dışında da güvenle yönlendirilebilmektedir.

Aracın en dikkat çekici özelliği, çift tekerlekli fırlatma mekanizmasıdır. Bu sistem, proje ekibi tarafından özgün şekilde tasarlanmış ve PLA filamentle 3D yazıcıda üretilmiştir. 100 plastik mühimmat taşıma kapasiteli şarjörle beslenen mekanizma, 15–25 metre arasında etkili atış mesafesi sunmaktadır. Yüksek devirli motorlar ve hassas yönlendirme kanallarıyla desteklenen sistem, yüksek isabet oranı ve atış stabilitesi sağlamaktadır. Güvenlik amacıyla entegre edilen acil durdurma butonu sayesinde, olası arıza veya tehlike anında sistem hızlıca devre dışı bırakılabilmektedir.

Yazılım tarafında araç, görev tabanlı modlar içermekte olup otomatik hız yönetimi, yokuş desteği ve devrilme önleyici algoritmalarla donatılmıştır. Görüntü aktarımıyla entegre çalışan yazılım, hedef takibi gibi ileri işlevlere açık bir yapıya sahiptir. Tüm dış iskelet ve mekanik parçalar 3D yazıcıyla PLA malzemeden üretilmiş, bu sayede tasarım hızlıca test edilebilir ve prototip üzerindeki değişiklikler kolayca uygulanabilir hale getirilmiştir. Proje, modern kara tabanlı savunma ve gözetim uygulamaları için düşük maliyetli, özelleştirilebilir ve ölçeklenebilir bir çözüm sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Kara Aracı, Atış Mekanizması, Gerçek Zamanlı Görüntü Aktarımı, 3D Yazıcı Teknolojisi

GİRİŞ

Askeri alanda İKA'ların önemi, asimetrik çatışmalar ve tehlikeli görevlerde insan kaybını azaltma ihtiyacıyla artmaktadır. Örneğin Gündoğdu ve Çalhan (2013), robot teknolojisinin askeri alanda kullanımının hızla yükseldiğini ve insansız kara araçlarının öne çıkan teknolojiler arasında yer aldığını belirtmiş; tasarladıkları İstihkâm Aracı ile arazi şartlarında insan kaybını önlemeyi amaçladıklarını vurgulamıştır. Benzer şekilde Ölmez ve arkadaşları (2014), İKA'ların devriye, sınır gözetleme, keşif, hedef belirleme ve arama-kurtarma gibi tehlikeli görevlerde kullanılmaya başlandığını raporlamıştır. Vardin vd. (2022) ise tasarladıkları 5 kg kapasiteli dört tekerlekli İKA prototipinin, askeri uygulamalarda askerleri tehlikeden uzak tutma potansiyeline dikkat çekmiştir. Ayrıca Demir ve Eldem (2024), İKA tasarımında derin öğrenme yöntemleriyle yüksek doğruluklu çözümler sunmanın stratejik avantajlar getirdiğini; bu araçların kritik askeri operasyonlarda yüksek performans ve taktiksel üstünlük sağladığını ifade etmiştir. Bu çalışmalar, İKA'ların keşif/gözetleme ve taarruz görevlerinde insan kaybını önleyici bir araç ve güç unsuru olarak öne çıktığını göstermektedir.

Literatür Taraması

2.1. Savunma Robotik Sistemlerinde Hızlı Prototipleme ve 3D Yazıcı Kullanımı

Hızlı prototipleme teknikleri ve 3D baskı teknolojisi, savunma robotik sistemlerinin geliştirilmesini hızlandırmaktadır. Özel yapım parçaların ekonomik olarak üretilmesine olanak tanıyan 3D yazıcılar, küçük çaplı savunma projelerinde bile önemli avantaj sağlamaktadır. Örneğin Bozdemir (2018), üç boyutlu yazıcılarla silah kabzalarının tasarım ve üretimini incelemiş; baskı kalitesindeki gelişmelerin bu parçaların ev ortamında bile kullanıcıya özel tasarımlar üretebilmeyi mümkün kıldığını vurgulamıştır. Bu tür uygulamalar, kendi ihtiyaçlarına yönelik dayanıklı plastik gövde ve mekanik bileşenlerin kısa sürede prototiplenmesini sağlayarak ürün geliştirme döngülerini kısaltmaktadır. Dolayısıyla literatürde, savunma amaçlı robot sistemlerinin geliştirilmesinde 3D baskı ve hızlı prototiplemenin maliyet-etkin ve esnek bir çözüm olarak kullanıldığı görülmektedir (Bozdemir, 2018).

2.2. Düşük Maliyetli ve Özelleştirilebilir UGV Sistemleri

Güncel İKA sistemlerinin çoğu yüksek maliyetli olup özelleştirmeye elverişli değildir. Bu nedenle literatürde düşük bütçeli, modüler tasarımlara ilgi artmıştır. Örneğin Vardin vd. (2022) tasarladıkları kompakt İKA prototipinin toplam yaklaşık 5 kg ağırlıkta olduğunu ve modüler yapısıyla farklı görev gereksinimlerine göre uyarlanabildiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Bozdemir (2018) 3D yazıcıların kullanımıyla kullanıcıların kendi sistem parçalarını ev ortamında dahi ucuza basabildiğini kaydetmiş; bu yaklaşımın yerli ve düşük maliyetli İKA geliştirmeye katkı sunabileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar, savunma projelerinde göreceli olarak ucuz ve yerel imkânlarla üretilebilen UGV çözümleri araştırıldığını göstermektedir.

2.3. Küçük Ölçekli İKA'larda Hareket ve Kontrol Sistemleri

Küçük ölçekli İKA'ların hareket kabiliyeti genellikle dört tekerlekten tahrik veya paletli yürüyüş sistemleriyle sağlanmaktadır. Örneğin Vardin vd. (2022), 4 tekerlekten çekişli prototipinde maksimum 6 km/s hız ve sıfır derece dönme yarıçapı gibi yüksek manevra kabiliyetleri elde etmiş; bağımsız süspansiyonlu şasi tasarımı sayesinde zorlu arazi koşullarında dahi sabit hareket imkânı sunmuştur. Benzer şekilde Ölmez vd. (2014) geliştirdikleri platformda dört adet ayrı kontrol edilen DC motor ve sensör entegrasyonu kullanarak aracın stabilitesini ve kontrollü sürüş performansını sağlamış; araç üzerinde dağıtık bir kontrol altyapısı kurgulayarak yarı-otonom harekete elverişli temel yazılımları hayata geçirmiştir. Bu bulgular, küçük İKA'larda basit motor sürüşü ve sürücü yardımlı otonom fonksiyonların bir arada kullanılabildiğini ortaya koymaktadır.

2.4. Entegre Yazılım, Video Aktarımı ve Atış Mekanizmaları

Modern İKA projelerinde, uzaktan kontrol ve otonom görevler için entegre yazılım altyapısı ve gerçek zamanlı veri aktarımı önemlidir. Gündoğdu ve Çalhan (2013), geliştirdikleri İstihkâm Aracı'nda kablosuz iletişim kartı ile arayüz yazılımı tasarlamış, araçtan uzak mesafede görüntü ve ses aktarımını sağlayan bir sistem kurmuştur. Ölmez vd. (2014) ise araç üzerinde oluşturdukları dağıtık kontrol altyapısıyla konumlandırma, haritalama ve rota takibi gibi fonksiyonları sağlayan yazılım modülleri geliştirmiştir. Bu çalışmalar, İKA'larda görüntü iletimi ve kontrol yazılımlarının tamamlayıcı bir yapıda tasarlanabildiğini; gerektiğinde otonom görevleri de destekleyecek esnek bir yazılım mimarisi gereksinimini işaret etmektedir. Atış mekanizmaları konusunda ise literatürde genellikle özgün mekanizma tasarımları (ör. fırlatma sistemleri) geliştirilmiş olup, bu mekanizmaların kontrolü de aynı şekilde entegre yazılımlar üzerinden sağlanmaktadır.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde prototipin performans testleri ve değerlendirme sonuçları sunulmuştur. Geliştirilen insansız kara aracı üzerindeki donanım ve yazılım bileşenleri çeşitli deney senaryolarında sınanmıştır. Elde edilen veriler, aracın teknik özelliklerinin ve tasarım hedeflerinin ne ölçüde karşılandığını göstermektedir.

Dört adet 12V DC motorlu tasarımı sayesinde araç, yüksek hareket kabiliyeti sergilemiştir. Düz zemin üzerindeki hız testlerinde yaklaşık 19–20 km/s değerler elde edilerek tasarlanan 20 km/s maksimum hıza yakın bir performans sağlanmıştır. Batarya testleri, 5000 mAh kapasiteli Li-Po akünün yoğun çalışma koşullarında yaklaşık 55-60 dakikalık bir görev süresi sağladığını göstermiştir. Bu süre, öngörülen bir saatlik çalışma süresi ile uyumludur; ancak yüksek hız ve engebeli arazi kullanımlarında bu süre yaklaşık 30-45 dakikaya düşmektedir.

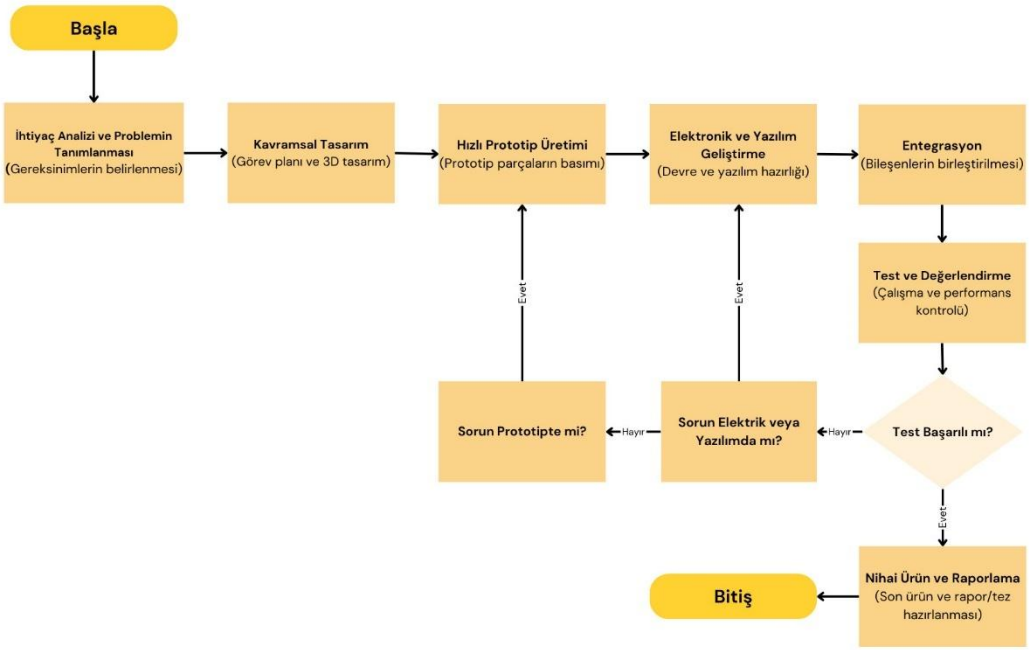
Atış mekanizması performansı da genel olarak tatmin edici bulunmuştur. 15 metreye kadar olan mesafede yapılan testlerde hedefi karşılama oranı yüksektir; 20–25 metre menzilde ise bu oran bir miktar azalmaktadır. Gözlemlere göre, 15 metre mesafede isabet oranı yaklaşık %80'in üzerinde iken, 25 metre mesafede yaklaşık %60 civarında gerçekleşmektedir. Bu sonuçlar,

tasarlanan 15–25 metre etkili atış menzili gereksinimlerini büyük ölçüde karşıladığını göstermektedir.

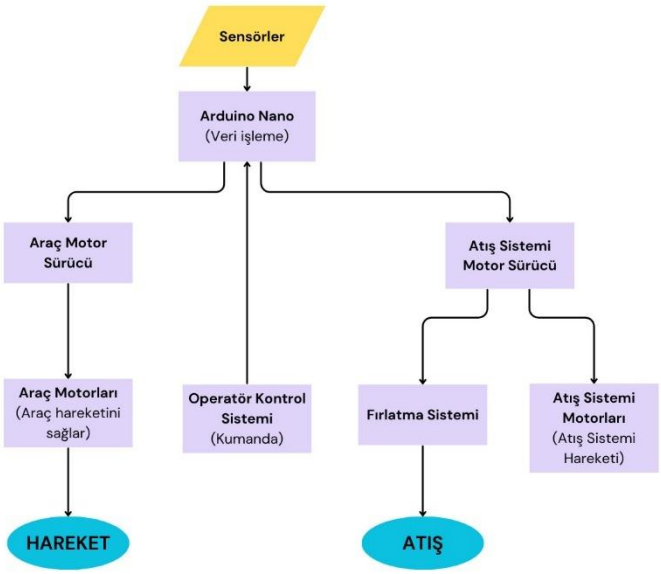
Gerçek zamanlı görüntü aktarım sistemi ve taşınabilir kumanda birimi saha testlerinde kullanım kolaylığı açısından değerlendirilmiştir. Kullanıcı geri bildirimleri, operatörlerin araç kontrolü konusunda genel olarak olumlu deneyimler yaşadığını göstermiştir; arayüzün temel elemanları sezgisel bulunmuştur. Ancak bazı kullanıcılar karmaşık ayarlar ve menüler konusunda ilk başta zorlanmış, bu nedenle kapsamlı kullanıcı eğitimine ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. İletişim hattının güvenilirliği genel olarak yeterli görülmüştür; bununla birlikte menzil ve veri iletim kararlılığı gibi alanlarda ilave iyileştirmeler önerilmiştir.

Yazılım ve donanım entegrasyonu genel olarak başarılı bulunmuştur. Araçtaki motor kontrol birimleri, sensörler ve yazılım modülleri arasında etkin iletişim sağlanmış, akıllı sürüş fonksiyonları beklendiği gibi çalışmıştır. Örneğin, eğim destek sistemi ve devrilme önleyici algoritma gerçek zamanlı sensör verisine dayanarak tutarlı sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, entegrasyon aşamasında bazı zamanlama uyumsuzlukları ve gecikmeler tespit edilmiş, bu problemler yazılım optimizasyonu ile giderilmiştir. Sonuç olarak, sistem bileşenleri arasındaki modüler yapının sağladığı uyum korunarak entegrasyon başarılı biçimde gerçekleştirilmiştir.

Saha denemeleri sırasında araç, farklı arazi koşullarında test edilmiştir. Bağımsız süspansiyon ve dört tekerlekten çekiş sistemi sayesinde araç engebeli zeminde dengesini koruyabilmiştir. Yaklaşık %20 eğimli yokuşlarda araç başarılı bir şekilde tırmanmış, ancak daha dik eğimlerde patinaj ve hız kaybı gözlenmiştir. Düzensiz zeminlerde aracın çekiş sistemi çoğu engeli aşmasını sağlamış, böylece zorlu arazi şartlarında genel olarak kararlı hareket elde edilmiştir. Buna karşın çok kaygan veya gevşek zeminlerde patinaj sınırlarına ulaştığı ve hızının düştüğü tespit edilmiştir.

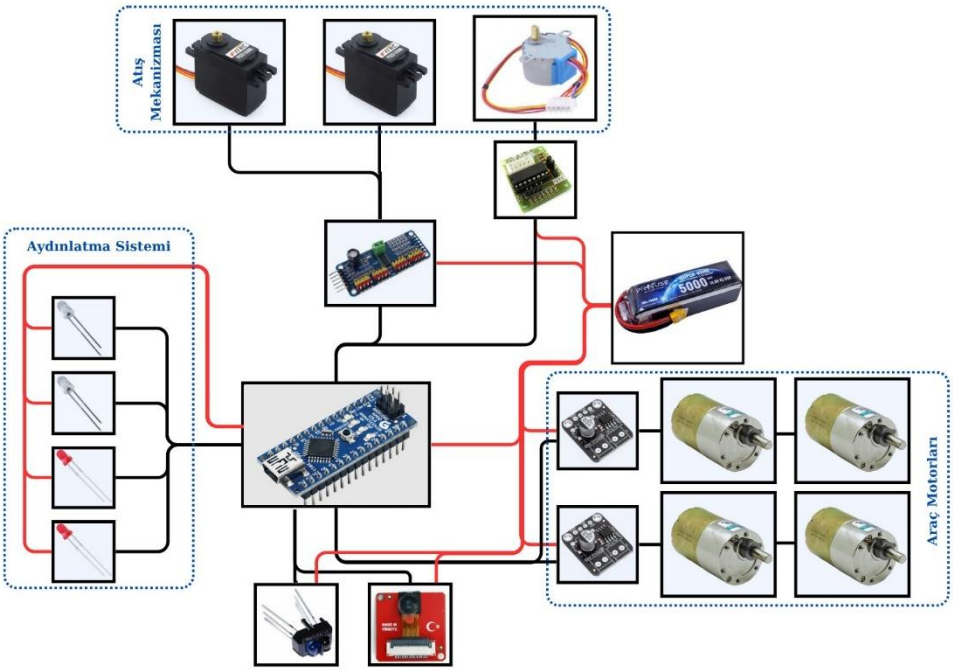


Şekil 1 İş-Akış Şeması

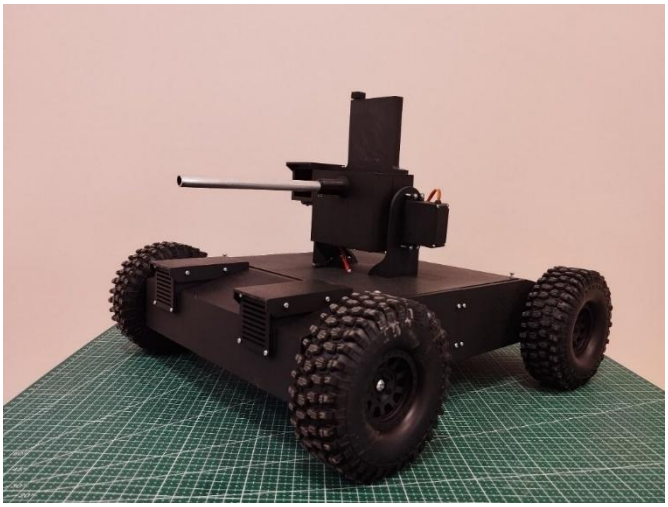


Tablo 3.2.1.Sistem Akış Diyagramı

Şekil 2 Sistem Blok Diyagramı



Şekil 3 Araç ve Atış Sistemi Bağlantı Diyagramı



Görsel 1 Araç



Görsel 2 Kumanda



Görsel 3 Atış Sistemi İç Mekanizması

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Geliştirilen hafif sınıf İKA prototipi, belirlenen başlıca teknik ve operasyonel hedefleri genel olarak karşılamıştır. Sistem, küçük boyut ve düşük ağırlık avantajıyla sınıfına uygun hareket kabiliyetine ulaşmış; gerçek zamanlı görüntü aktarımı ve kumanda ünitesi sayesinde operatörün aracı güvenli bir şekilde yönlendirmesine olanak sağlamıştır. Prototipin özgün çift tekerlekli atış mekanizması, tasarlanan 15–25 metre menzil içinde yüksek isabet oranları sunmuş ve bu sayede hedef vurma kabiliyeti başarılı bulunmuştur.

Bununla birlikte, prototip uygulamada bazı sınırlamalar da barındırmaktadır. Batarya ömrü testlerde kabul edilebilir bulunmuş olsa da, daha uzun görev süreleri için kapasite artırımı gereksinimi ortaya çıkmıştır. Atış mekanizmasının ABS malzemeden üretilmesi darbeye karşı dayanıklılığını sınırlamakta olup, metal veya kompozit alternatiflerin değerlendirilmesi önerilmektedir. Kullanıcı arayüzü ve kumanda düzeni genel olarak fonksiyonel bulunmakla birlikte, uzun süreli kullanımlarda ergonomik iyileştirmelere ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Mevcut modüler yazılım altyapısı ise ileri düzey geliştirmelerin entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır.

Geliştirme çalışmaları kapsamında aşağıdaki başlıca iyileştirme önerileri sunulabilir:

Batarya kapasitesi ve enerji yönetimi: Batarya kapasitesinin artırılması ve enerji yönetim yazılımının optimize edilmesi, araç görev süresini uzatacaktır.

Fırlatma mekanizması: Mekanizmanın malzeme ve yapısal tasarımının iyileştirilmesi, sistemin sağlamlık ve atış kararlılığını artıracaktır (örneğin metal veya dayanıklı kompozit parçalara geçilmesi).

Kullanıcı arayüzü: Kumanda düzeninin daha sezgisel hale getirilmesi ve arayüz tasarımında ergonomik iyileştirmeler yapılması, operatör deneyimini güçlen

direcektir.

Ek sensör entegrasyonu: Araç üzerine lidar, ultrasonik gibi ek sensörler entegre edilerek otonom sürüş ve hedef takip yetenekleri geliştirilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada ortaya konan İKA prototipi, belirlenen gereksinimleri büyük ölçüde karşılayan ve gelecekteki geliştirmeler için sağlam bir temel oluşturan bir sistem olarak değerlendirilmiştir. Yapılacak ilave geliştirmelerle aracın saha performansının ve güvenilirliğinin daha da artacağı öngörülmektedir.

.

Türkçe Kaynaklar

Alkan, M., & Aydın, H. (2020). Gömülü sistem tasarımı ile mobil robot kontrolü. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, *8*(3), 744–752.

Bozdemir, M. (2018). Silah kabzasının 3B yazıcılarla tasarımı ve imalatı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, *2*(1), 57–68.

Demir, C., & Eldem, C. (2024). İnsansız kara araçları için derin öğrenme destekli tasarım işlem modeli. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, *10*(3), 632–644.

Ekinci, S., & Aytekin, M. (2016). Bir insansız kara aracı (İKA) tasarımı ve kontrolü. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *20*(4), 771–781.

Gündoğdu, K., & Çalhan, A. (2013). İnsansız askeri kara aracı tasarımı. *Düzce Üniversitesi İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *2*(1), 36–45.

Ölmez, H., Lahroodi, M., Gönüllü, K. M., Koku, A. B., Konukseven, E. İ., Hacınecipoğlu, A., Nazarabad, M. Y., & Özütemiz, B. K. (2014). *Uzaktan kullanıcı etkileşimli yarı-otonom insansız kara aracı platformu* (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).

Topal, M., & Sönmez, T. (2017). Çoklu sensör verileri ile İKA kontrolü. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *23*(4), 523–528.

Vardin, S., Demircioğlu, P., & Böğrekci, İ. (2022). Arazi uygulamaları için insansız yer aracı geliştirilmesi. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, *5*(1), 1–13.

İngilizce Kaynaklar

Aguilar, W. G., Albán, P., Cruz, H., Tiuma, A., & Figueroa, J. (2021). Low cost multitask mobile robot for military application. In *Artificial Intelligence, Computer and Software Engineering Advances (CIT 2020)* (Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1326, pp. 462–473). Springer.

Ahmed, S., Alam, M. K., Dipu, M. R. A., Debnath, S., Haque, S., & Akhter, T. (2023). A cost-effective unmanned ground vehicle (UGV) using swarm robotics technology for surveillance and future combat. In M. S. Kaiser, S. Waheed, A. Bandyopadhyay, M. Mahmud, & K. Ray (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Trends in Computational and Cognitive Engineering (TCCE 2022)* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 618, pp. 159–171). Springer.

Beycimen, S., Ignatyev, D., & Zolotas, A. (2023). A comprehensive survey of unmanned ground vehicle terrain traversability for unstructured environments and sensor technology insights. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *47*, 101457.

Peels, J. (2021, October 27). 3D printing drone swarms, part 8: Armed ground vehicles. *3DPrint.com.*

Rahman, M. Z. U., Raza, U., Akbar, M. A., Riaz, M. T., Gumaei, A. H., & Ahmad, N. (2023). Radio-controlled intelligent UGV as a spy robot with laser targeting for military purposes. *Axioms*, *12*(2), 176.

Sahu, V. K., Soni, H., Patel, N., Siddiqui, M. A., et al. (2025). Remote-controlled military UGV for surveillance & tactical operations. *Journal of Social Computing and Communication*, *2*(1), 1–?.

TRANSFER ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE BEYİN TÜMÖRÜ TESPİTİ

Sümeyye SARIATEŞ
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, 23119, Türkiye
sumeyyesariates@gmail.com - 0009-0001-7052-389X
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KARADUMAN
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, 23119, Türkiye
gkaraduman@firat.edu.tr - 0000-0001-8034-3019
Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, 23119,Türkiye
erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-9004-4802

ÖZET

İnsanlar birçok farklı hastalığa maruz kalmakla birlikte, beyin tümörleri hem çocuklarda hem de erişkinlerde morbidite ve mortalite açısından kritik öneme sahiptir. Erken evrede tanı konulamaması; baş ağrısı, bulantı-kusma veya nörolojik defisitlerin migren, vertigo gibi yaygın şikâyetlerle karışması, MRG ve BT'nin maliyet, erişilebilirlik ve doku ayırt ediciliğindeki kısıtlamaları ile stereotaktik biyopsinin invaziv riskleri, tanı sürecini geciktirmekte ve hasta psikolojisi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu zorlukları aşmak amacıyla yapay zeka ve özellikle transfer öğrenme tabanlı yöntemler, daha az veriyle yüksek doğruluk ve hızlı öğrenme yetenekleri sayesinde biyomedikal görüntü sınıflandırmada öne çıkmaktadır. Bu çalışmada beyin tümörü MR görüntülerinden oluşan veri seti üzerinde, ResNet50v2, VGG16, VGG19 ve Inceptionv3 mimarileri ile transfer öğrenme yaklaşımı uygulanmıştır. Modellerin tamamı, veri artırma ve uygun hiperparametreler eşliğinde yeni beyin tümörü MR görüntülerine uyum sağlaması için yeniden eğitilmiştir. Böylece model, yalnızca son katmanlardaki sınıflayıcı ağırlıkları değil, aynı zamanda derin konvolüsyon bloklarındaki filtre parametrelerini de güncelleyerek, tüm görsel temsil katmanlarını hedef probleme özgü olarak optimize etmiştir. Bu doğrultuda sırasıyla %99.16, %84.18, %75,44 ve 99.34% doğruluk oranları elde edilmiştir. Bu bulgular, Inceptionv3 tabanlı modelin beyin tümörü sınıflandırmasında Resnet50v2 modeline benzer ve diğer iki VGG mimarisine kıyasla belirgin üstünlük sunduğunu; VGG16 ve VGG19'un ise hâlihazırda klinik destek araçları olarak değerlendirilebilecek düzeyde olmakla birlikte performanslarının daha sınırlı kaldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Beyin Tümörü, CNN, Derin Öğrenme, Transfer Öğrenme

1.GİRİŞ

Beyin ve santral sinir sistemi (CNS) tümörleri, tüm kanserler arasında nispeten düşük insidansa sahip olmasına rağmen, mortalite ve morbidite oranları bakımından kritik bir öneme sahiptir. 2019 verilerine göre dünya genelinde yaşa göre standartlaştırılmış insidans hızı her 100.000 kişide 4,34 ve mortalite hızı 3,05 olarak bildirilmiş; beyin ve CNS tümörleri, 36 kanser tipi arasında görülme sıklığı bakımından 21. sırada yer almıştır [1].

Ayrıca yılda yaklaşık 250.000 yeni primer beyin tümörü tanısı konmakta ve tüm kanser vakalarının %2'den azını oluşturmasına rağmen beyin ve sinir sistemi tümörlerinin yaşam kalitesi üzerindeki etkisi son derece yüksek olmuştur [2].

Beyin tümörlerinin erken evrede klinik bulgu vermemesi veya bulguların (baş ağrısı, bulantı-kusma, nöbetler, odak nörolojik defisitler) migren, vertigo ya da diğer nörolojik hastalıklarla karışması tanıyı güçleştirmiştir. Örneğin benign baş ağrısı atakları veya vestibüler bozukluklarla ayırt edilemeyen ağrılar, hastaların semptomlarını uzun süre göz ardı etmesine yol açabilir; bu da tümörün büyümesini ve merkezi yapıların daha fazla hasar görmesini hızlandırır [2].

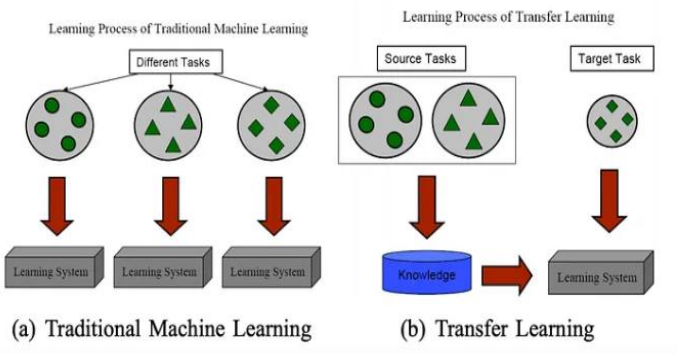
Görüntüleme yöntemleri beyin tümörleri tanısında altın standart olsa da her birinin dezavantajları bulunmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), doku kontrastı ve multiplanar inceleme imkânı sağlarken, maliyetinin yüksek olması, özellikle pediatrik ve yaşlı hastalarda sedasyon gerektirmesi ve her merkezde erişilebilir olmaması gibi sınırlamalara sahiptir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ise acil durumlarda hızlı sonuç vermesine karşın, iyonize radyasyon maruziyeti ve yumuşak doku çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle küçük lezyonların gözden kaçmasına neden olabilir [3].

Kesin tanı için başvurulan stereotaktik biyopsi ise derin bölgelerdeki lezyonlara erişim zorluğu, kanama ve enfeksiyon riski gibi invaziv komplikasyonlar barındırmaktadır. Tanı ve tedavi sürecinin getirdiği belirsizlik ve stres, hastalar ile yakınlarında ağır psikososyal yükler oluşturur. Cerrahi, radyoterapi, kemoterapi ve hedefe yönelik tedaviler gibi müdahalelerin yan etkileri; bilişsel fonksiyonlarda bozulma, yorgunluk, iştahsızlık, uyku problemleri ve depresyon/anksiyete ataklarını tetikleyebilir. Bu nedenle, beyin tümörlerinde erken tanı hem yaşam süresini uzatmak hem de tedavi kalitesini ve hastanın yaşam kalitesini korumak açısından son derece önemlidir [4].

Bu çalışmada transfer öğrenme yöntemleriyle beyin tümörünü tespitinin etkili bir şekilde yapılması planlanmıştır. Yürütülen çalışmanın ara aşamalarında sınıflandırma doğruluk oranlarının diğer çalışmalardan farkının anlaşılabilmesi için her bir modele ait Acc-Loss eğrileri, ROC eğrileri ve diğer performans metrikleri (precision, recall, f1 score, support) gibi istatiksel verilere yer verilecek gerekli analizler bu bilgiler ışığında yapılacaktır.

Geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri, tıbbi görüntü sınıflandırma alanında uzun yıllardır temel araçlar olarak kullanılmıştır. Beyin tümörü tanısında da Naive Bayes, K-en yakın komşu (KNN), karar ağaçları, destek vektör makineleri (SVM), rastgele ormanlar, doğrusal ve lojistik regresyon ile K-ortalama gibi algoritmalar yaygın şekilde denenmiş; literatürde bu yaklaşımlarla %70 ile %90 arasında değişen doğruluk oranları bildirilmiş, en yüksek başarı

düzeyine ise genellikle rastgele orman ve SVM modelleri ulaşmıştır [5]. Ancak veri setlerinin sınırlı olduğu durumlarda, derin öğrenmenin sunduğu esneklik ve temsil gücü geleneksel yöntemlerin ötesine geçmektedir. Bununla birlikte, tam anlamıyla sıfırdan eğitilen derin ağların büyük miktarda etiketli veriye ihtiyaç duyması; tıbbi alandaki küçük ölçekli ve dengesiz veri kümelerinde hem eğitim süresini uzatmakta hem de aşırı uyum (overfitting) riskini beraberinde getirmektedir. Transfer öğrenme yaklaşımları ise bu soruna etkin bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Kaynak görevde (örneğin ImageNet) önceden öğrenilmiş zengin görsel temsiller, hedef görevde (beyin tümörü sınıflandırması) işlemine tabi tutularak; daha az veriyle daha hızlı öğrenme, yüksek genelleme yeteneği ve daha iyi performans sağlanmasına imkân tanımaktadır.



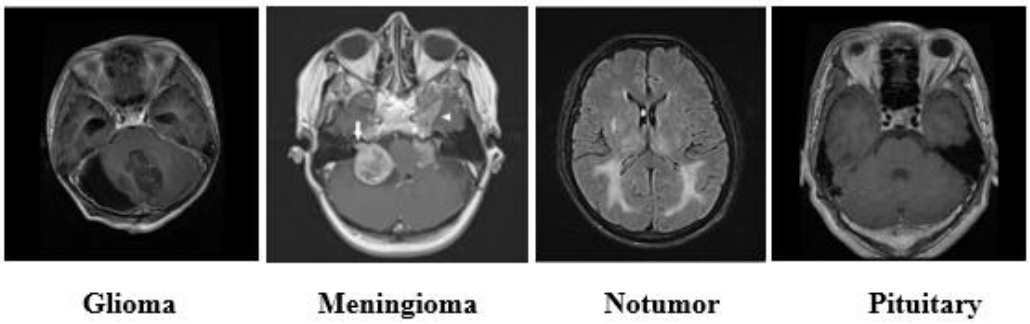
Görsel 1. Makine öğrenmesi ve Transfer öğrenme yöntemlerinin temel mantığı [6]

Özellikle MR görüntülerinden beyin tümörlerinin tespiti ve sınıflandırılması gibi kritik görevlerde, transfer öğrenme ile modelin hem başlık katmanları hem de derin konvolüsyon blokları yeniden eğitilip optimize edilebilmekte; bu sayede sınırlı örnek sayısına rağmen yüksek doğruluk ve güvenilirlik elde edilmektedir [7]. Bu çalışmada, beyin tümörü MR görüntülerinin otomatik ve hızlı sınıflandırılmasını sağlayacak derin sinir ağı mimarileri üzerinde transfer öğrenme modelleri karşılaştırılacak; erken evre teşhisiyle tedaviye ayrılabilecek süre uzatılarak hastaların hem fizyolojik hem de psikososyal yükünün azaltılması hedeflenecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

A.Veri Kümesi

Bu çalışmada, literatürde giderek popülerleşen ve Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN) tabanlı transfer öğrenme yaklaşımları kullanılarak beyin tümörü MR görüntülerinin otomatik sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Kaggle'dan temin edilen ve glioma, meningioma, pituitary ile notumor olmak üzere dört sınıfa ayrılmış toplam 7023 adet MR görüntüsünden oluşan veri seti üzerinde çalışılmıştır. Veri setinin 1311 görüntüsü kesin test verisi olarak ayrılmış; kalan 5712 görüntü, %80 eğitim ve %20 doğrulama olarak bölünmüştür.



Görsel 2. Örnek Beyin tümörü verisi MR görüntüsü

Sınıflandırma doğruluğu hesaplanırken yapılan testlerle etkinliğinin tespit edilmesi önemlidir. Bu bakımdan kesinlik tespiti yapılırken oluşturulan modelin performansına da bakılmaktadır. Bu performansı tespit etmek için karmaşıklık matrisi kullanılmıştır. Daha sonra bu matris kullanılarak, doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü metrikleri hesaplanmıştır.

B.Veri Ön İşleme

Veri kümesindeki MR görüntüleri, her biri "glioma", "meningioma", "pituitary" veya "notumor" etiketli dört ayrı alt klasöre ayrılmıştır. Öncelikle bu klasör yapısı Python'un os modülü kullanılarak okunmuş; sorted(os.listdir(folder_path)) ile sınıf adları alfabetik sıraya göre elde edilmiştir. Ardından, her bir sınıf klasöründeki .png, .jpg veya .jpeg uzantılı dosyalar taranarak tam dosya yolu (filepath) ile karşılık gelen sınıf etiketi (label) iki ayrı listeye eklenmiştir.

Modelin eğitim ve doğrulama verisi olarak ayrılması aşamasında, train_test_split() fonksiyonuna stratify=df['label'] parametresi eklenerek her dört sınıfın orantısal dağılımı korunmuştur. Böylece, eğitime ayrılan örnekler ile doğrulama örnekleri arasında sınıf dengesizliği kaynaklı bir sapma önlenmiştir. Test seti ise baştan sabitlenmiş ve hiçbir önişleme ya da model seçimi aşamasında kullanılmayacak şekilde ayrı tutulmuştur.

Görüntüler, modelin gereksinimlerine uygun şekilde önceden işlenmek üzere jeneratörlere aktarılmıştır. Eğitim jeneratöründe, rastgele döndürme (±20°), yatay/dikey kaydırma (%10), yakınlaştırma (%10) ve yatay çevirme gibi veri artırma (augmentation) teknikleri uygulanarak eğitim setinin çeşitliliği artırılmış ve aşırı uyum (overfitting) riski azaltılmıştır. Doğrulama jeneratöründe yalnızca kanal normalizasyonu gerçekleştirilmiş, augmentasyon kullanılmamış; bu sayede modelin gerçek performansı objektif bir şekilde izlenmiştir. Kesin test setine gelen jeneratörde ise hiçbir augmentasyon veya ek dönüşüm uygulanmayarak, modelin tamamen "gerçek dünya" benzeri veriler üzerindeki genelleme yeteneği ölçülmüştür. Etiketler, otomatik olarak one-hot kodlamayla çok sınıflı sınıflandırma formatına dönüştürülmüş, veri yükleme ve batch yönetimi adımları ise bellek verimliliği ve hız için eşzamanlı GPU/CPU işleme ile yürütülmüştür.

C.Transfer Öğrenimli Model Mimarileri ve Eğitim Protokolü

Bu çalışmada, dört sınıflı beyin tümörü sınıflandırma görevini değerlendirmek üzere üç farklı derin konvolüsyonel ağ mimarisi seçilmiştir: ResNet50V2, VGG16, VGG19 ve Inceptionv3.

Tüm modeller, ImageNet veri kümesi üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklarla (weights='imagenet') başlatılmış ve sınıflandırma katmanı (include_top=False) kaldırılarak yalnızca konvolüsyonel taban katmanları korunmuştur. Ardından her modelin konvolüsyon blokları, yeni beyin tümörü verisine özgü özellikleri öğrenebilmesi amacıyla trainable=True ayarıyla eğitime dahil edilmiştir.

Başlık katmanı olarak her üç mimaride de şu blok yapısı kullanılmıştır:

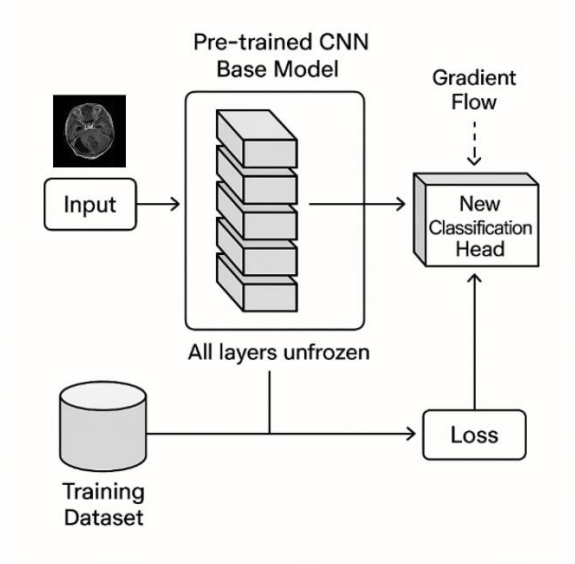
GlobalAveragePooling2D: Konvolüsyonel tabanın sonundaki çok boyutlu özellik haritalarını tek boyutlu vektöre indirgerken, parametre sayısını azaltarak fazladan aşırı uyumu önlemeye katkı sağlamaktadır.

Dense(1024, ReLU): 1024 nöronlu, ReLU aktivasyonlu tam bağlantılı bir katman; modelin öğrenilen özellikler üzerinde daha karmaşık ilişkiler kurabilmesi için bir ara temsil oluşturmaktadır.

Dropout(0.5): Yüzde 50 birim silme oranıyla aşırı uyum riskini azaltmak amacıyla ara katmandaki bazı nöronları rastgele devre dışı bırakır.

Dense(4, softmax**)**: Nihai sınıflandırma katmanı; dört sınıf (glioma, meningioma, pituitary, notumor) için çoklu olasılık dağılımı üretir.

Bu tam katman ince ayar yaklaşımı (full fine-tuning), yalnızca başlık kısmındaki ağırlıkları değil, aynı zamanda konvolüsyon bloklarındaki tüm filtre parametrelerini de güncelleyerek, önceden öğrenilen genel görsel temsilleri beyin tümörü MR görüntülerinde ayırt edici özellikleri daha iyi yakalayacak biçimde optimize eder. Aşağıdaki şekil 3'te full fine tuning stratejisinin akış şeması verilmiştir.



Görsel 3. Full Fine Tuning Stratejisi akış şeması

Görsel incelendiğinde, öncelikle etiketli görüntülerden oluşan eğitim veri kümesinin modele giriş olarak sunulduğu görülüyor. Bu ham veriler, ImageNet gibi geniş bir veri seti üzerinde önceden eğitilmiş bir konvolüsyonel sinir ağı (CNN) temel modeli katmanları boyunca işlenir.

Temel model, çeşitli evrişim (convolution), aktivasyon ve havuzlama (pooling) aşamalarıyla hem düşük düzeydeki kenar ve doku özelliklerini hem de üst düzeydeki nesne ve sınıf bilgilerini çıkaracak şekilde tasarlanmıştır.

Geleneksel ince ayar (fine-tuning) yöntemlerinden farklı olarak bu stratejide modelin tüm katmanları "çözülmüş" (unfrozen) durumda bırakılır; yani yalnızca son katman değil, temel modeldeki tüm ağırlıklar yeniden öğrenmeye açıktır. Bunun üzerine, hedeflenen sınıf sayısına uygun yeni bir sınıflandırma başlığı (classification head) eklenir. Başlık, modelin çıkış boyutunu güncelleyen ve tamamen sıfırdan eğitilen katmanlardan oluşur.

Eğitim sırasında, modelin tahmini ile gerçek etiketler arasındaki fark kayıp (loss) fonksiyonuyla hesaplanır. Bu kayıp değeri, geri yayılım (gradient flow) yoluyla tüm ağ katmanlarına iletilerek hem temel modelin hem de yeni sınıflandırma başlığının ağırlıklarını güncelleyen optimizasyon algoritmasına (Adam) temel olur. Bu sayede, model hem önceden öğrenilmiş genel görsel özellikleri hem de yeni veri kümesinin özgün desenlerini derinlemesine kapsayacak şekilde ince ayar yapılmış olur.

Tam katman ince ayar (full fine-tuning) stratejisi, önceden eğitilmiş konvolüsyon bloklarının tamamını yeniden optimize ederek hem düşük hem de yüksek seviyeli gösterimleri hedef veriye özgü hâle getirir. Bu yaklaşımın etkinliği, özellikle sınırlı veri kümelerinde pek çok güncel çalışmada doğrulanmıştır.

Raghu, Zhang, Kleinberg ve Bengio (2019), "Transfusion" çalışmasında ResNet ve Inception-v3 gibi ImageNet ön eğitimli modelleri, yalnızca son katmanların eğitildiği feature-extraction stratejisi ile tam fine-tuning stratejisi arasında karşılaştırmış; tam fine-tuning'in özellikle küçük tıbbi görüntü veri kümelerinde daha hızlı yakınsama ve genelleme sağladığını göstermiştir (Raghu et al., 2019) [8].
Huang ve arkadaşları (2023) tarafından npj Digital Medicine'da yayımlanan kapsamlı bir sistematik derlemede, 79 tıbbi görüntü sınıflandırma çalışması incelenmiş; "end-to-end" fine-tuning yapan modellerin, sınıflayıcı katmanda lineer probing (özellik çıkarımı) uygulayan modellere göre tutarlı biçimde daha yüksek doğruluk elde ettiği vurgulanmıştır (Huang et al., 2023) [9].
Salehi ve arkadaşları (2023) ise Sustainability dergisinde, farklı CNN mimarilerinin transfer öğrenme uygulamalarını değerlendirirken; yalnızca başlık katmanını eğiten modellere kıyasla tüm katmanları fine-tuning eden yapıların diagnostik performansını anlamlı ölçüde iyileştirdiğini rapor etmiştir (Salehi et al., 2023) [10].

Bu bulgular, tam katman ince ayarın, önceden öğrenilmiş genel görsel temsilleri beyin tümörü MR görüntülerindeki özgün morfolojik sinyallere adapte ederek sınıflandırma başarısını en üst düzeye taşıdığını göstermektedir. Modelin eğitimi, açık kaynaklı TensorFlow/Keras kütüphaneleri kullanılarak Google Colab platformunda gerçekleştirilmiş; hesaplama hızını artırmak ve büyük hacimli görüntü verilerini gerçek zamanlı olarak işlemek için Tesla T4 GPU desteği devreye alınmıştır. Eğitim sürecinin temel hedefi, hem konvolüsyon taban katmanlarının hem de son sınıflandırma katmanının beyin tümörü MR görüntülerindeki ayırt edici doku ve morfolojik sinyalleri öğrenmesini sağlamaktır.

Optimizasyon aşamasında her modelde Adam algoritması tercih edilmiştir. Adam, her parametreye ayrı ayrı uyarlanabilir öğrenme oranı atayarak eğitim başında daha büyük adımlar, ilerleyen dönemlerde ise daha ince ayarlamalar yapmaya imkân tanımaktadır. Bu adaptif mekanizma, özellikle tam katman ince ayarda (full fine-tuning) Çizelgeya dökülen milyonlarca parametrenin dengeli biçimde güncellenmesine yardımcı olmaktadır. Modelin hata ölçümü için çok sınıflı sınıflandırmaya uygun categorical_crossentropy kayıp fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, her örnek için doğru sınıfın olasılığını maksimize etmeye odaklanır ve softmax çıkışıyla birlikte istikrarlı gradyan akışı sağlar.

Veri işleme sırasında, bellek–hız dengesi gözetilerek mini-batch boyutu 32 seçilmiştir. Böylece GPU bellek sınırları aşılmadan her adımda yeterli sayıda örnekle paralel hesaplama yapılmıştır. Eğitim 10 epoch boyunca sürdürülmüş, modelin aşırı öğrenmesini önlemek için callback mekanizmaları devreye sokulmuştur. ReduceLROnPlateau callback'i, doğrulama kaybı (val_loss) üç ardışık epoch boyunca iyileşme göstermediğinde öğrenme oranını yarıya indirir. Bu sayede eğitim ilerledikçe optimizasyon süreçlerinin kararlılığı korunur ve daha küçük, ince ayar niteliğinde adımlar yapılır. Her epoch sonunda hem eğitim hem de doğrulama doğruluk ve kayıp değerleri kayıt altına alınmış; sonrasında bu değerler üzerinden kayıp-doğruluk eğrileri (loss-accuracy curves) çizilerek eğitim dinamikleri görselleştirilmiştir. Ayrıca doğrulama seti üzerinde sınıf bazlı ROC eğrileri, Confusion matris ve performans metrikleri analiz edilerek modelin sınıf-bazlı ayırt edicilik gücü detaylı şekilde raporlanmıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

A. Model Performans Değerlendirme Metrikleri

Bu çalışmada, dört sınıflı beyin tümörü sınıflandırma görevini değerlendirmek üzere ResNet50V2, VGG16, VGG19 ve Inceptionv3 olmak üzere dört farklı derin konvolüsyonel ağ mimarisi seçilmiştir. Seçilen parametrelerin ve eğitimli modelin sınıflandırma doğruluğuna etkisini görmek için deneyler yapılmış ve sonuçlar rapor edilmiştir. Sonuçları karşılaştırmak ve daha iyi seçimler yapmak için model değerlendirme metriklerinden doğruluk ölçümleri kullanılmıştır. Doğruluk, tahmin edilen sınıf ile gerçek sınıfın uyumunu oransal olarak veren bir ölçümdür. Örneğin, doğruluk, model tarafından beyin tümörü için anlamlı olarak öngörülen vaka sayısının tüm vakalara oranının gerçekten riskli olduğu ve modelin risk olmadığı şeklinde öngördüğü vakanın gerçekten risksiz olduğu şeklinde sunulmaktadır. Sınıflandırma doğruluk değeri Çizelge 1'de gösterilen karmaşıklık matrisinde belirtilen metrikler üzerinden elde edilmektedir.

Çizelge 1. İki sınıflı karmaşıklık matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf	
		Risk Var	Risk Yok
Gerçek Sınıf	Risk Var	TP (True Positive)	FN (False Negative)
	Risk Yok	FP (False Positive)	TN (True Negative)

Karmaşıklık matrisi terimleri ve anlamları aşağıda listelenmiştir.

• True Positive (TP): Pozitif sınıfa ait olan ve sınıflandırıcı tarafından doğru bir şekilde sınıflandırılan veri miktarını temsil etmektedir.

• True Negative (TN): Sınıflandırıcı tarafından doğru olarak sınıflandırılan negatif sınıfa ait veri miktarını temsil etmektedir.
• False Positive (FP): Aslında negatif sınıfa ait olan bir ifadenin hatalı sınıflandırılarak pozitif sınıf olarak tanımlanmasıdır.
• False Negative (FN): Sınıflandırmanın aslında pozitif sınıfa ait olan ifadelerinin negatif sınıf olarak tanımlanmasıdır.
Sınıflandırma performansını belirlemek için karmaşıklık matrisi kullanılarak belirlenen metrikler, açıklamalarıyla birlikte aşağıda listelenmiştir:

Doğruluk: Önerilen modelin başarısının değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Modeldeki doğru tahminler kümesinin tüm veri kümesine bölünmesiyle bir doğruluk değeri hesaplanmaktadır [11].

Performans değerlendirme metrikleri kullanılarak Denklem 1'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Doğruluk (Acc)} = \frac{(\text{TP}+\text{TN})}{(\text{TP}+\text{TN}+\text{FP}+\text{FN})} \qquad (1)$$

Kesinlik: Özellikle yanlış pozitif tahminlerin maliyeti yüksek olduğunda önemlidir. Örneğin model, e-posta kutunuza gelmesi gereken bir maili spam (FP) olarak işaretlerse, almanız gereken önemli maili göremezsiniz ve kayıp bir durumda olursunuz. Kesinlik, bir model seçerken önemli bir kriterdir [11]. Denklem 2'de verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Kesinlik (Pre)} = \frac{\text{TP}}{(\text{TP}+\text{FP})} \qquad (2)$$

Duyarlılık: Yanlış negatifleri tahmin etmenin maliyetinin yüksek olduğu durumlarda da yararlı bir ölçümdür. Mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. [11]. Denklem 3'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Duyarlılık (Rec)} = \frac{\text{TP}}{(\text{TP}+\text{FN})} \qquad (3)$$

F-ölçütü: Bu değer hassaslık ve duyarlılık (geri çağırma) değerlerinin harmonik ortalamasını vermektedir [11]. Denklem 4'te verildiği gibi hesaplanmaktadır.

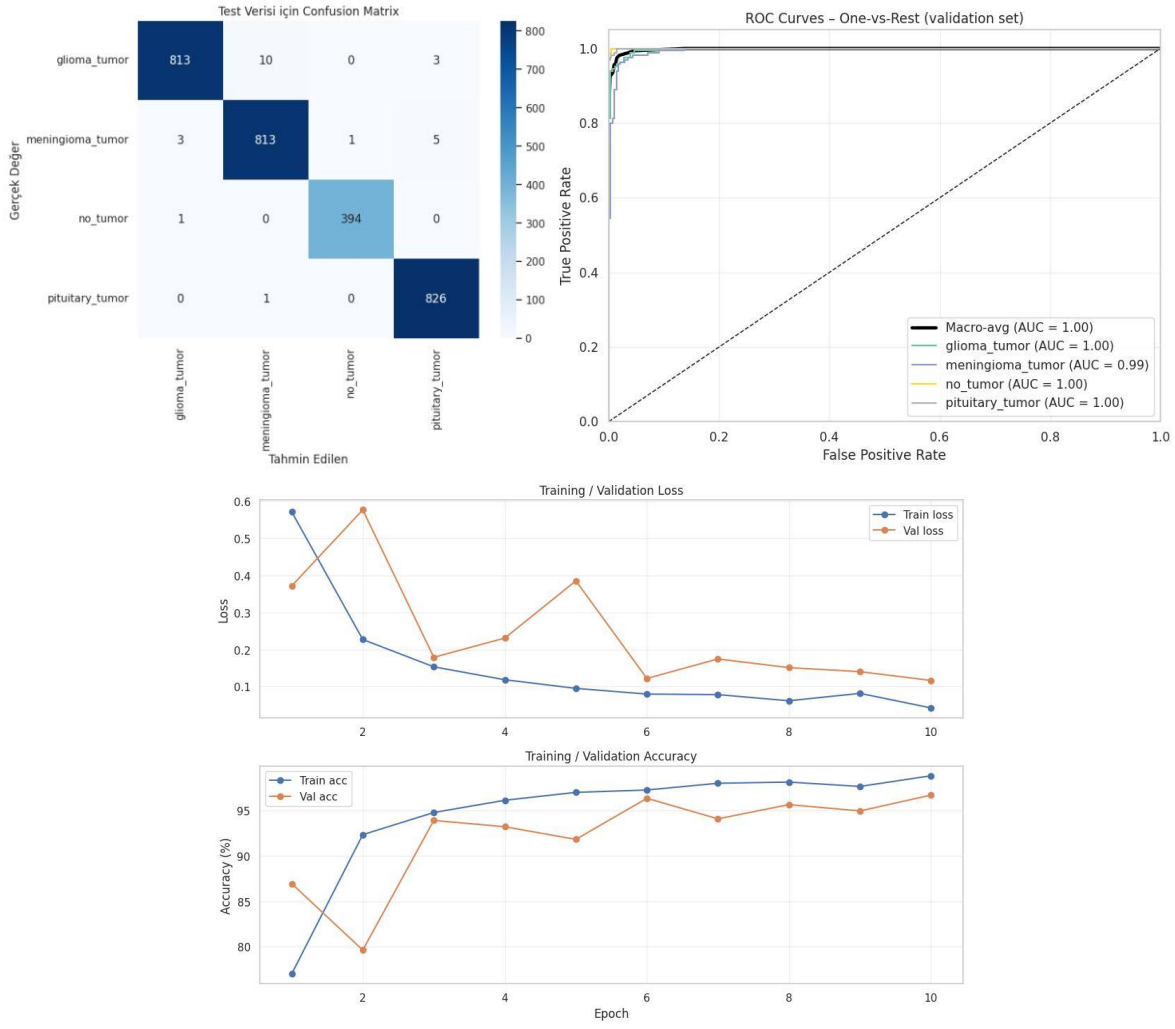
$$\text{F} - \text{ölçütü} = 2 * \frac{(\text{precision}*\text{recall})}{(\text{precision}+\text{recall})} \qquad (4)$$

ROC eğrisi (Receiver Operating Characteristic curve): sınıflandırma problemlerinde bir modelin performansını değerlendirmek için kullanılan bir grafiksel araçtır. Özellikle, modelin hassasiyeti ve özgüllüğünü görselleştirmek için kullanılmaktadır.
ROC eğrisi, farklı kesme noktalarında (thresholds) hassasiyet ve özgüllük arasındaki ilişkiyi gösterir. X ekseni, false pozitif oranı (False Positive Rate - FPR) ve Y ekseni, true pozitif oranı (True Positive Rate - TPR) olarak tanımlanan duyarlılığı (sensitivity) gösterir.
AUC (Area Under the ROC Curve): ROC eğrisinin altındaki alanı ifade eder. Bu değer, sınıflandırıcıların performansını ölçen bir ölçüttür. AUC değeri 0 ile 1 arasında olabilir. Bir

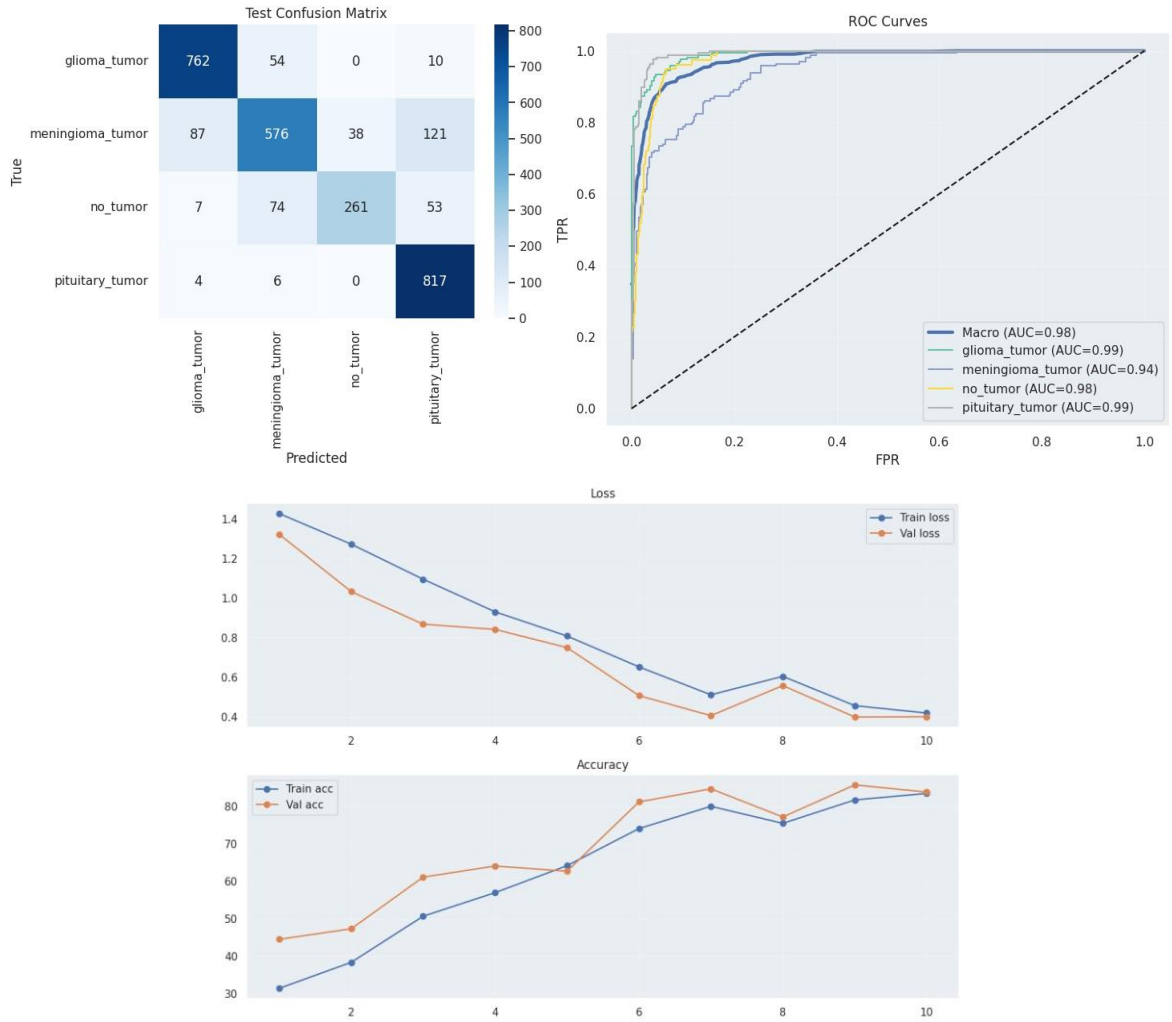
modelin AUC değeri 0.5'e yakınsa, rastgele sınıflandırma yapıyormuş gibi olduğu söylenebilir. Ancak, AUC değeri 1'e yaklaştıkça, modelin performansı artmaktadır.

B. Performans Değerlendirme

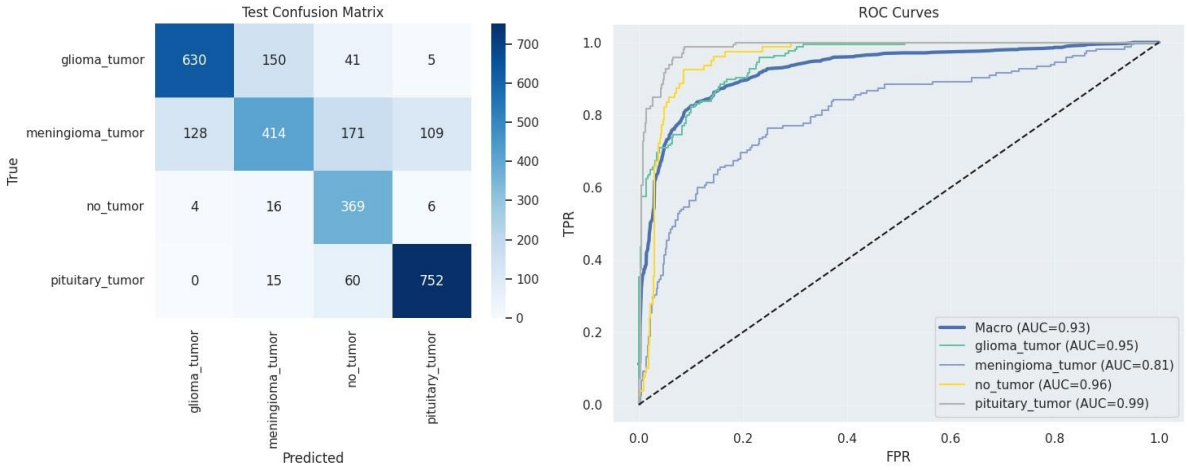
Bu çalışmada , her biri “glioma”, “meningioma”, “pituitary” veya “notumor” etiketli dört ayrı sınıftan oluşan beyin tümörü veri seti üzerinde çalışılmış ve Resnet50v2, vgg16, vgg19 ve Inceptionv3 modelleri üzerinde gerekli optimizasyonlar yapılarak transfer öğrenimli sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Bu doğrultuda transfer öğrenimli modellerden elde edilen confusion matrisleri, accuracy-loss eğrileri ve ROC eğrileri aşağıdaki görsellerde sunulmuştur.

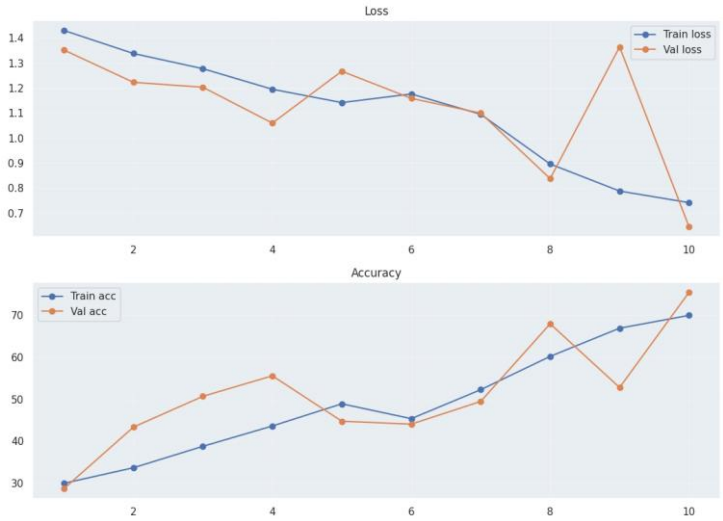


Görsel 4. Resnet50v2 modeline ait confusion matris, ROC eğrisi ve acc-loss eğrisi

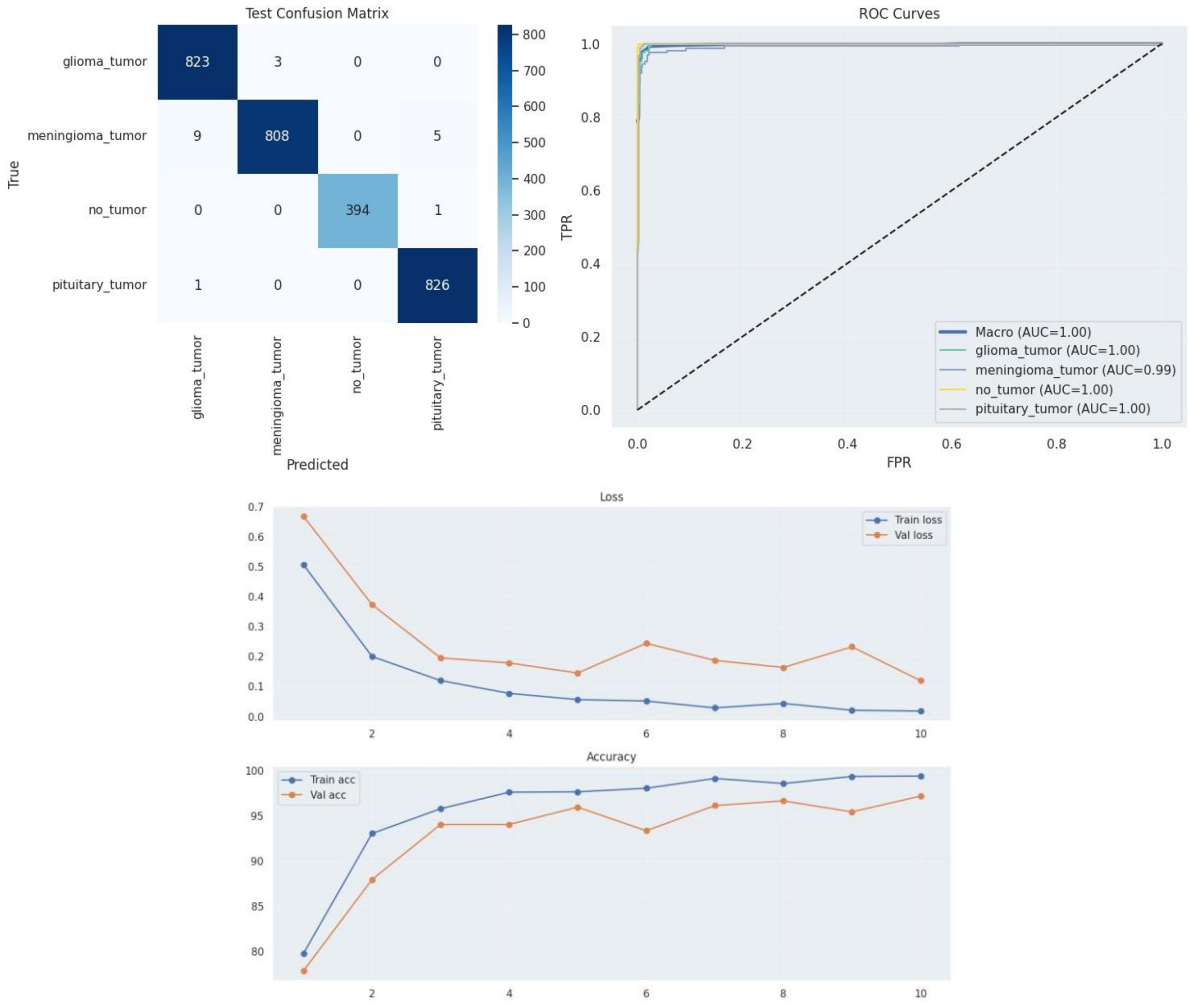


Görsel 5. Vgg16 modeline ait confusion matris, ROC eğrisi ve acc-loss eğrisi





Görsel 6. Vgg19 modeline ait confusion matris, ROC eğrisi ve acc-loss eğrisi



Görsel 7. Inceptionv3 modeline ait confusion matris, ROC eğrisi ve acc-loss eğrisi

Deneysel sonuçlar incelendiğinde, dört farklı transfer öğrenme mimarisinin beyin tümörü MR görüntülerini sınıflandırmada farklılıkları ve başarıları ortaya koyulmaktadır.

InceptionV3 ile test setinde %99,35 genel doğruluk ve 0,997 makro-AUC değeri elde edilmiş; glioma örneklerinin %99,64'ü, meningioma örneklerinin %98,29'u, "no_tumor" örneklerinin %99,75'i ve pituitary tümörlerin %99,88'i doğru sınıflandırılmıştır.

ResNet50V2 mimarisi de %99,17 doğruluk ve 0,980 makro-AUC ile InceptionV3'e çok yakın performans göstermiş; bu modelde glioma %98,41, meningioma %98,90, no_tumor %99,75 ve pituitary %99,88 oranlarında başarıya ulaşılmıştır.

Yapısal olarak daha basit olan VGG16'nın genel doğruluğu %84,22 ve makro-AUC değeri 0,933 olarak bulunmuş; meningioma sınıfında %70,07, no_tumor'da %66,08 gibi daha düşük ayırıcılık oranları gözlenmiştir. En düşük performans ise VGG19'da tespit edilmiş, test doğruluğu %75,43 ve makro-AUC 0,926'ya gerilemiş; glioma'da %76,26, meningioma'da %50,37, no_tumor'da %93,42 ve pituitary'de %90,90 oranlarında sınıflandırma yapılmıştır. Bu bulgular, mimari derinlik ve ön-eğitimli ağların transfer öğrenme stratejisinin sınıflandırma doğruluğu üzerinde kritik bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan Resnet50v2, Vgg16, Vgg19 ve Inceptionv3 modelleri ile glioma, meningioma, pituitary ve notumor etiketli dört ayrı sınıftan elde edilen performans metrikleri aşağıdaki Çizelgelarda belirtilmiştir.

Çizelge 2. Resnet50v2 performans metrikleri

	Precision	Recall	F1-Score	Support
glioma	1	0,98	0,99	826
meningioma	0,99	0,99	0,99	822
No tumor	1	1	1	395
pituitary	0,99	1	0,99	827
accuracy			0,99	2870
macro avg	0,99	0,99	0,99	2870
weighted avg	0,99	0,99	0,99	2870

Çizelge 3. Vgg16 performans metrikleri

	Precision	Recall	F1-Score	Support
glioma	0,89	0,92	0,9	826
meningioma	0,81	0,7	0,75	822
No tumor	0,87	0,66	0,75	395
pituitary	0,82	0,99	0,89	827
accuracy			0,84	2870
macro avg	0,85	0,82	0,83	2870
weighted avg	0,84	0,84	0,84	2870

Çizelge 4. Vgg19 performans metrikleri

	Precision	Recall	F1-Score	Support
glioma	0,83	0,76	0,79	826
meningioma	0,7	0,5	0,58	822
No tumor	0,58	0,93	0,71	395

pituitary	0,86	0,91	0,89	827
accuracy			0,75	2870
macro avg	0,74	0,78	0,74	2870
weighted avg	0,76	0,75	0,75	2870

Çizelge 5. Inceptionv3 performans metrikleri

	Precision	Recall	F1-Score	Support
glioma	0,99	1	0,99	826
meningioma	1	0,98	0,99	822
No tumor	1	1	1	395
pituitary	0,99	1	1	827
accuracy			0,99	2870
macro avg	0,99	0,99	0,99	2870
weighted avg	0,99	0,99	0,99	2870

Yapılan değerlendirmede dört farklı mimarinin sınıflandırma başarıları Çizelge 2–5'te özetlenmiştir. Genel sıralamada InceptionV3 ve ResNet50V2 modelleri en üst basamakta yer almakta; daha basit yapılı VGG16 ve VGG19 ise orta ve düşük performans gruplarında konumlanmaktadır.

ResNet50V2 (Çizelge 2), tüm sınıflar için ortalama precision/recall/F1 değerlerini 0,99 seviyesinde tutarak neredeyse kusursuz bir ayrım yapmıştır. Özellikle "no_tumor" sınıfında %100 doğruluk, glioma ve pituitary tümörlerde ise %0,99'a yakın F1-score elde edilmiştir. Böylece hem dengesiz sınıf dağılımında hem de tümör alt tipleri arasında yüksek kararlılık sergilemiştir.

InceptionV3 (Çizelge 5) ise ResNet50V2 ile benzer sonuçlar üretmiş, makro ortalama F1-score'u 0,99'un üstünde tutarak en yüksek genel doğruluğu (%99) yakalamıştır. Glioma ve "no_tumor" sınıflarında %1.00'lık recall, meningioma'da 0,99'luk precision gibi değerlerle modelin hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif oranlarını minimumda tuttuğu görülmüştür.

VGG16 (Çizelge 3), daha hafif bir mimari olmasına rağmen makro F1-score'u 0,83 civarında performans sunmuştur. Ancak meningioma sınıfında recall %0,70'e, "no_tumor"da %0,66'ya düştüğü için sınıflar arası karışıklıklar göze çarpmıştır. Bu, VGG16'nın ince detayları ayırt etmede derin mimarilere kıyasla daha zorlandığını işaret etmektedir.

VGG19 (Çizelge 4) ise en düşük makro F1 değeri olan 0,74 ile diğer modellerin gerisinde kalmıştır. Meningioma'da %0,50'lik recall, glioma'da %0,79 F1-score, "no_tumor"da %0,71 F1 ve pituitary'de %0,89 F1 elde edilmiştir.

Çizelge 6. Modellere ait test doğruluğu Çizelgesi

Modeller	Doğruluk
Resnet50v2	99.16%
Vgg16	84.18%
Vgg19	75.44%
InceptionV3	99.34%

Yukarıdaki test doğruluğu Çizelgesu, dört farklı transfer öğrenme mimarisinin beyin tümörü sınıflandırmasındaki genel başarımını özetlemektedir. InceptionV3 (%99,34) ve ResNet50V2 (%99,16) modelleri en yüksek doğrulukları sergileyerek benzer üst düzey performans göstermiştir. Daha basit yapılı VGG16 (%84,18) ve VGG19 (%75,44) ise görece daha düşük doğruluk oranlarıyla sınırlı kalmıştır. Bu sonuçlar, derin mimarilerin beyin tümörü MR görüntülerinin sınıflandırılmasında belirgin bir avantaj sağladığını ortaya koymaktadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dört farklı transfer öğrenme mimarisi üzerinde ince ayar (fine-tuning) uygulanarak beyin tümörü MR görüntülerinin otomatik sınıflandırılmasında yüksek doğruluk elde edilmesi amaçlanmıştır. ResNet50V2, VGG16, VGG19 ve InceptionV3 modelleri, ImageNet üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklar kullanılarak yeni veri setine özgü olarak yeniden eğitilmiş; eğitim sürecinde veri artırma, Adam optimizasyonu ve erken durdurma (EarlyStopping) mekanizmaları devreye alınmıştır. Ayrıca bu çalışmada uygulanan “full fine-tuning” stratejisi ile sadece sınıflayıcı katmanlar değil, önceden eğitilmiş tüm konvolüsyon blokları da “unfrozen” edilerek yeniden eğitilmiştir. Bu sayede model, ImageNet üzerinde öğrenilmiş genel görsel temsilleri doğrudan korumak yerine, beyin tümörü MR görüntülerinin özgün doku ve morfolojik işaretlerini tüm derinlikteki filtrelerle yeniden uyarlayarak hem düşük hem de yüksek seviyeli özellikleri hedef probleme özgü olarak optimize etmiştir. Bu tam katman ince ayar yaklaşımı, sınıflayıcı başlık katmanına ek olarak konvolüsyonel çekirdeklerin de güncellenmesini sağlayarak, modelin final doğruluğunu ve genelleme yeteneğini önemli ölçüde artırmıştır. InceptionV3 modeli, hem genel doğruluk hem de sınıflar arası ayırıcılıkta en yüksek performansı sunmuştur. ResNet50V2 de çok benzer düzeyde başarım göstererek %99’un üzerinde doğruluk sağlamıştır. Buna karşılık, daha basit yapılı VGG16 ve VGG19 mimarilerinin doğruluk değerleri sırasıyla %84 ve %75 seviyelerinde kalmış, tümör alt tiplerini ayırt etme kapasitesi sınırlı kalmıştır. Bu bulgular, derin ve modüler mimarilerin (Inception, ResNet) beyin tümörü MR görüntülerinin sınıflandırılmasında kritik bir avantaj sağladığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, VGG tabanlı daha yüzeysel ağların da temel düzeyde sınıflandırma sunduğu; ancak klinik uygulamalar için yeterli hassasiyeti yakalayabilmeleri adına daha derin veya özelleştirilmiş yapılar gerektiği gösterilmiştir. Sonuç olarak, transfer öğrenme tabanlı derin CNN modellerinin klinik destek araçları olarak beyin tümörü teşhis süreçlerine entegre edilebilecek yüksek başarı potansiyeli taşıdığı kanıtlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Fan, Y., Zhang, X., Gao, C., Jiang, S., Wu, H., Liu, Z., & Dou, T. (2022). Burden and trends of brain and central nervous system cancer from 1990 to 2019 at the global, regional, and country levels. Archives of Public Health, 80(1), 209.

[2] Bondy, M. L., Scheurer, M. E., Malmer, B., Barnholtz-Sloan, J. S., Davis, F. G., Il'Yasova, D., ... & Brain Tumor Epidemiology Consortium. (2008). Brain tumor epidemiology: consensus from the Brain Tumor Epidemiology Consortium. Cancer, 113(S7), 1953-1968.

[3] Schillaci, O., Filippi, L., Manni, C., & Santoni, R. (2007, January). Single-photon emission computed tomography/computed tomography in brain tumors. In Seminars in nuclear medicine (Vol. 37, No. 1, pp. 34-47). WB Saunders.

[4] Armstrong, T. S., Cron, S. G., Bolanos, E. V., Gilbert, M. R., & Kang, D. H. (2010). Risk factors for fatigue severity in primary brain tumor patients. Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society, 116(11), 2707-2715.

[5] Özbay, F. A., & Özbay, E. (2023). An NCA-based hybrid CNN model for classification of Alzheimer's disease on Grad-CAM-enhanced brain MRI images. Turkish Journal of Science and Technology, 18(1), 139-155.

[6] Ullah, N., Khan, J. A., Khan, M. S., Khan, W., Hassan, I., Obayya, M., ... & Salama, A. S. (2022). An effective approach to detect and identify brain tumors using transfer learning. Applied Sciences, 12(11), 5645.

[7] Zhuang, F., Qi, Z., Duan, K., Xi, D., Zhu, Y., Zhu, H., ... & He, Q. (2020). A comprehensive survey on transfer learning. Proceedings of the IEEE, 109(1), 43-76.

[8] Huang, S. C., Pareek, A., Jensen, M., Lungren, M. P., Yeung, S., & Chaudhari, A. S. (2023). Self-supervised learning for medical image classification: a systematic review and implementation guidelines. NPJ Digital Medicine, 6(1), 74.

[9] Raghu, M., Zhang, C., Kleinberg, J., & Bengio, S. (2019). Transfusion: Understanding transfer learning for medical imaging. Advances in neural information processing systems, 32.

[10] Salehi, A. W., Khan, S., Gupta, G., Alabduallah, B. I., Almjally, A., Alsolai, H., ... & Mellit, A. (2023). A study of CNN and transfer learning in medical imaging: Advantages, challenges, future scope. Sustainability, 15(7), 5930.

[11] Özbay, E., & Özbay, F. A. (2021). Derin Öğrenme ve Sınıflandırma Yaklaşımları ile BT görüntülerinden Covid-19 Tespiti. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 12(2), 211-219.

SES VERİLERİNİ SINIFLANDIRMAK İÇİN OPTİMİZE EDİLMİŞ RANDOM FOREST MODELİ: ÖZELLİK ÇIKARIMI VE HİPERPARAMETRE AYARI

Yüsra DAĞILMA
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, 23119, Türkiye
dagilmayusra@gmail.com - 0009-0006-2145-6471
Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, 23119,Türkiye
erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-9004-4802

ÖZET

Bu çalışmada, Covid-19 ses verilerinden oluşan ikili sınıflı bir sınıflandırma probleminin çözümünde Random Forest (RF) algoritmasının performansı değerlendirilmiştir. Veri kümesine 5 farklı özellik çıkarımı yapılmıştır. Her ses verisi için 66 özellik çıkarılmıştır. Veri kümesindeki dengesizliği gidermek için SMOTE uygulanmıştır. RF sınıflandırıcısının performansını artırmak için iki ayrı yaklaşım uygulanmıştır. Parçacık Sürü Optimizasyonunun (PSO) iki farklı türü uygulanmıştır. İlk yaklaşımda Sürekli Parçacık Sürü Optimizasyonu (cPSO) ile en iyi hiperparametreler bulunmuş ve model eğitilmiştir. İkinci yaklaşımda İkili Parçacık Sürü Optimizasyon (bPSO) ile özellik seçimi yapılmış ve en anlamlı öznitelikler çıkarılmıştır. Model yeni oluşturulan öznitelikler ile yeniden eğitilmiştir. Model başarımı, karışıklık matrisi, sınıflandırma raporu ve ROC eğrisi olmak üzere üç temel görselleştirme ile analiz edilmiştir. Bu üç yaklaşım için elde edilen performans çıktıları karşılaştırılmıştır. Tüm yaklaşımlar için yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak en yüksek doğruluğu bPSO %96 olarak vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Rastgele Orman Algoritması, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Özellik Çıkarımı, Özellik Seçimi, Covid-19

1. GİRİŞ

Ses, insandaki çeşitli hastalıkların ortaya çıkarılmasında kullanılan bir belirteç halindedir. Özellikle solunum yolu hastalıklarında ses özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu bağlamda ses sinyallerinden elde edilen özelliklere hastalık teşhisi koymak, hızlı ve düşük maliyetli tanı sistemlerimin geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu çalışma, yakın geçmişte ortaya çıkan ve küresel etki yaratan Covid-19 ses verilerinden yararlanılmıştır. Covid-19 ait ses verilerinin tercih edilmesinin sebebi bu hastalığın solunum yolu doğrudan etkilyen birden fazla semptomlarının olmasıdır. Covid-19 olmuş bir bireyin akciğer basıncında azalma, ses tellerinde zayıflama, kuru öksürük, boğazda enfeksiyon gibi semptomlar ortaya çıkmaktadır. Bu semptomlar ses kalitesini etkilerken ses özelliklerinden değişiklikler meydana getirmektedir. Hastalık tespitinde sesteki bu değişimler sınıflandırmada kolaylık sağlamaktadır.

Çalışmada kullanılan Covid-19 ses kümesinde kadın ve erkeğe ait nefes ve öksürük seslerinden oluşan sesler bulunmaktadır. Negatif 1207 ses, pozitif 310 ses olmak üzere toplamda 1517 veri kullanılmıştır. Bu ses verileri kullanılarak çalışma sonucunda pozitif ve negatif tahminde bulunabilecek model geliştirilmiştir. Veri kümesindeki ham verilerinden doğrudan sınıflandırma yapılamamaktadır. Bu nedenle ses verilerinden anlamlı ve sınıflandırmada işimize yarayabilecek özellikler çıkarılmıştır. Çalışma Google Colab ortamında Python programla dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Python programlama dilinin 3.11.13 versiyonu kullanılmıştır. CPU olarak Intel Xeon, 64 bit sistem donanımı kullanılmıştır.

Mel frekans kepstral katsayıları (MFCC), Kroma, Spektral kontrast, sinyal yön değişimi (ZCR), tonnetz olmak üzere 5 tür özellik çıkarılmıştır. Toplamda 66 özellik elde edilmiştir. Veri kümesi dengesizliğinden dolayı veri ön işleme adımı olarak veriler için dengeleme işlemi yapılmıştır. Sentetik veri üretme (SMOTE) algoritması ile veri kümesi dengelenmiştir. Heri iki sınıf için 1207 veri olarak bu denge sağlanmıştır. Elde edilen özelliklere önce rastgele orman algoritması (RF) uygulanmıştır. RF sınıflandırması sonucunda %94 doğruluk elde edilmiştir. Daha sonrasında sürekli parçacık sürüsü optimizasyonu (cPSO) ile en iyi parametreler seçilerek RF uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda %95 doğruluk elde edilmiştir. Sınıflandırma performansını artırmaya yönelik bir diğer çalışmada ikili parçacık sürüsü optimizasyonu bPSO) uygulanmıştır. bPSO uygulaması sonrasında yapılan RF sınıflandırmasında %96 doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu üç ayrı yaklaşım karşılaştırıldığında en iyi performansı bPSO ile elde ediliği görülmektedir.

2. MATERYAL ve METOT

Çalışmada .wav uzantılı iki sınıfa ayrılmış ses verileri kullanılmıştır. Her bir ses verisinden MFCC, Kroma, Spektral Konstrat, ZCR ve Tonnetz özellikleri çıkarılmıştır. Bu özellikler birleştirilerek model girdisi olarak oluşturulmuştur. Veri kümesindeki sınıf dengesizliği SMOTE yöntemi ile giderilmiş olup eğitim ve test olarak %80 - %20 oranında ayrılmıştır. Temel sınıflandırıcı olarak 100 ağaçlı RF modeli kullanılmıştır. Çalışmada RF modelinin sınıf performansını artırmaya yönelik iki ayrı yaklaşım uygulanmıştır. İlki model doğruluğunu artırabilmek için cPSO ile parametreler optimize edilmiştir. İkinci yaklaşım olarak bPSO ile özellik seçimi yapılmış ve en etkili özellikler seçilerek model bu verilerle yeniden eğitilmiştir.

2.1. Özellik Çıkarımı

Veri kümesindeki sesler ham haliyele kullanılamayacağı için özellik çıkarımı yapılarak sınıflandırıcıya verilebilecek anlamlı veriler elde edilir. Özellik çıkarımı için Librosa kütüphanesi kullanılmıştır. Mel frekansı spektral katsayıları (MFCC), kroma (chroma), tonal ağı (tonnetz), spektral, sıfır geçiş oranı (ZCR) olmak üzere 5 türden özellik çıkarılmıştır. Bu özelliklerin ortalaması alınarakk küçültüldü ve çıkarılan özlelikler birleştirildi. Bu çıkarım sonucunda her bir ses verisi için toplamda 66 özellik elde edilmiştir.

Çizelge 1. Özellik çıkarım sonucu

Özellik Türü	Katsayısı	Açıklama
MFCC	40	Mel frekans kepstral katsayıları
Khroma	12	Müzikal nota enerjisi
Spektral Kontrast	7	Spektral parlaklık
ZCR	1	Sinyal yön değişimi
Tonnetz	6	Tonal merkez
Toplam	66	

Elde edilen özellikler modeli eğitmek için girdi verisi olarak kullanılmıştır. Bu anlamlı veriler ile daha yüksek sınıflandırma performansı hedeflenmiştir.

MFCC

MFCC, en yaygın ses özellik çıkarım yöntemlerinden biridir. İnsan sesini akustik özelliklerini temsil etmektedir. Sesin kısa süreli güö spektrumunu temsil etmektedir. Yüksek frekansları vurgulayan pre-emphasis, sesin çerçevelere ayrıldığı framing, bozulmaları azaltan windowing,

ardından FFT, mel filtreleme ve DTC adımlarından oluşur. Mel ölçeğ, kullanılarak insan işitme algısına benzer bir analiz sağlamaktadır. İnsan işitme sistemine benzer şekilde frekansları mel ölçeğine dönüştürerek sesin temel bileşenlerini çıkarmaktadır. Zaman içindeğişen duygusal farklılıkları tespit etmede kullanılmaktadır. Sese dayalı analizlerde kullanılmaktadır.

Kroma

Kromagram, 12 nota temelinde ton dağılımı sağlamaktadır. Konuşmadaki ton yüksekliğini belirleyerek duyguları ayırt etmeye yardımı olur. Sesin armonik içeriğini analiz etmektedir. Her bir kromatik enerji seviyelerini temsil etmektedir. Müzik türü tanıma ve duygusal analizde kullanılmaktadır.

Tonal Merkez Ağırlığı

Tonal ağırlık merkezi, ses tonlarının ilişkilerini ve geçişlerini temsil etmektedir. Kroma'dan türetilmiş bir özlelik olup tın sınıfları ve armonik yapıları analiz etmektedir. 12-bimli kromagramın 6 boyutlu bir vektöre projeksiyonu ile elde edilmektedir. Müzikal yapıların analizinde, duygusa durumların belirlenmesinde oldukça sık kullanılmaktadır.

Sıfır Geçiş Oranı

Sıfır geçiş oranı, bir sinyalin belirli bir zaman aralığında sıfır eşiğini kaç ke-re geçtiğini belirleyen orandır. Pozitif geçişten negatif geçiş oranını hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu oran sinyalin dalga eşiği hakkında da bilgi verir.

Spektral Kontrast

Spektral kontrast, her alt bantta ayı ayrı spektral tepelerin, vadilerin ve bunların farklılıklarının gücüyle ilgilenmektedir. Göreceli spectral özelliklerini ifade etmektedir. Spektral contrast, spektrumdaki harmonik ve harmonik olmayan bileşenleri göreceli dağılımını yansıtabilmektedir.

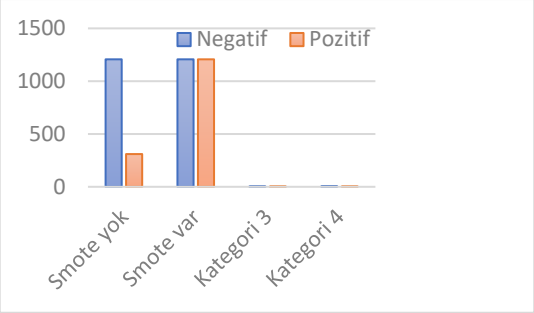
2.2. Veri Dengeleme

Sentetik azınlık aşırı örnekleme yöntemi (Smote), sınıf dengesizliği problemlerinde kullanılan bir örnekleme tekniğidir. Başka yöntemlerde azınlık sınıfına ait örnekler yalnızca tekrar edilip çoğaltılırken, SMOTE bu azınlık sınıf için yeni sentetik veriler üretmeyi sağlar. Yöntemin işleyişi şu şekildedir: Azınlık sınfına ait bir örnek rastgele seçilir. Ardırndan, bu örneğin aynı sınıfa ait k en yakın komşusu belirlenir. Bu komşular arasından biri seçilerek belirli noktalar arasında bir çizgi oluştururlar. Yeni snetetik veri, bu doğru üzerinde rastgele bir noktada

konumlanır. Böylece üretilen örnek diğer örneklerin doğrusal karışımı olur. Bu yaklaşım, azınlık sınıfını daha çeşitli ve temsil gücü yüksek örneklerle zenginleştirerek sınıf dengesini iyileştirir.

Çalışmada özellik çıkarımı yapılan ve tüm öznitelikleri birleştirilen veriye smote uygulanarak veri dengesizliği problemi çözüldü. Smote uygulanması sonucunda azınlık sınıf, çoğunluklu sınıf ile aynı hale getirildi. Azınlık sınıf için sentetik veriler üretilerek bu fark ortadan kaldırılmıştır. Çizelge 2'de görüleceği üzere pozitif veri sayısı 310'dan 1207 yükseltilerek, çoğunluk sınıf olan negatif sınıf ile eşitlenmiştir.

Çizelge 2. SMOTE uygulama öncesi ve sonrası veri kümesi dağılımı



2.3. RF Modelinin Oluşturulması

Elde edilen öznitelikler RF modelini eğitmek için girdi verisi olarak kullanılmıştır. Veri kümesi %80 eğitim, %20 test verisi olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Modelin hiç bilmediği veriler üzerinde test yapabilmesi için bu şekilde ayrılmıştır. Python kütüphanesi olan Sklearn ile model eğitimi yapılmıştır.

RF algoritması çok sayıda ağaçlardan meydana gelen bir sınıflandırıcıdır. Bu çalışmada 100 adet karar ağacı kullanılacak şekilde ayarlanmştır. Karar ağacı sayısı arttıkça modelin genelleme yapabilme durumunu artırır. Her ağaç 66 özelliği alabilecek durumda ancak RF modeli bu öznitelikler içinden rastgele seçilen özellik gruplarını kullanır. Geçmiş verilerden öğrenerek modeli eğitmiş olur.

Eğitim sırasında karar ağacı sayısı, derinlik, örnek sayısı ve yaprak sayısı gibi parametrelere değerlere verilerek öğrenmesi sağlanılmıştır. Karar ağacı 10-200, derinlik 5-50, örnek sayısı 2-10 ve yaprak sayısı 1-10 arasında değer alabilirler. Bu değerler Sklearn de standart olarak geçen varsayılan değerler olarak belirlenmiştir.

2.4. Optimizasyon

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), doğal sürü davranışlarından ilham alan ve çok sayıda optimizasyon problemine çöüm olan bir algoritmadır. Zamanla bir çok araştırmacı PSO'nun performansını arttırmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Algoritmada parçacıkların arama yönünü ve öğrenme davranışlarını yeniden şekillendiren farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Algoritmanın amacı, tüm parçacıkların çok boyutlu çözüm uzayında küresel optimima yakınsamasını sağlamaktır. Bu süreçte bilinmeyen alanları tarama, ve bilinen en iyi çözümleri geliştirme arasında denge kurulur. En iyi çözüm bulunana kadar algoritma çalışmaya devam eder.

PSO algoritmasının başarısı, parametre ayarlarına bağlıdır. Bu parametreler arasında atalet ağırlığı, öğrenme faktörleri, hız limitleri, sürü boyutu ve ilk popülasyon dağılımı bulunmaktadır. Atalet ağırlığı PSO'nun kritik öneme sahip parametlerinden biridir. Algoritmanın yerel ve küresel arama yetenekleri araısnda denge kurmak için kullanılır.Atalet ağırlığı yüksek olduğunda parçacıklar daha geniş bir lanada küresel arama yaparken, düşük değerlerde yerel arama yeteneği öne çıkmaktadır. Bu nedenle, zamanla azalan bir atalet ağırlığı sıklıkla tercih edilmektedir. Her parçacığın kendi en iyi konumu pBest en iyi yerel konumu, gBest küresel en iyi konumunu ifade eder. Bu faktörler her parçacığın yönelmesini sağlayan öğrenme faktörlerindendir. Hız limitleri ise parçacıkların çok yüksek hızlara ulaşması, algoritmanın istikrarsız çalışmasını önlemek için bir üst sınır verilir. Parçacıkların arama alanı dışına çıkmasını önlemek amacıyla da pozisyon limitler kullanılır. PSO da sürü büyüklüğü genellikle 20-50 arasında olur ve probleme göre değişebilir. PSO parametleri; duyarlılık analizi, regresyon ağaçları ve istatistiksel yöntemler kullanılarak optimize edilebilir.

Çalışmada, RF modelinin başarımını artırabilmek için ilk yaklaşım olarak parçacık sürü optimizasyonu (PSO) kullanılmıştır. PSO'nun alt dalı olan sürekli parçacık sürü optimizasyonu (cPSO) ile hiperparametreler için en iyi değerler bulunmuştur. Bu algoritmada parçacıklar parametre aralıklarında farklı kombinasyonlar üretir. Optimizasyon algoritması çalışırken belli meta değerler ile başlar. Bu değerler bilişsel katsayı, sosyal katsayı, eylemsizlik katsayısıdır. Bilişsel katsayısı, parçacığın geçmiş bilgilerden ne kadar öğrendiğini belirler. Çalışmada bu değer 0.5 olarak kullanılmıştır. Verilen değer ile parçacığın geçmişteki bilgilere yarı yarıya bir eğilim gösterebileceğini ifade eder. Parçacığın sürünün bulduğu çözüme ne kadar yakınsadığını ise sosyal katsayı ile belirlenir. Bu değer 0.3 olarak kullanılmıştır. Sürünün çözümüne düşük bir yaklaşım izleyeceği anlamına gelir. Parçacığın bir önceki hızının yeni hızı üzerindeki etkisinide eylemsizlik katsayısı belirler. Bu değer 0.9 olarak belirlenmiştir. Bu değer ile

bulunduğu yerde harekete devam etmesinin daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum parçacığın esnek hareket edebileceği anlamınada gelmektedir.

Optimizasyon sırasında 10 parçacık aynı anda kullanılmıştır. Bu parçacıklar 4 boyutlu bir arama uzayında harekete başlar. Aynı zamanda dört hiperparametre ile işleme alınmıştır. Çalışmayı değerlendirmek için 3 katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır. Ölçüt olarak doğruluk değeri ele alınmıştır. PSO algoritması minimum değeri bulmaya çalışacağı için bu değer negatif olarak döndürülmüştür. Bu da PSO algoritmasının değerini maksimize ederken negatif değerini aramasını sağlar. 20 iterasyon uygulanmış ve en yüksek doğruluk sağlayan hiperparametre kombinasyonu elde edilmiştir. Bu sistem ile yüksek sınıflandırma başarımı elde etmek açısından dengeli ve etkili bir çözüm sunmuştur. RF algoritması için rastgele hiperparametreler yerine performansı yükseltecek değerler cPSO ile elde edilmiştir. Elde edilen değerler modeli eğitmek için hiperparametre olarak kullanılmıştır. Özellik sayısı 66 olarak yeni hiperparametreler ile bu şekilde sınıflandırma yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan veri kümesi yüksek boyutlu olup birçok öznitelik barındırmaktadır. Bu özelliklerden en anlamlıve işe yarar bilgileri seçerek sınıflandırma doğruluğu maksimize edilmiştir. Özellik seçimi, bi maske vektörü (binary mask) ile uygulanmıştır. Bu maske ile özelliklerden hangilerinin seçileceği belirlenmektedir. bPSO bu özelliklerden maskede 1 olanları seçer. Eğer hiçbir özellik seçilmezse fonksiyon1.0 değerini döndürür. Bu değer yüksek bir hata oluştuğu anlamına gelir. Algoritma çalışırken 20 parçacık kullanılmıştır. Özellik sayısı kadar boyutta arama yapması sağlanmıştır. Parametre değerleri bilişsel katsayı 2, sosyal katsayı 2, atalet ağırlığı 0.9, komşu sayısı 10, komşu hedefleme sasyısı 2 olarak ayarlanmıştır. Atalet ağırlığı için yüksek bir değer verilerek daha geniş bir alanda arama yapması sağlanmıştır. Sürüdeki toplam 20 parçacığın yarısı kadar komlu sayısı belirlenmiştir. Bu da her parçacığın bilgi alışverişinde bulunduğu komşuları ifade etmektedir. Komşu hedefleme sayısıda parçacıkların iki farklı komşu konumuna göre hızlarını değiştirdikleri anlamına gelmektedir. PSO da her bir parçacık biz özellik grubunu ifade etmektedir. Bu özelliklerin başarısı cross-validation ile ölçülmüştür. 20 iterasyon sonund en düşük hata oranı sağlayan özellik maskesi elde edilmiştir. Her iterasyonda cross-validation yeniden aktifleştirilmiştir. Her parçacığı başarısı 1-accuaracy olmak üzere minimize edilerek yeniden optimizasyona verilmiştir. Özellik sayısı başlangıçta 66 iken bPSO uygulanması sonucunda 42 olmuştur. 42 özellik sayısı ve varsayılan hiperparametre değerleri ile 100 ağaç kullanılarak model eğitilmiştir.

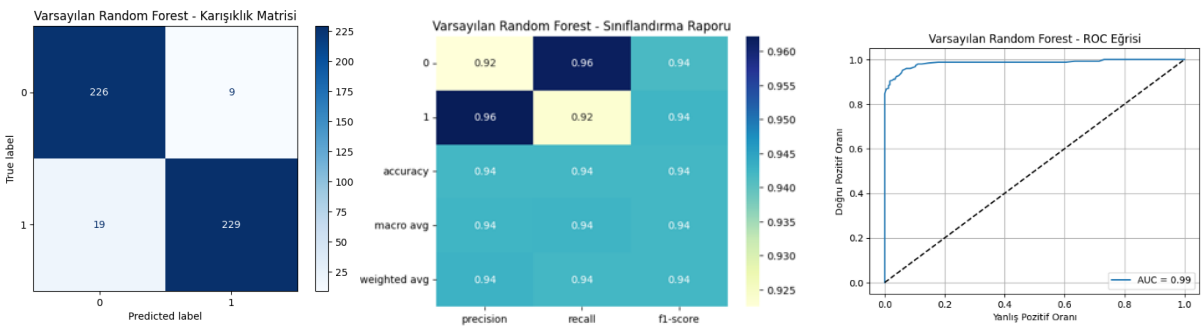
3. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

RF algoritmasına PSO uygulanmadan hiperparametre değerleri Sklearn varsayılan değerler kullanılmıştır. Sınıflandırma performansını yükseltebilmek için ise cPSO ile en uygun hiperparametre değerleri belirlenmiştir. cPSO ile elde edilen parametrelerle RF modeli yeniden eğiitilmiştir. Sınıflandırma sonucunun yeni parametreler ile yükseldiği görülmüştür. RF algoritmasından 100 ağaç, 2 bölünme sayısı, 1 yaprak sayısı kullanılmıştır. Bu değerler ile %94 doğruluk değeri elde edilmiştir. Optimize edilmiş hiperparametrelerde ise 20 ağaç, 4 bölünme sayısı, yaprak ve ağaç derinliği ise 20 olarak en iyi değerleri vermiştir. Optimize edilmiş bu değerler ile sınıflandırma yapıldığında %95 oranına ulaşılmıştır. Çizelge 3'de bu hiperparametre değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 3. Hiperparametre değerlerinin karşılaştırması

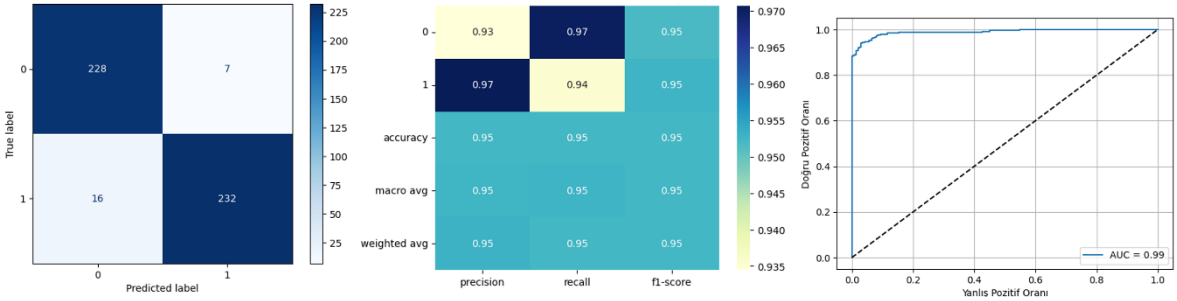
Parametre	Başlangıç Değeri	Varsayılan Değer (sklearn)	cPSO
Ağaç Sayısı	10 – 200	100	122
Ağaç Derinliği	5 – 50	-	20
Bölünme için Minimum Örnek Sayısı	2 – 10	2	4
Yaprak Düğümdeki Minimum Örnek Sayısı	1 – 10	1	1

Özellik çıkarımı sonucunda ise her ses verisi için 66 özellik elde edildi. Bu 66 özellik arasında özellik seçimi yapılarak anlamsız ve gereksiz bilgilerin elenmesi sağlanmıştır. bPSO ile anlamlı özellikler 1 , anlamsız özellikler 0 olarak belirlenmiştir. Bu uygulama sonucunda 42 özellik seçilmiştir. Elde edilen yeni öznitelikler ile model eğitildiğinde doğruluk oranı %96 olarak bulunmuştur.



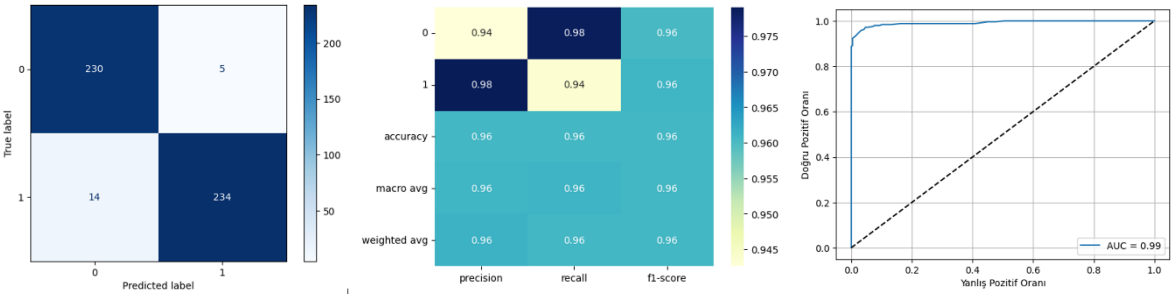
Görsel 1. RF Performans Grafikleri

Görsel 1'de görüldüğü üzere RF modelinin performansı hem negatif hem de pozitif sınıfları ayırt etmede oldukça başarılı olmuştur. Karışıklık matrisinde modelin örneklerin çoğunu doğru sınıflandırdığı anlaşılmaktadır. Her iki sınıf için de precision ve recall değerlerinin yüksek ve dengeli olması modelin tahmin etme gücünün iyi olduğu görülmektedir. F1 skorları da her iki sınıf için 0.94 civarındadır. ROC eğrisinde AUC değerinin 0.99 olması, modelin sınıflar arasındaki ayrımı çok iyi yaptığı anlamına gelmektedir.



Görsel 2. RF + cPSO Performans Grafikleri

cPSO uygulamasıyla elde edilen model performası Görsel 2'de verilmiştir. Karışıklık matrisi, her iki örneğinde doğru sınıflandırdığını göstermektedir. Sınıflandırma raporuna göre ise her iki sınıf için preciison ve recall değerleri yüksektir. Bu modelin hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif tahminlerini minimize edebildiğini göstermektedir. AUC değeri 0.99 ile modelin sınıflar arasındaki ayrımı iyi yaptığını göstermektedir. Genel doğruluk oranı %95'tir.



Görsel 3. RF + bPSO Performans Grafikleri

Görsel 3'te bPSO uygulamasıyla elde edile modelin 230 adet negatif örneği doğru sınıflandırdığı, 5 örneği ise pozitif olarak hatalı tahmin ettiği görülmektedir. Benzer şekilde 234 pozitif örnek doğru sınıflandırmış, 14 örnek ise yanlışlıkla negatif olarak etiketlenmiştir. Bu dağılım, modelde her iki sınıf için de yüksek başarı göstermektedir. Sınıf 0 içinprecision ve recall değerleri sırasıyla 0.94 ve 0.98 olarak ölçülmüştür. Sınıf 1 için bu değerler 0.98 ve 0.94 olarak hesaplanmıştır. Her iki sınıf için de F1 skoru 0.96 olarak bulunmuştur. Bu

sonuçlar,modelin yalnızca bir sınıfa odaklanmadığını her iki sınıf için de etkili tahminlerde bulunduğu anlamına gelmektedir. AUC değerininde yüksek olması iki sınıf arasındaki ayrımı iyi yaptığını göstermektedir. Genel doğruluk %96 olarak elde edilmiştir. Bu modelin dengelii ve etkili tahminler yaptığı görülmektedir.

Tüm modeller oldukça yüksek başarı göstermiştir. Ancak karşılaştırmalı analiz sonucunda üçüncü modelin yani bPSO yaklaşımı ile elde edilen değerlerinden diğer modellere kıyasla daha istikrarlı ve yüksek değerler sunduğu görülmektedir. Bu yaklaşımların doğruluk değerleri Çizelge 4'te karşılaştırılmıştır. %96 ile en yüksek doğruluk oranı bPSO ile elde edilmiştir.

Çizelge 4. Modellerin Performans Karşılaştırmaları

Yöntem	Optimizasyon	Doğruluk (%)
RF	-	94.0
RF + cPSO	cPSO	95.0
RF + bPSO	bPSO	96.0

4. SONUÇLAR

RF modeline optimizasyon uygulanmadığında elde edilen değerler performans metrikleriyle değerlendirilmiştir. Her iki sınıf içinde %94 oranında doğruluk sunmuştur. cPSO uygulanan RF modelinde ise elde edilen performans metriklerine bakıldığında doğruluk oranının yükseldiği görülmektedir. Bu yaklaşım sonucunda %95 doğruluk elde edilmiştir. bPSO uygulanan RF modelinde de doğruluk değeri yükselmiştir ve %96 olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKÇA

[1] Dağılma, Y., & Özbay, E. (2024, September). Processing and Classification of Covid-19 Audio Data with Optimization-Based Learning Techniques. In 2024 8th International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP) (pp. 1-6). IEEE.

[2] Demircan, S. (2022). Öksürük Sesi Kayıtlarından Spektral Özellikler ile Otomatik COVID-19 Tespiti. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (34), 492-495.

[3] Schuller, B. W., Coppock, H., & Gaskell, A. (2020). Detecting COVID-19 from breathing and coughing sounds using deep neural networks. arXiv preprint arXiv:2012.14553.

[4] Solak, F. Z. (2021). Identification of COVID-19 from cough Sounds using non-linear analysis and machine learning. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (28), 710-716.

[5] Islam, R., Chowdhury, N. K., & Kabir, M. A. (2025). Robust COVID-19 Detection from Cough Sounds using Deep Neural Decision Tree and Forest: A Comprehensive Cross-Datasets Evaluation. arXiv preprint arXiv:2501.01117.

[6] Rao, S., Narayanaswamy, V., Esposito, M., Thiagarajan, J. J., & Spanias, A. (2021). COVID-19 detection using cough sound analysis and deep learning algorithms. Intelligent Decision Technologies, 15(4), 655-665.

[7] Albard, M.A.A., Tiun, S., Ayob, M., Al-Dhief, F.T., Particle Swarm Optimization-Based Extreme Learning Machine for COVID-19 Detection, Cognitive Computation, 2024; 16: 1858-1873.

[8] Wang, D., Tan, D., Liu, L., Particle Swarm Optimization Algorithm: An Overview, Soft Computing, 2018; 22: 387–408.

[9] Aydın, M.A., Müşteri Kaybı Tahmininde Sınıf Dengesizliği Problemi, Journal of Polytechnic, 2022; 25(1): 351–360.

[10] Jiang, D., Lu, Y., Zhang, H., Tao, J., Cai, L., Music Type Classification by Spectral Contrast Feature, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2002.

VERİ AMBARI ETL SÜREÇLERİNDE DEĞİŞEN VERİ YAKALAMA YÖNTEMİNİN KULLANILMASINA YÖNELİK ENERJİ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

AHMET GÜRGAŞİN
Gazi Üniversitesi
ahmet.gurgasin@gmail.com - 0000-0003-1954-0253

PROF. DR. TALİP KELLEGÖZ
Gazi Üniversitesi
tkellegoz@gazi.edu.tr - 0000-0002-3866-5791

ÖZET

İşletmeler günümüz koşullarında karar verme ve stratejik karar alma amacıyla verilerden yararlanmaktadırlar. Veri ambarları karar vericilere farklı pek çok kaynaktan elde edilmiş verileri işleyerek analitik çözümler sunulmasında yer alan bir teknolojidir. Son yıllarda artan veri kapasiteleri ve işletmelerin karar vermede en güncel verilere göre kararlar almak istemeleri veri ambarı içerisindeki geleneksel yöntemler ile yapılan işlemlerin geliştirilmesine neden olmaktadır. Bu amaçla kaynak sistemlerden elde edilen verilerin hedef sistemlere aktarılması sonrasında hızlı bir şekilde güncel ve yeni verilerin elde edilebilmesi amacıyla Değişen Veri Yakalama (Change Data Capture, CDC) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem geleneksel yöntemlere göre kaynak sistemlerdeki değişen verilerin hızlı bir şekilde hedef sistemlere aktarılmasını ve yaşanılabilecek gecikmelerin en aza indirilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada veri ambarında verilerin aktarım süreçleri içerisinde değişen verilerin yakalanması amacıyla Değişen Veri Yakalama yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla Astor Enerji A.Ş.'ye ait veri tabanı üzerinde yer alan canlı verilerin veri ambarına aktarılmasında log tabanlı ve sorgu tabanlı değişen veri yakalama yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar log tabanlı değişen veri yakalama yönteminin sorgu tabanlı değişen veri yakalama yönteminden daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler : Veri ambarı, ETL süreçleri, Değişen veri yakalama

1. GİRİŞ

Günümüz bilgi çağında işletmeler için veriler her geçen gün önemi artan bir yapıya dönüşmüş durumdadırlar. İşletmeler hem kendi sistemleri aracılığıyla üreterek sahip oldukları hem de farklı dış kaynaklardan elde ettikleri verileri stratejik kararlar almak amacıyla kullanmaktadırlar.

Günümüzde veriye dayalı karar verme amacıyla kullanılan karar destek sistemleri temel olarak veri ambarı alt yapısını kullanmaktadır. Karar destek sistemlerinin veri ambarı alt yapısını kullanmasındaki ana etken veri tabanları üzerinden karar destek sistemine yönelik işlemlerin uygun olmamasıdır. İlişkisel veri tabanları büyük çoğunlukla OLTP (Online Transaction Processing, Çevrim İçi Hareket İşleme) sistemini kullanmaktadırlar. Bu sistem türü verilerin eklenme, güncelleme, silme gibi temel işlevleri yerine getirmesini sağlamaktadırlar. Veri ambarları ise OLAP (Online Analytical Processing, Çevrim İçi Analitik İşleme) yapısını kullanmaktadırlar. OLAP yapısı büyük miktarda yer alan verinin işlenmesi, istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesi, veri madenciliği yöntemlerinin geliştirilmesi gibi işlemler amacıyla kullanılmaktadır [2].

Farklı kaynaklardan elde ettiği verileri kullanan veri ambarları için en önemli unsurlardan birisi verilerin güncelliğidir. Günümüzde artık pek çok sektör ve işletme anlık verilere ve bunlardan elde edilecek analizlere ihtiyaç duymaktadırlar. Veri analitiği alanında yaşanan gelişmeler işletmelerin karar verme ve strateji geliştirmelerinde anlamlandırılmış gerçek zamanlı verilere daha fazla ihtiyaç duymasına neden olmaktadır. Bu nedenle veri ambarı içerisinde yer alacak verilerin güncelliği ve güncellenme sıklığı büyük önem taşımaktadır.

Veri ambarı içerisinde yer alan verilerin güncellenmesi, yeni verilerin hedef sisteme aktarılması amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler işletmenin iş ihtiyaçları, gereksinimleri, maliyet ve sistem bakımı gibi çeşitli faktörlere bağlı olabilmektedir. Verilerin hedef sisteme aktarılması amacıyla kullanılan yöntemlerden birisi Değişen Veri Yakalama (Change Data Capture, CDC) yöntemidir.

Yapılan bu çalışmada veri ambarı için CDC yöntemi kullanılarak iki farklı değişen veri yöntemi olan log tabanlı CDC ve sorgu tabanlı CDC yöntemleri incelenmiştir. Her iki yöntemin aktarım performanslarının belirlenmesi amacıyla Astor Enerji firmasına ait gerçek veriler üzerinden farklı büyüklükteki tablolar için yapılan aktarımlar incelenmiş ve yöntemlere ilişkin aktarım performansları belirlenmiştir.

2. VERİ AMBARI

Veri ambarları, işletmelerin analitik ihtiyaçlar ve karar destek sistemleri için kullanmış oldukları bir veri depolama sistemidir. Veri ambarı yapısı, verinin temizlenmesini, organize edilerek depolanmasını ve dağınık kaynaklı verinin entegre edilmesini içerir [4].

Geleneksel veri tabanı sistemleri, günlük işlemleri desteklemek için tasarlanmıştır ve bu sistemler işletimsel ya da hareketsel (operational / transactional) olarak adlandırılır. İşletimsel sistemler hareket ya da işlem yönlendirmeliyken veri ambarları konu yönlendirmeli sistemlerdir [2].

Veri ambarının en önemli özelliği ise yüklenen verinin salt okunur ve değişken olmayan bir yapıda olmasıdır. İşletimsel veri genellikle gerçek zamanlıdır fakat veri ambarında tarihsel veriler yer almaktadır. Veri ambarında yer alan tarihsel veriler analiz ve raporlama amacıyla kullanılmaktadır [2].

İşletmelerin karar vermek amacıyla kullandıkları veri ambarlarının çeşitli niteliklere sahip olması gerekmektedir. Bu nitelikler aşağıda verilmiştir [5].

Veri ambarı içerdiği bilgi anlaşılır bir yapıda ve erişimi kolay olmalıdır. Bu sayede veri ambarına erişim sağlayan uygulamalar veriye kolay ve hızlı bir şekilde erişebilirler.
Veri ambarı tutarlı olmalıdır. İçerisinde yer alan birbiri ile ilişkili olan verilerin sahip oldukları bilgiler birbiri ile çelişmemelidir.
Veri ambarı esnek bir yapıya sahip olmalıdır. İhtiyaçlar doğrultusunda veri ambarı içerisine yeni bilgiler eklenmesi gerektiğinde bu ihtiyaca hızlı bir şekilde karşılık verebilmelidir.
Veri ambarı, veri güvenliği konusuna önem vermelidir. Kullanıcıların sadece ilgili veri alanlarına erişimini sağlamalıdır.
Veri ambarı karar vermek için gerekli olan tüm veriye sahip olmalıdır.

2.1. ELT Süreçleri

Veri ambarları verileri saklamanın dışında veri çıkarımı, dönüşümü ve yüklenmesi özelliklerine sahip uygulamalar aracılığıyla ham verileri işlevsel verilere dönüştürebilmektedir. ETL olarak adlandırılan bu işlemler veri ambarının en önemli süreçlerindendir. Extract (çıkar), transform (dönüştür) ve load (yükle) kelimelerinden oluşmaktadır [5]. ETL süreci, kaynak veri tabanından verilerin alınması, gerekli işlemlerin yapılması sonrasında hedef veri ambarına yüklenmesi olarak açıklanabilir [7].

2.1.1. Extract

ETL süreçlerinde yer alan extract işlemi hem kaynak üzerinden hedef sistemlere verinin aktarımını hem de veri ambarı içerisindeki tabloların diğer tablolara aktarımı şeklinde gerçekleştirilmektedir. Extract, verinin dönüşüm işlemi öncesi uygun formata getirilmesini içermektedir. Kaynak sistemde yer alan veriler oldukça karmaşık yapıda bulunduğundan extract aşamasının oluşturulması vakit almaktadır. Veri ambarının güncellenebilmesi için bu extract işleminin belirlenen zaman periyotlarında gerçekleştirilmesi gerekmektedir [9].

Extract işlemi statik veya incremental (artan) biçimde yapılabilmektedir. Statik işlemlerde bloklar halinde alınan veriler hedef kaynağa aktarılırlar. Sonrasında tekrar güncel veriye ihtiyaç olduğunda extract işlemi tekrar eder. Incremental yapıda ise sadece aradaki artışlar güncellenmektedir. Aylık oluşturulan raporlar için extract işlemi uygun olurken günlük oluşturulan raporlar için ise incremental yapının kullanılması daha mantıklıdır [7].

2.1.2. Transform

Bu aşamada, extract işlemi sonrasında hedef kaynaktan alınan verinin bir dizi kurallar oluşturularak dönüştürülmesi sağlanır. Transform aşaması aynı zamanda verinin temizlenmesini de sağlamaktadır [9].

Transform aşamasında gerçekleştirilen temel işlemler aşağıda verilmiştir [1].

Veri Filtreleme: Yinelenen veriler elenir ve benzersiz veriler elde edilir.

Veri Entegrasyonu: Farklı kaynaklardan alınan ilişkili veri kümeleri birleştirilir.

Veri Uyumlaştırma: Birçok kaynaktan elde edilen verilerin standartlaştırılması sağlanır. Böylece tutarsızlıklar ortadan kaldırılır. Örnek olarak cinsiyet bilgisinin sadece “K” ve “E” olarak kodlanması gibi.

Veri Konsolidasyonu: Mevcut verilerden özetleme işleminin yapılarak daha detaylı bilgilerin elde edilmesidir. Bir perakende mağazasının ürün bazında satış bilgilerinin elde edilmesi örnek olarak verilebilir.

Veri Derinleştirme: Farklı kaynaklardan elde edilmiş olan veri kümelerinin kullanılarak daha anlamlı bilgilerin elde edilmesidir.

Veri Temizleme: Çeşitli kaynaklardan elde edilen verilerde eksik, hatalı veya tutarsız bilgileri yer alabilmektedir. Bu veriler düzeltilebilir ya da veri setinden çıkartılabilir. Örneğin negatif bir yaş bilgisinin tespit edilerek düzeltilmesi gerekmektedir.

Veri ambarı üzerinde trasnsform işlemi satır (record level) veya sütun (field level) olarak iki farklı boyutta yapılabilmektedir. Satır boyutunda yapılan trasnform işleminde veri parçalanması, birleştirilmesi, ortalamasının ve toplamının elde edilmesi gibi işlemler gerçekleştirilir. Sütun boyutunda yapılan işlemlerde ise birden fazla sütun birleştirilebilir ya da bir sütun birden çok sütuna bölünebilir [7].

2.1.3. Load

ETL işlemlerinin son aşaması kaynak üzerinden alınan verilerin extract ve transform işlemleri sonrasında hedef kaynağa yüklenmesidir. Load işlemi için refresh mode (yenileme) ve update mode (güncelleme) olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır. Refresh mode, verinin belirli

zaman aralıklarıyla tekrar tekrar alınarak hedef kaynak üzerinde sürekli yenilenmesini içermektedir. Update mode ise verinin hedef kaynak üzerinden güncellenebilmesi için sadece değişen kısımlarının alınmasıdır [7].

3. DEĞİŞEN VERİ YAKALAMA YÖNTEMİ

İşletmelerin günümüz koşullarında rekabetçi kalabilmek için giderek artan veri hacmini hızlı bir şekilde işlemeleri gerekmektedir. Çoklu ve heterojen kaynaklardan veri çekmek, veri biçimlerinin farklılığı ve veri entegrasyonunu karmaşıklığı ETL süreçlerini zorlaştırmaktadır. Büyük ve farklı kaynaklardan elde edilen veriler için hız ve doğruluk sağlamak zordur. ETL işlemleri işletme ihtiyaçlarına bağlı olarak periyodik olarak (aylık, haftalık, günlük, saatlik) gerçekleştirilmektedir [8].

Veri ambarlarına işletme ihtiyaçları doğrultusunda farklı biçimlerde ETL ile veri aktarımları yapılmaktadır. Uygulanabilecek yöntemler aşağıda verilmiştir [6].

Mevcut veri silinir ve veri ambarı içerisinde sadece son yüklemeye ait veriler bulunur.

Mevcut veri silinmez ve son yükleme ile yeni gelen kayıtlar veri ambarı içerisine aktarılır.

Veri ambarı içerisinde yer alan bir kayıt gelirse belirlenen tasarım doğrultusunda yükleme yapılır.

Mevcut veri silinmez ve son yükleme ile gelen kayıtlar veri ambarına aktarılır. Yüklenen tabloda anahtar bilgileri eşleşen kayıt varsa ilgili kayıtlar güncellenir.

Mevcut veri silinmez ve son yükleme ile gelen kayıtlar veri ambarına aktarılır. Yüklenen tabloda anahtar bilgileri eşleşen kayıt varsa ilgili mevcut kayıt değiştirilmeden korunur, yeni kayıt eklenir ve güncel kayıt olarak işaretlenir.

Geleneksel yöntemler ile yapılan ETL işlemlerinde veri ambarının hedef sistem ile arasında veri gecikmesi (data latency) meydana gelir. Veri ambarının gerçek zamanlıya yakın (near real-time) güncellenmesi bu sorunu gidermektedir. Gerçek zamanlıya yakın veri ambarlarında geleneksel ETL süreçlerinin uygulanması çeşitli sorunlara yol açmaktadır [10]. Çünkü geleneksel ETL süreçleri sistem üzerindeki tüm verileri işleyerek kaynak sistemi yormaktadır. Ayrıca hedef sistemlere veri aktarımında gecikmeler meydana gelmektedir. Bu nedenle değişen veri yakalama (Change Data Capture, CDC) yöntemi kullanılarak sadece değişen verilerin kaynak sistemlerden alınarak hedef sistemlere aktarılması amaçlanmaktadır [8].

Değişen veri yakalama (CDC), veri tabanı üzerinde meydana gelen değişikliklerin (ekleme, güncelleme, silme) belirlenerek bu değişikliklerin hedef sistemlere aktarılmasını sağlayan bir yöntemdir. CDC yöntemi gerçek zamanlı veri ambarı oluşturma ve olay odaklı mimarilerde

sıklıkla kullanılmaktadır. CDC yöntemlerinden bazıları log tabanlı CDC ve sorgu tabanlı CDC'dir [3].

3.1. Log Tabanlı CDC

Veri tabanları felaket yönetimi ve geri alma gibi işlemler için işlem günlükleri adı verilen log kayıtları tutmaktadırlar. Log tabanlı CDC yöntemi bu işlem günlüklerinin taranarak veri değişikliklerinin kaynak sistemden çıkartılmasını sağlar. Bu yöntem veri tabanı üzerinde en az işlem yükü ile gerçekleşmektedir [3].

3.2. Sorgu Tabanlı CDC

Bu yöntemde her veri kaydı için bir zaman sütunu yer alır ve değişiklik zamanı bu sütuna işlenir. CDC yöntemi son işlemden sonra değişen kayıtları zaman sütununda yer alan bilgiye göre sorgular. Bu sayede değişen verilerin kaynak sistem üzerinden hedef sisteme taşınması sağlanır [3].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde değişen veri yakalama yönteminin uygulanmasında kullanılan log tabanlı CDC ve sorgu tabanlı CDC yöntemleri arasındaki işlem performans süreleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla bir enerji firmasına ait gerçek bir veri tabanı sistemi üzerinde yer alan tablolara ait veriler kullanılmıştır.

Tüm ETL süreçleri ve CDC işlemleri işletmeye ait Intel (R) Xeon (R) CPU E5-2650 v4 @ 2.20 GHz 2.20 GHz (12 işlemci) özelliklerine sahip sunucu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sunucu 128 GB RAM kapasitesine sahip olup x64 tabanlı işlemci kullanmaktadır. Veri tabanı işlemleri için SQL Server 2022 Standard Edition kullanılmakta olup aktarım işlemleri Visual Studio Professional 2019 içerisinde yer alan SSIS (SQL Server Integration Services) eklentisi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İşlemlerin yapılabilmesi için veri tabanında farklı boyutlarda yer alan dokuz farklı tablo kullanılmıştır. İlgili tablolardan veri ambarı sistemi içerisine ETL süreçleri ile aktarılan veriler için hem log tabanlı hem de sorgu tabanlı CDC yöntemi kullanılmış ve değişen verilerin yakalanmasında işlem süreleri belirlenmiştir. Her iki yöntemin karşılaştırılmasında kırk beş günlük bir periyot içerisinde yer alan aynı zaman içerisinde başlayan ve başarılı bir şekilde aktarım işlemi yapılan süreler saniye cinsinden elde edilmiştir.

Yöntemlerin karşılaştırılmasında kullanılan tablolar içerikleri satır sayısına göre ayrılmış ve üç farklı sınıf oluşturulmuştur. Tablolara ait satır sayıları ve oluşturulan sınıf bilgileri Çizelge 1' de yer almaktadır.

Çizelge 1. Tablo satır sayıları ve sınıfları

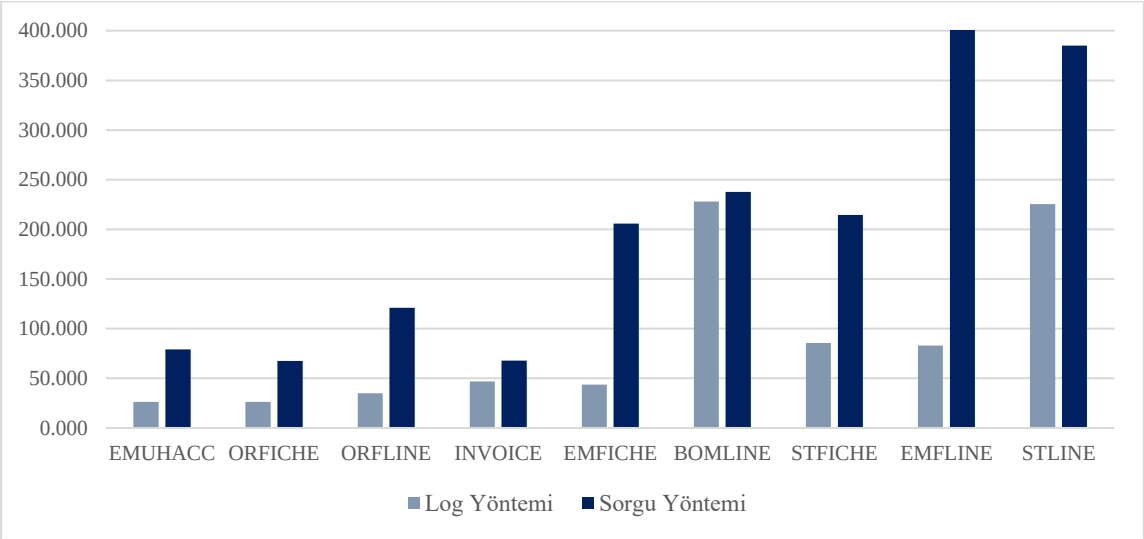
Tablo Adı	Satır Sayısı	Sınıf
EMUHACC	42.749	Küçük
ORFICHE	104.746	Küçük
ORFLINE	383.889	Küçük
INVOICE	622.367	Küçük
EMFICHE	1.115.479	Orta
BOMLINE	1.687.586	Orta
STFICHE	3.830.275	Orta
EMFLINE	3.859.466	Orta
STLINE	33.164.832	Büyük

Log tabanlı yöntem ve sorgu tabanlı yöntemin aktarım sonuçlarının karşılaştırılmasında ortalama aktarım süreleri kullanılmıştır. Çizelge 2'de log tabanlı ve sorgu tabanlı yönteme ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 2. Ortalama aktarım süreleri

Tablo Adı	Log Yöntemi (sn)	Sorgu Yöntemi (sn)
EMUHACC	26,319	79,082
ORFICHE	26,317	67,529
ORFLINE	34,969	120,871
INVOICE	46,917	67,965
EMFICHE	43,655	205,697
BOMLINE	228,087	237,641
STFICHE	85,515	214,532
EMFLINE	83,120	442,662
STLINE	225,502	385,002

Ortalama aktarım sürelerine ilişkin grafik Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Yöntemlere ilişkin ortalama aktarım süreleri

Sonuçlar incelendiği zaman farklı boyutlarda yer alan tüm tablolarda ortalama aktarım süresinin log tabanlı yöntemde daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum log tabanlı CDC yöntemi ile yapılan değişen verilerin aktarımlarının sorgu tabanlı yöntemden daha hızlı ve iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Her iki yönteme ait ortalamalar elde edildikten sonra bu yöntemlerin belirlenen zaman içerisinden ortalamadan sapma miktarları hesaplanmıştır. Böylece incelenen yöntemler arasında benzer sonuçlar elde edilmesi durumunda daha düşük standart sapmaya sahip olan yöntemin daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Log tabanlı ve sorgu tabanlı yönteme ilişkin standart sapmalar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Aktarım süreleri standart sapmaları

Tablo Adı	Log Yöntemi (sn)	Sorgu Yöntemi (sn)
EMUHACC	109,423	46,234
ORFICHE	91,886	240,110
ORFLINE	92,121	94,440
INVOICE	97,248	94,819
EMFICHE	110,923	121,057
BOMLINE	300,091	376,718
STFICHE	114,754	174,833
EMFLINE	115,990	131,229
STLINE	157,319	334,736

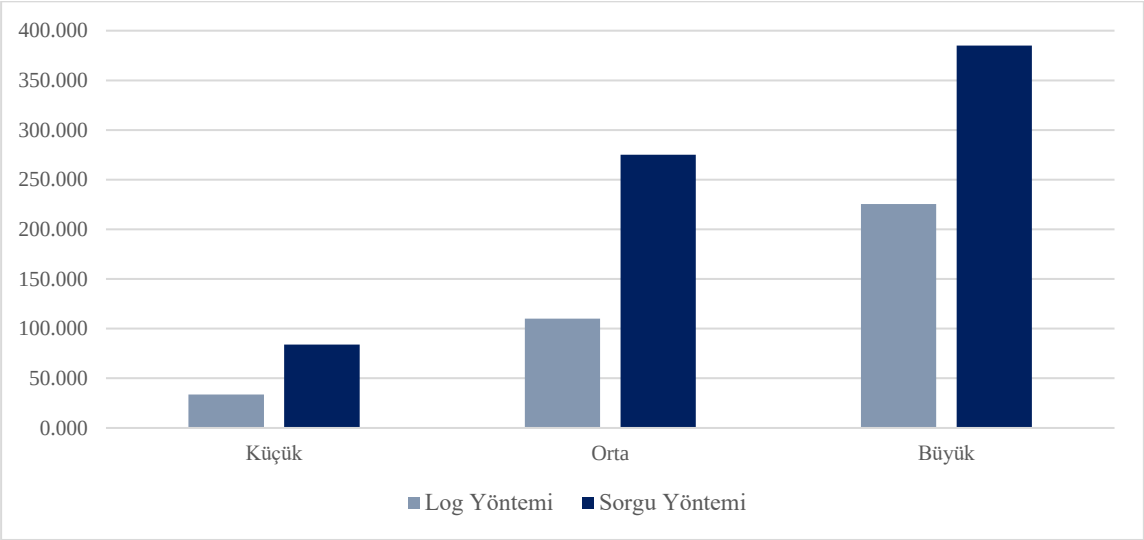
Karşılaştırılan yöntemler için hesaplanan standart sapmalar incelendiği zaman dokuz farklı tablodan sadece üç tanesinde log yöntemi ile elde edilen standart sapmanın sorgu bazlı yöntem ile elde edilen standart sapmadan büyük olduğu sonucu elde edilmiştir. Diğer altı farklı tabloda ise log tabanlı yöntem ile elde edilen standart sapma sorgu tabanlı yöntem ile elde edilen standart sapmadan daha düşük olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç log yöntemi ile elde edilen aktarım sürelerinin ortalamadan daha az sapma gösterdiklerini ve daha dar bir aralık üzerinde aktarım işlemlerinin gerçekleştirildiği sonucunu vermektedir.

Her iki yöntemin tablo boyutları (satır sayısı) bazında değerlendirilebilmesi için ilgili tablolar sınıflara ayrılmıştı. Yöntemin bu sınıflar bazında karşılaştırılabilmesi için her üç sınıf için elde edilen ortalama aktarım süreleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Sınıflara göre ortalama aktarım süreleri

Tablo Adı	Log Yöntemi (sn)	Sorgu Yöntemi (sn)
Küçük	33,631	83,862
Orta	110,094	275,133
Büyük	225,502	385,002

Oluşturulan sınıflar için elde edilen ortalama aktarım sürelerine ilişkin grafik Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Sınıflara ilişkin ortalama aktarım süreleri

Tablo boyutu (satır sayısı) için oluşturulan sınıflar için ortalama aktarım süreleri incelendiğinde küçük, orta ve büyük sınıfların tümünde log tabanlı CDC yöntemiyle elde edilen ortalama aktarım sonuçlarının sorgu tabanlı CDC yöntemiyle elde edilen sonuçlardan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde işletmeler için karar verme ve bu alanda stratejiler oluşturmak için veri ambarı önemli bir araçtır. Farklı kaynaklardan elde edilen verilerin çeşitli işlemler sonrasında anlamlandırılması ve karar verme süreçlerinde kullanılması önem taşımaktadır.

Veri ambarları işletme ihtiyaçlarına göre farklı mimariler ile oluşturulabilmekte ve elde edilen verilerin güncellenmesi, değişen verilerin kaynak sistemler üzerinden hedef sistemlere aktarılması da yine işletme ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmektedir.

Günümüzde artan veri kapasiteleri ve karar verme stratejilerinin hızlı bir şekilde değişebilmesi veri ambarları üzerinden elde edilen verilerin en güncel ve hızlı bir şekilde elde edilmesi ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır. Veri ambarları içerisindeki verilerin hızlı bir şekilde aktarılmasında kullanılan yöntemlerden birisi değişen veri yakalama (CDC) yöntemidir.

Bu çalışmada CDC yönteminin farklı boyutlarda yer alan kaynak tablolarından hedef tablolara değişen verilerin aktarımlarının incelenmesi yapılmıştır. Bu amaçla Astor Enerji firmasına ait gerçek veriler kullanılmış ve izlenen süre içerisinde yapılan tüm başarılı aktarım sonuçları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar log tabanlı CDC yöntemi ile elde edilen ortalama aktarım sürelerinin sorgu tabanlı CDC yöntemiyle elde edilen ortalama aktarım sürelerinden daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Yine kaynak sistemde yer alan tablolar satır sayılarına

göre sınıflandırılmış ve üç farklı boyut sınıfı elde edilmiştir. Küçük, orta ve büyük tablo sınıfları için de log tabanlı CDC yönteminin sorgu tabanlı CDC yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği sonucu elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Çelebi, H. (2019). Veri ambarı projelerinde ETL yazılım aracının seçimini etkileyen faktörler: bilişim sektörü üzerine bir uygulama, Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.

Düzgünoğlu, S. (2006). Veri ambarı ve OLAP teknolojilerinden yararlanılarak karar destek amaçlı raporlama aracı gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Eccles, M. J., Evans, D. J., and Beaumont, A. J. (2010). True real-time change data capture with web service database encapsulation. In 2010 6th World Congress on Services, 128–131.

Friedman, N. L., and Pliskin, N. (2002). Demonstrating value-added utilization of existing databases of organizational decision support. Information Resources Management Journal, 15(1), 1–9.

Kimball, R., Ross, M. (2013), The data warehouse toolkit /the dimensional modeling (Third edition), New York: Wiley Publishing, 3-4, 19.

Kutlu, A. B. (2016). Dinamik veri ambarı tasarımı ve bir uygulama örneği, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şeker, S. E. (2015). Veri ambarı (Data warehouse). YBS Ansiklopedisi, 2(4), 6–13.

Tank, D. M., Ganatra, A., Kosta, Y. P., and Bhensdadia, C. K. (2010). Speeding ETL processing in data warehouses using high-performance joins for changed data capture (CDC). In 2010 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing, 365–368.

Ünal, A. (2018). Veri ambarı oluşturmada ETL ve ELT yaklaşımlarının kullanımı ve karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Wibowo, A. (2015). Problems and available solutions on the stage of extract, transform, and loading in near real-time data warehousing (a literature study). In 2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 345–350.

ELECTRE YÖNTEMİ İLE SOSYAL MEDYA PLATFORMLARININ GELİR MODELLERİ KARŞILAŞTIRMASI

Aysu Sever

Karabük Üniversitesi, aysusvr02@outlook.com - 0009-0004-6132-6204

Beyza Tuncer

Karabük Üniversitesi, beyzatuncer02@gmail.com-0009-0007-9944-3133

Çağatay Özmut

Karabük Üniversitesi, cagatayozmut@gmail.com - 0009-0002-1214-7109

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk Özcan

Karabük Üniversitesi, selcukozcan@karabuk.edu.tr- 0000-0001-5509-1534

ÖZET

Günümüzde internetin yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal medya platformları hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Artık kime sorarsak soralım, hemen herkesin en az bir sosyal medya platformunda üyeliği bulunmaktadır. Bu platformlar, yalnızca iletişim kurmak için değil, aynı zamanda içerik üretmek, bilgi paylaşmak ve gelir elde etmek için de aktif olarak kullanılmaktadır. Kullanıcılar, günlerinin büyük bir bölümünü sosyal medyada geçirerek içerik tüketmektedir. Ayrıca paylaşımlar yaparak etkileşimde bulunmakta ve dijital dünyada varlık göstermektedirler. Özellikle son yıllarda, sosyal medya platformları bireylere sadece geniş kitlelere ulaşma imkânı sunmakla kalmamış, aynı zamanda önemli bir gelir kapısı haline de gelmiştir. Geleneksel medya araçlarına ihtiyaç duymadan, sadece bir akıllı telefon ve internet bağlantısı ile milyonlarca insana ulaşmak mümkün hale gelmiştir. Markalar da bu dönüşümü fark etmiş, ürün tanıtımları için sosyal medya içerik üreticileriyle iş birliği yapmaya başlamıştır. Artık birçok büyük firma, doğrudan sosyal medya fenomenleri ile içerik üreticileri aracılığıyla reklam yaparak tüketicilere ulaşmayı tercih etmektedir. Bu noktada, sosyal medya platformlarının sunduğu gelir imkânları ve en verimli şekilde nasıl değerlendirileceği önemli bir konu haline gelmiştir. Çeşitli platformlarda içerik üreticilerinin gelir elde edebilmesi için belirli şartlar bulunmaktadır ve her platformun sunduğu fırsatlar farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, sosyal medya platformlarının içerik üreticilerine sunduğu gelir modelleri incelenecek ve en iyi gelir elde etme potansiyeli sunan platformların belirlenmesi için Electre yöntemi kullanılacaktır. Çalışmanın sonunda, içerik üreticileri için en uygun sosyal medya platformunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karar, Çok kriterli karar verme, Sosyal medya, Electre, Seçim

1. GİRİŞ

Günümüzde internetin yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal medya platformları hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Artık kime sorarsak soralım, hemen herkesin en az bir sosyal medya platformunda üyeliği bulunmaktadır. Bu platformlar, yalnızca iletişim kurmak için değil, aynı zamanda içerik üretmek, bilgi paylaşmak ve gelir elde etmek için de aktif olarak kullanılmaktadır.

Özellikle son yıllarda, sosyal medya platformları bireylere sadece geniş kitlelere ulaşma imkânı sunmakla kalmamış, aynı zamanda önemli bir gelir kapısı haline gelmiştir. Geleneksel medya araçlarına ihtiyaç duymadan, sadece bir akıllı telefon ve internet bağlantısı ile milyonlarca insana ulaşmak mümkün hale gelmiştir. Markalar da bu dönüşümü fark etmiş ve ürün tanıtımları için sosyal medya içerik üreticileriyle iş birliği yapmaya başlamıştır. Artık birçok büyük firma, doğrudan sosyal medya fenomenleri ile içerik üreticileri aracılığıyla reklam yaparak tüketicilere ulaşmayı tercih etmektedir.

Bu noktada, sosyal medya platformlarının sunduğu gelir imkânları ve en verimli şekilde nasıl değerlendirileceği önemli bir konu haline gelmiştir. Çeşitli platformlarda içerik üreticilerinin gelir elde edebilmesi için belirli şartlar bulunmaktadır ve her platformun sunduğu fırsatlar farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, sosyal medya platformlarının içerik üreticilerine sunduğu gelir modelleri incelenecek ve en iyi gelir elde etme potansiyeli sunan platformların belirlenmesi için ELECTRE yöntemi kullanılacaktır. Çalışmanın sonucunda, içerik üreticileri için en uygun platformlar belirlenecektir. Ayrıca bu platformlardan nasıl en iyi şekilde gelir elde edilebileceği konusunda bir karar mekanizması oluşturulacaktır.

2. YÖNTEM

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), birden fazla kıstas aynı anda ele alarak en uygun alternatifi seçmeyi amaçlayan bir yöntemler bütünüdür. Bu yaklaşım, platform tercihi gibi çok sayıda değerlendirme ölçütü barındıran problemleri formüle etmeye olanak tanır. Örneğin bir sosyal medya platformunu seçerken "kullanıcı sayısı", "izleyici etkileşimi", "reklam geliri potansiyeli" gibi birden çok kriter göz önünde bulundurulur. Her alternatif (platform) bu kriterler açısından değerlendirilir ve karar vericiler kriterlere göre ağırlıklar atayarak tercihlerini yansıtır [1]. Bu yapıda, karar probleminin matematiksel gösterimi genellikle her satırda alternatifleri, her sütunda kriterleri içeren bir matris şeklinde düzenlenir. Uzman gruplar aracılığıyla belirlenen kriter ağırlıkları, seçim sürecinde kriterlerin göreli önemini yansıtarak karar mekanizmasının şeffaf ve tutarlı olmasını sağlar [2]. Bu nedenle, çok kriterli karar verme yöntemleri sorun yapısını tanımlamak, alternatifleri kıyaslamak ve nihai tercihi oluşturmak için uygun bir çerçeve sunar.

Electre, "Elimination et Choix Traduisant la Réalité" (Gerçekliği Yansıtarak Eleme ve Seçim) ifadesinden türetilen çok kriterli bir karar verme ailesidir. Bu yöntem, her bir alternatifi ikili olarak karşılaştırarak karar sürecini yürütür [1]. Electre yöntemleri, platformlar arasında "en az tercih edilebilir" ya da "açıkça daha iyi" ilişkilerini belirlemek için uygunluk (concordance) ve uyuşmazlık (discordance) indeksleri kullanır [2]. Bu indeksler, bir alternatifin diğerine göre tüm

kriterler çerçevesinde ne kadar üstün olduğunu ölçer. Karar vericilerin tercih ve önem atadığı kriterler bu hesaplamalara yansıtılır; sonuçta her bir platformun göreceli üstünlük ve zayıflıkları göz önüne alınarak sıralama yapılır. Electre yöntemi çok kriterli problemlerde alternatifleri doğrudan karşılaştırarak bir seçim veya sıralama yapma olanağı sunar.

Electre yöntemi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Örneğin Electre yöntemi ile otomotiv sektöründe faaliyet gösteren 3 tedarikçinin performansları incelenmiş ve tedarik şeçimi yapılmıştır [3]. Tedarikçi seçimi üzerine yapılan başka çalışmada perakende sektöründe enerji içeceği tedarikçileri, maliyet, kalite, teslimat, esneklik gibi kriterler açısından değerlendirilmiş; Electre I yöntemiyle tedarikçiler net üstünlük/eksiklik değerlerine göre sıralanmıştır [4].Otomobil sektöründe yapılan başka çalışmada otomobil markaları, tüketicilerin satın alma tercihlerine yönelik çeşitli kriterlerle değerlendirilmiş ve Bulanık Electre I yöntemi ile sıralanmıştır. Analiz sonuçları, Bulanık Electre I'e göre elde edilen marka sıralamasının, ağırlıklı ortalama sıralamasından farklı olduğunu ortaya koymuştur [5]. Ahşap sektöründe yapılan çalışmada geleneksel yöntemlerle üretim yapan bir ahşap işleme işletmesinin tedarikçi seçiminde en uygun tedarikçi Electre I yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada Düzce'deki üç tedarikçi, kalite, teslimat süresi, maliyet vb. kriterler ışığında değerlendirilip sıralanmıştır [6]. Malzeme seçimi üzerinde yapılan çalışmada basınçlı kaplar için geliştirilmiş Matsel karar destek sistemi ile malzeme seçimi yapılmıştır. Sistemin birinci aşamasında uygun aday malzemeler ön eleme ile belirlenmiş, ikinci aşamada ise Topsis, Vikor ve Electre yöntemleriyle bu aday malzemeler sıralanmıştır [7]. Finans üzerinde yapılan çalışmada hisse senedi portföyü oluşturma problemi çok kriterli bir sıralama problemi olarak ele alınmış, Electre-TRI ve FlowSort yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmada kriter ağırlıkları belirlenip 19 farklı senaryoda hisseler sınıflandırılmış, model parametrelerinin tutarlılığa etkisi incelenmiştir [8]. Farklı çalışmada Ocak 2012–Aralık 2014 dönemi 11 adet devlet tahvili odaklı emeklilik fonunun performansı, M2, Sharpe, Treynor, Jensen ölçütleriyle birlikte Electre I yöntemiyle sıralanmıştır. Çalışmada fonlar, Electre I'e göre üstünlük derecelerine göre karşılaştırılmıştır [9]. Finans sektöründe yapılan farklı çalışmada Borsa İstanbul'da işlem gören yedi lojistik firmasının 2018-2020 dönemi finansal oranları, Critic yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve Electre III yöntemiyle performansları sıralanmıştır. Çalışma, firmaların pandemi dönemindeki performans değişimlerini de analiz etmiştir [10]. Kuruluş yeri seçimde yapılan çalışmada Uşak'ta açılacak bir tekstil fabrikası için en uygun kuruluş yeri, Uşak'taki Organize Sanayi Bölgeleri arasından Electre yöntemi ile belirlenmiştir. Aday OSB'ler arasında kıyaslama yapılarak en iyi bölge seçilmiştir [11]. Benzer şekilde yapılan çalışmada enerji santrallerinin ideal lokasyonu, uzmanlardan alınan kriter ağırlıkları doğrultusunda Electre yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada beş aday bölge yedi kriterle incelenmiş, uyum/uyumsuzluk matrisleri hesaplanarak en uygun bölge önerilmiştir [12].

Sosyal medya platformları için yapılan çalışmalarda, Facebook üzerindeki 20 etkileyiciyi betweenness, closeness gibi ağ metrikleriyle değerlendirip sıralamak için Electre yöntemini kullanmıştır [13]. Benzer şekilde, yapılan bir çalışmada Critic-Fuzzy Topsis modeli ile farklı platformlar performans açısından karşılaştırılmış; bu çalışmada Facebook en yüksek performansı gösterirken Twitter en düşük sırada yer almıştır [14].

Sosyal medya alanında yapılan çalışmalar genellikle sınırlı sayıda platforma odaklanmış ve öncelikle pazarlama etkinliği gibi farklı kriterler üzerinden değerlendirme yapmıştır ve gelir modelleri açısından doğrudan bir karşılaştırma yapılmamış olması bir eksikliktir. Dolayısıyla bu çalışmada, önceki çalışmalarda yer almayan Instagram, YouTube, TikTok, Facebook, Twitch, Kick ve X gibi önde gelen platformların içerik üreticilerine sunduğu gelir modelleri Electre yöntemiyle kıyaslanmıştır. Böylece, içerik üreticileri için en yüksek kazanç potansiyeli sunan platformlar belirlenmiştir.

3. UYGULAMA

Bu bölümde, kriterler ve alternatifler tek tek açıklanmış ve Electre yöntemi ile sorunun çözüm aşamaları incelenmiştir.

3.1. İçerik Üreticileri İçin Önemli Kriterler

Sosyal medya platformlarında içerik üretip para kazanabilmek için, platformların belirledikleri bazı şartlar bulunmaktadır. Platformlardan gelir elde edilebilmesi için yerine getirilmesi gereken şartlar farklılık gösterebilir. Her birinin farklı avantajları ve zorlukları vardır. En önemlisi, içerik üreticisinin bu unsurlardan hangilerini sağlayıp sağlayamayacağını belirlemesi, kendi potansiyeline ve üretmek istediği içeriğin türüne karar verip içerik üreteceği platformu kararlaştırması gerekir.

3.1.1. Takipçi sayısı (K1)

Platformlarda takipçi sayısı, içerik üreticilerinin erişebildiği kişi sayısı olduğundan dolayı önemli faktörlerdendir. Takipçi sayısının yüksek olması üretici için hem daha fazla etkileşim hem de reklam içeriklerinden daha fazla gelir elde etme fırsatı oluşturur.

3.1.2. İzlenme süresi (K2)

İzleyicilerin içerikleri ne kadar uzun süre izledikleri, içerik üreticisinin gelirini doğrudan etkiler. Uzun izlenme süresi reklam almayı kolaylaştırır ve ek kazanç elde edilmesini sağlar. Dakika olarak değerlendirme yapılmıştır.

3.1.3. Aktif kullanıcı sayısı (K3)

Platformun aktif kullanıcı sayısının fazla olması, içerik üreticisinin takipçi sayısının fazla olmasına ve etkileşim arttıkça daha yüksek kazanç elde etmesine olanak tanır.

3.1.4. Kullanıcıların yaş aralığı (K4)

Sosyal medya platformlarının popülerliğiyle birlikte hitap ettikleri yaş aralıkları farklılık gösterebilir. Örneğin yapılan araştırmalar çerçevesinde TikTok ve Instagram platformlarının Facebook ve YouTube platformlarına göre daha genç bir kullanıcı kitlesine sahip olduğu görülmüştür.

3.1.5. Platformun komisyon oranı (K5)

İçerik üreticilerinin platformdan elde ettikleri gelirin, belirli bir yüzdesinin platform tarafından kesilmesidir. Yani, içerik üreticisi ne kadar gelir elde ederse, platform o gelirin belirli bir oranını alır. Bu oran, içerik üreticisinin eline geçen net kazancı doğrudan etkiler.

3.1.6. Bin görüntülenme başına izlenme ücreti (K6)

Platformların içerik üreticilerine reklam gelirleri kapsamında sunduğu ödeme modelinin önemli bir göstergesidir. Bin görüntüleme başına izlenme ücreti, genellikle CPM (Cost Per Mille) olarak adlandırılır. Bu, içerik üreticisinin videoları ya da içerikleri 1000 kez görüntülendiğinde alacağı ücreti ifade eder.

3.1.7. En hızlı para kazanma (K7)

Sosyal medya platformlarında, içerik üreticilerinin en hızlı para kazanabilmesi için tercih edecekleri platformları 1'den 8'e kadar yapay zekâ aracılığıyla puanlandırılarak değerlendirilmiştir.

3.1.8. İçerik kolaylığı (K8)

Platformlarda içerik üretim sürecinin ne kadar zor veya kolay olduğu, içerik üreticisinin platformda sürdürülebilir bir şekilde varlık gösterip gösteremeyeceğini belirleyen kritik bir faktördür. Bu kriter de yapay zekâ tarafından 1'den 8'e kadar puanlandırılmıştır.

3.2. Sosyal Medya Platformları ve Kazanç Modelleri

Sosyal medya platformları, içerik üreticilerine reklam gelirleri, sponsorluklar ve abonelik sistemleri aracılığıyla çeşitli kazanç imkânları sunar. Her platform, kullanıcı kitlesi, etkileşim oranları ve gelir paylaşım modelleri açısından farklı avantajlar barındırır. Aşağıda Instagram, YouTube, TikTok, Facebook, Twitch, Kick ve X platformları tarafından sunulan başlıca gelir modelleri incelenecektir.

3.2.2. Instagram (A1)

Instagram, fotoğraf ve video paylaşımının yanı sıra hikâye, Reels ve canlı yayın gibi etkileşim özellikleriyle kullanıcı deneyimini zenginleştirirken, eğlence, alışveriş ve içerik üretimi için geniş imkanlar sunan popüler bir sosyal medya platformu olarak öne çıkmaktadır. Instagram'da iş birlikleri, abonelik sistemleri kazanç sağlamaya yardımcı olmaktadır. Instagram, özellikle

genç kullanıcılar arasında popülerliğini korurken, 18-34 yaş arası bireylerin platformun büyük çoğunluğunu oluşturduğu, 35-44 yaş ve 13-17 yaş arası kullanıcıların daha düşük oranlarda yer aldığı ve toplamda 2,35 milyar kullanıcıya ulaşan bir sosyal medya platformu olarak öne çıkmaktadır.

3.2.4. Facebook (A2)

Facebook, insanların arkadaşlarıyla ve topluluklarla bağlantı kurmalarını, içerik paylaşmalarını ve güncel gelişmeleri takip etmelerini mümkün kılan küresel ölçekte büyük bir sosyal medya platformu olarak öne çıkmaktadır. Facebook, içerik üreticilerine abonelik ve reklam gelirleri yoluyla kazanç elde etme imkânı sunmaktadır. Facebook geniş yaş aralıklarına hitap etmektedir. 25-34 yaş arası kullanıcılar platformun en büyük kitlesini oluştururken, 18-24 ve 35-44 yaş grupları da önemli bir paya sahiptir. Toplamda yaklaşık 3 milyar aktif kullanıcıya sahiptir.

3.2.3. Tiktok (A3)

TikTok, kullanıcıların kısa videolar oluşturup paylaşabildiği, müzik, efektler ve filtrelerle içeriklerini zenginleştirmelerine olanak tanıyan, eğlence, dans, meydan okumalar ve viral içeriklerle öne çıkan popüler bir sosyal medya platformudur. Canlı yayın hediyeleri, marka iş birlikleri kazanç sağlamada öne çıkmaktadır. TikTok, özellikle 16-24 yaş arası genç kullanıcıların ağırlıkta olduğu bir platformdur. 25-34 yaş grubunun da önemli bir yer tutmaktadır. Platform, esas kitlesini gençlerden oluşturan ve 1,7 milyar aktif kullanıcıya ulaşan popüler bir sosyal medya platformudur.

3.2.6. X (A4)

X, kullanıcıların kısa metinler, görseller, videolar ve canlı yayınlar aracılığıyla anlık haberleşme ve etkileşimde bulunmalarını sağlayan bir sosyal medya platformudur. Dijital iletişim dinamiklerini dönüştüren yenilikçi yapısıyla öne çıkmaktadır. X, bağışlar ve abonelik sistemiyle hareket etmektedir ve kullanıcı kitlesinin büyük bölümünü 18-29 yaş arası genç yetişkinler oluşturmaktadır. Ancak 30-49 yaş arasındaki orta yaşlı kullanıcıların da aktif olduğu ve toplamda 400 milyon kullanıcıya ulaşan dinamik bir sosyal medya platformudur.

3.2.1. Youtube (A5)

YouTube, kullanıcıların video içerikleri üreterek geniş kitlelere ulaşmalarını ve izleyicilerle etkileşim kurmalarını mümkün kılan çok yönlü bir dijital platformdur. YouTube, 18-34 yaş aralığındaki bireylerin en büyük kullanıcı grubunu oluşturduğu, gençlerden yetişkinlere kadar uzanan geniş bir kitleye hitap eden; reklam gelirleri ve sponsorluklarla öne çıkan ve dünya genelinde 2,7 milyar aktif kullanıcısıyla dikkat çeken küresel bir video platformudur.

3.2.5. Twitch (A6)

Twitch, canlı yayın imkânı sunarak kullanıcıların oyun oynama, sohbet etme ve içerik üretme faaliyetlerini destekleyen popüler bir yayın platformudur. Yayıncıları bağışlar, abonelikler ve reklam gelirleri gibi çeşitli gelir modelleriyle kazanç elde edebilmektedir. Twitch, özellikle oyun ve canlı yayın odaklı bir platform olarak, 16-34 yaş aralığındaki kullanıcı kitlesiyle öne çıkmakta; en aktif kullanıcıları 18-24 ve 25-34 yaş gruplarından oluşmaktadır. Toplam kullanıcı sayısı 140 milyondur.

3.2.7. Kick (A7)

Kick, yeni bir platform olduğu için kesin kullanıcı verileri sınırlıdır. Ancak tahminlere göre 18-34 yaş arası genç yetişkinlerin platformda daha aktif olduğu bilinmektedir. Özellikle oyun ve yayın içerikleri üreten kullanıcılar yoğunluktadır. Bahşişler ve abonelik gelir paylaşımı konusundaki avantajlarıyla dikkat çeken bir platformdur.

3.3. Problemin Çözüm Aşaması

Sosyal medya platformlarından en etkili finansman sağlama problemi için alternatifler; Facebook, Instagram, Youtube, X, Kick, Twitch ve Tiktok'tur. Kriterler ise; Takipçi sayısı, aktif kullanıcı sayısı, yaş aralığı, izlenme süresi, komisyon, bin izlenme başı ücret, en hızlı para kazanma ve içerik kolaylığıdır. Kriterler ve alternatiflerin açıklandığı bir önceki bölümde, kriterler K harfi ile (K1-K8), alternatifler ise A harfi ile (A1-A7) kodlanmıştır. Çizelge 1'de probleme ilişkin alternatiflerin ve kriterlerin yer aldığı başlangıç matrisi sunulmuştur.

Çizelge 1. Alternatifler ve Kriterler

	TAKİPÇİ SAYISI	İZLENME SÜRESİ	AKTİF KULLANICI	YAŞ ARALIĞI	KOMİSYON	İZLENME ÜCRET	HIZLI KAZANMA	İÇERİK KOLAYLIĞI
INSTAGRAM	10000	0	2.350.000.000	26	0	0.2	3	2
FACEBOOK	10000	30000	3.065.000.000	30	0	0.3	2	3
TIKTOK	10000	0	1.700.000.000	20	50	0.02	6	7
X	500	0	400.000.000	24	10	0.5	1	4
YOUTUBE	1000	20000	2.700.000.000	26	30	1	5	1
TWITCH	0	500	140.000.000	25	50	2	7	6
KICK	0	1440	50.000.000	26	5	1	5	5

Çizelge 2'de, sosyal medya gelir modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin hem yapay zekâ destekli analizler hem de yürütülen anket çalışmaları sonucunda ağırlıkları belirtilmiştir.

Çizelge 2. Kriterlerin ağırlıkları

TAKİPÇİ SAYISI	İZLENME SÜRESİ	AKTİF KULLANICI	YAŞ ARALIĞI	KOMİSYON	İZLENME ÜCRET	HIZLI KAZANMA	İÇERİK KOLAYLIĞI
0,08	0,06	0,15	0,04	0,12	0,1	0,25	0,2

Üçüncü aşamada, Çizelge 1'de verilen başlangıç matrisinin normalizasyon işlemi yapılmaktadır,

$$x = \sum (k_i)\text{^}2$$

$$k_i' = k_i / x$$

Eğer normalizasyon yapacağımız kriter maliyet değeri ise,

$$k_i' = 1 - (k_i / x)$$

Çizelge 3. Normalizasyon

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,42	1	0,47	0,61	1	0,08	0,24	0,17
A2	0,42	0,17	0,61	0,55	1	0,12	0,16	0,25
A3	0,42	1	0,34	0,70	0,35	0,008	0,49	0,59
A4	0,97	1	0,08	0,64	0,87	0,19	0,08	0,33
A5	0,94	0,44	0,54	0,61	0,61	0,39	0,40	0,08
A6	1	0,98	0,03	0,63	0,35	0,792	0,57	0,50
A7	1	0,96	0,001	0,61	0,93	0,39	0,41	0,42

Dördüncü aşamada, Çizelge 3'te elde edilen matristen yola çıkarak uyum matrisi ve uyumsuzluk matrisi oluşturulur.

$$C_{kl} = \{k_{ij} \geq k_{yj}\}$$

Uyumlu veriler bulunduktan sonra, uyumlu verilerin ağırlıkları toplanır ve hücrenin yeni değerini bulunur.

Çizelge 4. Uyum Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	-	0,55	0,51	0,58	0,58	0,33	0,37
A2	0,65	-	0,45	0,52	0,52	0,27	0,27
A3	0,63	0,63	-	0,7	0,55	0,57	0,7
A4	0,48	0,48	0,36	-	0,5	0,37	0,25
A5	0,62	0,53	0,45	0,5	-	0,27	0,54
A6	0,67	0,73	0,55	0,67	0,73	-	0,88
A7	0,67	0,73	0,3	0,75	0,85	0,2	-

Çizelge 5. Uyumsuzluk Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	-	0,43	1	0,74	0,87	1	0,75
A2	1	-	1	0,61	1	1	0,68
A3	0,92	0,96	-	0,61	0,40	1	1
A4	1	1	1	-	1	1	1
A5	1	0,77	1	0,61	-	1	0,86
A6	0,96	0,86	0,59	0,50	0,91	-	1
A7	1	1	0,70	0,13	1	0,58	-

Uyumsuzluk matrisi için formül,

$$C_{kl} = \frac{\max |Y\ k_j - Y\ l_j|}{\max |k_j - l_j|}$$

Beşinci aşamada, Çizelge 4'te elde edilen matrise göre uyum üstünlüğü matrisi oluşturulur. Uyum üstünlüğü için gerekli formül,

$$C = \frac{1}{M(M-1)} * (\sum C_{kl})$$

$$C = 0{,}533571429$$

C değerinden düşük değerler 0 büyük değerler ise 1 değerini alır.

Çizelge 6. Uyum Üstünlüğü Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	-	1	0	1	1	0	0
A2	1	-	0	0	0	0	0
A3	1	1	-	1	1	1	1
A4	0	0	0	-	0	0	0
A5	1	0	0	0	-	0	1
A6	1	1	1	1	1	-	1
A7	1	1	0	1	1	0	-

Çizelge 5'te elde edilen matrise göre uyumsuzluk üstünlüğü matrisi oluşturulur. Uyumsuzluk üstünlüğü matrisi için gerekli formül,

$$D = \frac{1}{M(M-1)} * (\sum D_{kl})$$

$$D = 0{,}80625$$

D değerinden düşük değerler 0 büyük değerler ise 1 değerini alır.

Çizelge 7. Uyumsuzluk Üstünlüğü Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	-	0	1	0	1	1	0
A2	1	-	1	0	1	1	0
A3	1	1	-	0	0	1	1
A4	1	1	1	-	1	1	1
A5	1	0	1	0	-	1	1
A6	1	1	0	0	1	-	1
A7	1	1	0	0	1	0	-

Altıncı aşamada, Çizelge 6 ve Çizelge 7'de elde edilen matrislerin çarpımı sonucu ile hangi alternatifin hangisine üstün olduğu sonucuna ulaşırız.

Çizelge 8. Uyum ve Uyumsuzluk Matrisleri Çarpımı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	-	0	0	0	1	0	0
A2	1	-	0	0	0	0	0
A3	1	1	-	0	0	1	1
A4	0	0	0	-	0	0	0
A5	1	0	0	0	-	0	1
A6	1	1	0	0	1	-	1
A7	1	1	0	0	1	0	-

Yedinci aşamada, Çizelge 8'de verilen matriste alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması sonucu çözüm aşaması tamamlanmış olur.

Çizelge 9. Sonuç Tablosu

KODU	İSMİ	SIRALAMA
A3	TİKTOK	1.
A6	TWİTCH	2.
A7	KİCK	3.
A5	YOUTUBE	3.
A1	INSTAGRAM	3.
A2	FACEBOOK	4.
A4	X	4.

4. SONUÇ

Bu çalışma içerik üreticilerine en iyi gelir elde etme potansiyeli sunan sosyal medya platformlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaca ulaşmak için, birden fazla kriteri aynı anda değerlendirmeye olanak tanıyan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden ELECTRE kullanılmıştır. Araştırmada Instagram, YouTube, TikTok, Facebook, Twitch, Kick ve X gibi önde gelen platformlar, takipçi sayısı, izlenme süresi, aktif kullanıcı sayısı, kullanıcı yaş aralığı, platform komisyon oranı, bin görüntüleme başına ücret, en hızlı para kazanma potansiyeli ve içerik kolaylığı gibi kriterler üzerinden incelenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, içerik üreticileri için en yüksek kazanç potansiyelini sunan platformun TikTok olduğu belirlenmiştir. TikTok'un birinci sırada yer alması, özellikle genç ve dinamik kullanıcı kitlesine hitap etmesiyle açıklanabilir. Twitch ise canlı yayın ve oyun odaklı yapısıyla öne çıkmıştır. YouTube, Kick ve Instagram, benzer gelir potansiyeline sahip alternatifler olarak sıralamada üçüncü sırayı paylaşmıştır. Facebook ve X ise en düşük gelir potansiyeline sahip platformlar arasında yer almıştır. Bu sonuçlar, içerik üreticilerinin kendi potansiyellerine ve hedefledikleri içerik türüne en uygun platformu seçmeleri konusunda somut bir karar mekanizması oluşturarak önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

KAYNAKÇA

[1] H. Taherdoost ve M. Madanchian, "A Comprehensive Overview of the ELECTRE Method in Multi Criteria Decision-Making", *Journal of Management Science & Engineering Research*, c. 6, sy 2, ss. 5-16, Haz. 2023, doi: 10.30564/jmser.v6i2.5637.

[2] S. A. S. A. Mary ve G. Suganya, "Multi-Criteria Decision Making Using ELECTRE", *Circuits and Systems*, c. 07, sy 06, ss. 1008-1020, 2016, doi: 10.4236/cs.2016.76085.

[3] H. Erbıyık, G. Kabakcı, ve A. Erdil, "Electre Yöntemi ile Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimi: Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması", *European Journal of Science and Technology*, Nis. 2021, doi: 10.31590/ejosat.903952.

[4] G. Üniversitesi, İ. Ve İdari, ve B. Fakültesi, "ELECTRE I Karar Modeli ile Tedarikçi Seçim Süreci ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama Supplier Selection Process Using ELECTRE I Decision Model and an Application in the Retail Sector Oğuzhan YAVUZ". [Çevrimiçi]. Erişim adresi: http://www.apics.org/gsa-main-

[5] N. Tunçel, S. Belbağ ve M. Çimen, "Satın Alma Kriterleri Açısından Marka Sıralama Kararının Verilmesinde Bulanık ELECTRE I Yöntemi: Otomobil Sektöründe Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, c. 31, sy 5, ss. 45–60, 2017.

[6] H. M. Arslan ve H. T. Uysal, "Electre I Yöntemi ile En Uygun Tedarikçinin Belirlenmesi: Ahşap Sektörü Uygulaması", *DÜSOBED Dergisi*, c. 7, sy 1, ss. 12–20, 2017.

[7] A. Balcı, M. Yurdakul, ve Y. T. İç, "Development of a decision support system to select materials for pressure vessels", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, c. 33, sy 1, ss. 115-125, 2018, doi: 10.17341/gazimmfd.406784.

[8] M. S. M. M. Emamat, C. M. de M. Mota, M. R. Mehregan, M. R. Sadeghi Moghadam, ve P. Nemery, "Using ELECTRE-TRI and FlowSort methods in a stock portfolio selection context", *Financial Innovation*, c. 8, sy 1, Ara. 2022, doi: 10.1186/s40854-021-00318-1.

[9] E. E. Topaloglu, İ. Ege, Ö. Karakozak, ve N. Hacı Bektaş, "Emeklilik Yatırım Fonlarının ELECTRE Yöntemi ile Performansının Analizi", 2016. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/323308113

[10] C. Aksu ve M. F. Bayramoğlu, "Lojistik Firmalarının Finansal Performansının Electre Yöntemi İle Analizi", *International Journal of Management Economics and Business*, Eyl. 2024, doi: 10.17130/ijmeb.1504400.

[11] Y. Akyüz ve M. Soba, "ELECTRE Yöntemiyle Tekstil Sektöründe Optimal Kuruluş Yeri Seçimi: Uşak İli Örneği", *International Journal*, c. 9, sy 19, Tem. 2013, doi: 10.11122/ijmeb.2013.9.19.452.

[12] D. Balkan, "Endüstri 4.0 Sürecinde Electree Yöntemi İle Enerji Tesis Yer Seçiminin Gerçekleştirilmesi", *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Oca. 2020, doi: 10.28948/ngumuh.612066.

[13] A. Muruganantham ve M. Gandhi, "Discovering and ranking influential users in social media networks using Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods", *Indian J Sci Technol*, c. 9, sy 32, Ağu. 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i32/95171.

[14] R. da Silva Wegner, D. J. C. da Silva, C. P. da Veiga, V. de Fátima Barros Estivalete, V. P. Rossato, ve M. B. Malheiros, "Performance analysis of social media platforms: evidence of digital marketing", *Journal of Marketing Analytics*, c. 12, sy 3, ss. 599-610, Eyl. 2024, doi: 10.1057/s41270-023-00211-z.

ENERGY PLANNING VIA PICTURE FUZZY PREVALENCE EFFECT METHOD

Ömer Karakoç

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Altınbaş University

omerkarakoc123@gmail.com- 0000-0002-7283-1538

Samet Memiş

Department of Marine Engineering, Faculty of Maritime, Bandırma Onyedi Eylül University

samettmemis@gmail.com – 0000-0002-0958-5872

ABSTRACT

As global energy demands rise alongside technological advancements, current energy sources are expected to become inadequate. Moreover, traditional primary energy sources such as coal, oil, and natural gas contribute significantly to environmental harm, causing air and water pollution. This growing concern has prompted nations to prioritize renewable and sustainable energy solutions to reduce ecological damage. Türkiye must identify the most appropriate energy alternatives for long-term sustainability in this context.

Various techniques utilizing mathematical tools such as fuzzy sets, soft sets, intuitionistic fuzzy sets, and picture fuzzy sets have been developed to support this decision-making process. Among these, picture fuzzy sets (*pf*-sets) provide an enhanced framework for addressing complex decision-making scenarios, where individuals may choose to approve, disapprove, remain neutral, or abstain from responding altogether. Their applicability across diverse fields, including artificial intelligence, economics, marketing, and decision-making problems—has made them increasingly valuable for analyzing uncertain data.

This study utilizes the Picture Fuzzy Prevalence Effect Method (PFPEM) for energy planning in Türkiye. We compare the effectiveness of PFPEM with other soft decision-making algorithms, including fuzzy parameterized fuzzy soft matrices (*fpfs*-matrices), intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft matrices (*ifpifs*-matrices), and classical fuzzy methods, to evaluate and support more accurate and sustainable energy source selection.

Key Words: Picture fuzzy sets, Picture fuzzy soft sets, Picture fuzzy prevalence effect method, energy planning, decision making

INTRODUCTION

Energy is a vital for the sustainable development and prosperity of today's societies. With a growing population and increasing industrialization, the demand for energy rises each year, exacerbating environmental issues and necessitating a reevaluation of energy policies. (Delivand et al., 2015). The environmental damage caused by fossil fuels and their negative

impact on climate change are prompting countries to seek renewable energy sources. (Rani, 2015). However, the significant reliance on fossil fuels for energy production in many countries complicates this transition, making it a complex and multifaceted process. (Adefarati, 2023). Renewable energy comes from naturally replenishing sources such as solar, wind, hydroelectric, biomass, and geothermal energy. These sources enable environmentally friendly and sustainable energy production and are essential in combating climate change by reducing greenhouse gas emissions (IEA, 2024). Additionally, renewable energy offers various benefits, including supporting economic growth, ensuring energy supply security, and creating jobs. (Irena et al., 2021) Nevertheless, the competitiveness of renewable energy compared to fossil fuels remains limited due to technological challenges, cost structures, and integration difficulties. Specifically, Türkiye faces critical strategic decisions due to its rapidly increasing energy demand and dependence on imported fossil fuels. This dependence is economically unsustainable and heightens environmental risks. In recent years, Türkiye has developed various policies and made significant investments to enhance the use of renewable energy resources. In 2015, renewable energy resources accounted for 43.2% of Türkiye's installed capacity, which increased to 57.3% by 2023. Hydroelectric energy represents approximately 50% of the installed capacity, followed by solar and wind energy. (TEIAS, 2025) However, transitioning to renewable resources involves more than just increasing installed capacity; it requires optimal planning and utilization of energy resources. Countries need to assess their energy performance and develop strategic plans accordingly. In this context, multi-criteria decision-making (MCDM) methods provide decision-makers with a robust framework for analyzing environmental, economic, and social factors simultaneously. Such approaches play a crucial role in shaping energy policies that align with sustainability goals and ensure the efficient distribution of resources. The growing emphasis on integrating environmental and social dimensions into energy planning has increased the relevance of MCDM approaches. These methods have been extensively utilized across various economic, social, industrial, ecological, and energy systems. Decision-makers face challenges in providing precise judgments, particularly when numerical accuracy is required. To address such vagueness and imprecision in human reasoning, fuzzy sets (Zadeh, 1965) have been widely adopted to represent linguistic evaluations in decision-making processes and to reduce ambiguity and subjectivity.

In response to the limitations of conventional fuzzy MCDM techniques, various methods have recently been introduced for handling fuzzy multi-criteria group decision-making (MCGDM) problems. Most of these approaches build upon fuzzy sets, soft sets. Fuzzy sets were developed to model uncertain and incomplete information by defining the degrees of membership of elements within a range of [0,1]. However, classical fuzzy sets do not require direct specification of non-membership degrees. Intuitionistic fuzzy sets (*if*-sets) (Atanassov, 1983; Atanassov, 1986; Atanassov and Stoeva, 1983) were introduced to address this limitation. The *if*-sets provide autonomous assessment of membership and non-membership degrees, with their aggregate and individual values confined to the interval $[0, 1]$. The concept of *if*-sets has been enhanced by introducing Pythagorean fuzzy subsets (Yager et.al.2013), which modifies the constraints on the degrees of *if*-sets. The notion of picture fuzzy sets (*pf*-sets) and related essential functions have recently been proposed to tackle issues in artificial intelligence (Cuong,

2013; Cuong, 2014; Memiş, 2021). *Pf*-sets can more effectively represent the multifaceted nature of human judgments, such as “yes,” “no,” “undecided,” and “disagree” (Memiş, 2022). These sets find a variety of applications, from election systems to medical diagnosis, and from decision support to MCDM methods (Memiş, 2023a,b). Additionally, these concepts have significantly contributed to fields like decision-making, algebra, topological analysis, and mathematical modeling (Naeem and Memiş, 2023; Naeem et al., 2025).

Section 2 of the present paper briefly reviews of energy planning practices in various countries, focusing on multi-criteria decision-making approaches. Section 3 discusses the application of the Picture Fuzzy Prevalence Effect Method (PFPEM) method to energy planning in the context of Türkiye. The final section evaluates the effectiveness of PFPEM by comparing it with other soft decision-making algorithms, including fuzzy parameterized fuzzy soft matrices (*fpfs*-matrices), intuitionistic fuzzy parameterized intuitionistic fuzzy soft matrices (*ifpifs*-matrices), and classical fuzzy methods, to support more accurate and sustainable energy source selection methods and to guide future research directions.

LITERATURE REVIEW

Numerous studies have been conducted globally and in Türkiye on energy planning, focusing on balancing supply and demand, achieving sustainability goals, and diversifying energy resources Tasri and Susilawati (2014) applied a fuzzy analytic method to prioritize renewable energy sources in Indonesia. Their findings indicated that hydropower was the most suitable option, followed by geothermal, solar, wind, and biomass. Garni et al. (2016) evaluated renewable energy sources in Saudi Arabia using the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique. They found that solar photovoltaic (PV) and concentrated solar power (CSP) emerged as the top options, with wind energy ranked third. They concluded that integrated assessment improves decision-making quality for investors and policymakers by considering economic, social, political, and technical attributes. Lee and Chang (2018) utilized Weighted Sum Model (WSM), VIKOR, TOPSIS, ELECTRE, and Shannon Entropy to prioritize renewable energy sources in Taiwan. Their analysis revealed that hydroelectric energy was the most preferred option, followed by solar and wind energy. Ali et al. (2019) used the Entropy and the Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS) methods to evaluate the best renewable energy sources for Bangladesh. Their results indicated that a solar-wind-battery hybrid system was the optimal solution.Yazdani et al. (2020) introduced a hybrid technique combining Shannon Entropy and EDAS for evaluating renewable energy sources in Saudi Arabia. Their study found that wind energy was the most viable renewable energy option. Afrane et al. (2021) implemented the fuzzy TOPSIS method to determine the best renewable energy source for electrification in Ghana. Hydropower ranked first, followed by solar, wind, and biomass. Van Thanh (2022) applied fuzzy AHP and TOPSIS to select renewable energy sources for industrial zones in Vietnam. Solar energy was ranked highest, while wind energy was deemed the least suitable. Pathak et al. (2022) employed AHP to prioritize renewable energy sources in India based on nine criteria. Their findings indicated that hydropower was the top alternative, followed by solar and wind energy. Asakereh et al. (2022) used fuzzy AHP

to assess renewable energy options in Iran's Khuzestan province. They identified solar PV as the most sustainable solution for electricity generation. Qazi et al. (2023) integrated the Entropy and TOPSIS methods to evaluate renewable energy sources in Malaysia. Their study concluded that biomass was the best option for sustainable electricity generation. Akpahou and Odoi-Yorke (2023) applied CRITIC, Entropy, and EDAS methods to assess renewable energy sources in Benin. They prioritized solar PV as the most suitable energy alternative, followed by wind and CSP.

Büyüközkan and Güleryüz (2016) proposed a hybrid model combining DEMATEL and the Analytic Network Process (ANP) to select the optimal renewable energy source Değirmenci et al. (2018) used the GIS method to model wind energy and wind farm siting in Türkiye. In contrast, the AHP method was employed to assess site suitability and determine the relative importance of the criteria. Cebi et al. (2016) synthesized fuzzy sets, AHP, expert opinion methodologies, and the information axiom to determine an ideal site for a biogas power plant in Türkiye's Aegean Region. Yücenur et al. (2020) developed a comprehensive decision-making framework that utilized SWARA and COPRAS methodologies to identify the most suitable cities for biogas investments. Their study evaluated three Turkish towns with varying biogas supplies, applying SWARA to determine criterion weights and COPRAS to rank the options. Emeksiz and Yüksel (2022) employed the Novel Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach (NHMCDMA) to assess bioenergy potential across Türkiye. They used ten assessment criteria covering seven geographical areas and 81 provinces to identify the optimal site for power plants. Ceylan et al. (2023) introduced a hybrid optimization model that used neuro-regression techniques to evaluate the potential of animal waste and determine the best location for a biogas facility in Manisa Province. Tulun et al. (2023) incorporated Geographic Information Systems (GIS) with Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methodologies in the Konya Closed Basin. They utilized the CRITIC and MABAC methods for site ranking, based on feedstock potential, and employed FUCOM to establish criterion weights, resulting in spatial suitability maps. In another GIS-based study, Ertunç and Uyan (2022) applied the Best Worst Method (BWM) to evaluate criteria set by experts and create a suitability map for biogas facilities in Konya Province. Lastly, Sekeroglu and Erol (2023) developed a spatial choice model for hybrid renewable energy systems that include wind, solar, and biogas sources to investigate optimal site selection in the Karatay area of Konya.

Picture Fuzzy Prevalence Effect Method (PFPEM)

Enginoglu and Cağman (2020) have developed Prelevance Effect Method (PEM) and They applied the image denoising problem, which is a pre-processing process in the field of image processing, was addressed and five different filtering methods for salt-and-pepper type noise were evaluated. These methods were compared according to PSNR and SSIM metrics and PEM was used to determine the best method.

The steps of the algorithm are as follows:

Algorithm 1. PEM (Enginoglu and Çağman,2020)

Construct an *fpfs*-matrix $[a_{ij}]_{m\times n}$ such that $m \geq 2$ and $n \geq 1$
Obtain the score matrix $[s_{i1}]_{(m-1)\times 1}$ defined by

$$s_{i1} := \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{1}{m-1}\sum_{k=1}^{m-1}a_{kj}\right)\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}a_{it}\right)a_{0j}a_{ij}\right], \quad i \in I_{m-1}$$

Obtain the decision set $\left\{^{\mu(u_k)}u_k | u_k \in U\right\}$ such that $\mu(u_k) = \frac{s_{k1}}{\max\limits_{i} s_{i1}}$

Naeem et al. (2025) proposed combining Picture Fuzzy Topology (PFT) and Prevalence Effect Method (PEM) in the group decision-making process. To this end, they expanded the existing PEM by incorporating PFT and PEM, resulting in the development of a new method specifically designed for group decision-making called the PFPEM. The Steps of the algorithm are as follow:

Algorithm 2 PFPEM (Naeem et al., 2025)

Step 1. Each decision-maker ($\boldsymbol{DM} = \{\boldsymbol{DM_1}, \ldots, \boldsymbol{DM_p}\}$ forms their own set of preference functions (*pf*-sets) for each attribute. The set of alternatives is denoted as $\boldsymbol{C} = \{\boldsymbol{x_1}, \ldots, \boldsymbol{x_m}\}$, which is assessed based on a collection of attributes $\boldsymbol{Q} = \{\boldsymbol{q_1}, \ldots, \boldsymbol{q_n}\}$.

Step 2. Construct information matrix $\mathbf{D_i(i = 1, \ldots, p)}$,as accorded by decision makers. Then, obtain the aggregated matrix

$$D = \frac{1}{P} * \sum_{i=1}^{p} DM_i = \left[\begin{matrix}\mu_{ij}\\ \eta_{ij}\\ \nu_{ij}\end{matrix}\right]_{mxn}$$

Step 3. Obtain the score matrix $[s_{i1}]$

$$s_{i1} = \mu^s - \eta^s * \nu^s$$

Such that

$$\mu^s = \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}\mu_{kj}\right)\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\mu_{ij}\right)\right]$$

$$\eta^s = \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}\eta_{kj}\right)\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\eta_{ij}\right)\right]$$

and

$$\nu^s = \sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}\nu_{kj}\right)\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\nu_{ij}\right)\right]$$

Step 4. Obtain ranking orders based on score matrix.

A CASE STUDY OF THE PICTURE FUZZY PREVALENCE EFFECT METHOD (PFPEM) FOR ENERGY PLANNING OF TÜRKİYE

We present the application of the PFPEM to energy planning in the context of Türkiye, based on the data provided in (Karaaslan and Aydın, 2020). Accordingly, Table 1 summarizes the input data used in the analysis.

Table 1. The mean values of the renewable sources according to parameters of Türkiye (Karaaslan and Aydın, 2020).

Parameters / Alternatives	Investment Cost	Maintenance and Operating Cost	Electricity Generation Cost	Contribution to the Economy	Payback Period	Carbon Emission Amount/Rate	Space Requirement	Adaptation to the Environment	Waste Treatment Requirement	Regional Potential	Technology Ease of Use	Installed Power	Energy Production Amount/Effectiveness	Operating Life	Risk	Employment Rate	Social Acceptability
Wind	1.82	2.96	2.88	6.43	3.24	1.12	3.24	7.32	1.91	7.76	7.59	6.98	7.41	6.13	2.33	6.34	6.46
Solar Energy	3.26	2.29	2.04	6.27	2.24	1.91	3.94	7.98	1.70	8.14	7.44	4.91	4.97	6.14	1.41	5.96	8.19
Geothermal	4.92	6.24	4.55	6.34	3.56	4.82	2.80	4.70	6.99	6.11	6.10	4.69	6.11	5.40	4.35	5.56	5.14
Biomass	4.90	7.59	6.59	4.67	3.98	2.40	3.77	4.60	4.16	7.96	5.75	1.65	2.75	4.19	5.01	7.25	4.85
Hydroelectric	2.04	1.65	1.62	8.00	1.26	1.94	4.29	6.04	2.33	6.65	6.82	8.65	8.49	8.65	3.89	6.93	3.65

In this case study, the set of alternatives is defined as $C = \{\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4, \chi_5\}$, where $\chi_1 :=$ "Wind", $\chi_2 :=$ "Solar Energy", $\chi_3 :=$ "Geothermal", $\chi_4 :=$ "Biomass", and $\chi_5 :=$ "Hydroelectric". The evaluation criteria set is denoted as $Q = \{q_1, q_2, \ldots, q_{17}\}$, where $q_1 :=$ "Investment Cost", $q_2 :=$ "Maintenance and Operating Cost", $q_3 :=$ "Electricity Generation Cost", $q_4 :=$ "Contribution to the Economy", $q_5 :=$ "Payback Period", $q_6 :=$ "Carbon Emission Amount/Rate", $q_7 :=$ "Space Requirement", $q_8 :=$ "Adaptation to the Environment", $q_9 :=$ "Waste Treatment Requirement", $q_{10} :=$ "Regional Potential", $q_{11} :=$ "Technology Ease of Use", $q_{12} :=$ "Installed Power", $q_{13} :=$ "Energy Production Effectiveness", $q_{14} :=$ "Operating Life (Years)", $q_{15} :=$ "Risk", $q_{16} :=$ "Employment Rate (Job Creation)", and $q_{17} :=$ "Social Acceptability".Table 2 presents the parameters and their corresponding weights used in the energy planning of Türkiye

Table 2. Parameters and their weights for the energy planning of Türkiye (Karaaslan and Aydın, 2020)

Parameters	Parameter Effect	Fuzzy Weight	Intuitionistic Fuzzy Weight	
q_1 Investment Cost	Negative	0.0660	0.934	0.066
q_2 Maintenance and Operating cost	Negative	0.1190	0.881	0.119
q_3 Electricity Generation Cost	Negative	0.1160	0.884	0.116
q_4 Contribution to the Economy	Positive	0.0610	0.939	0.061
q_5 Payback Period	Negative	0.0630	0.937	0.063
q_6 Carbon Emission Amount/Rate	Negative	0.0230	0.977	0.023
q_7 Space Requirement	Negative	0.0190	0.981	0.019
q_8 Adaptation to the Environment	Positive	0.0330	0.967	0.033
q_9 Waste Treatment Requirement	Negative	0.0510	0.949	0.051
q_{10} Regional Potential	Positive	0.0640	0.936	0.064
q_{11} Technology Ease of Use	Positive	0.0390	0.961	0.039
q_{12} Installed Power	Positive	0.0390	0.961	0.039
q_{13} Energy Production Amount/Effectiveness	Positive	0.0870	0.913	0.087
q_{14} Operating Life	Positive	0.0490	0.951	0.049
q_{15} Risk	Negative	0.0910	0.909	0.091
q_{16} Employment Rate	Positive	0.0280	0.972	0.028
q_{17} Social Acceptability	Positive	0.054	0.946	0.054

The *fpfs*-matrix $[a_{ij}]$ is constructed using the normalized values obtained from Table 1 and the fuzzy weights presented in Table 2. Similarly, the *ifpifs*-matrix $[b_{ij}]$ and *pf*-matrix $[c_{ij}]$ are derived using the same methodology. Picture Fuzzy Prevalance Effect Method is applied by utilizing *pf*-matrix $[c_{ij}]$.

$$[a_{ij}] := \begin{bmatrix} 0.0660 & 0.1190 & 0.1160 & 0.0610 & 0.0630 & 0.0230 & 0.0190 & 0.0330 & 0.0510 & 0.0640 & 0.0390 & 0.0390 & 0.0870 & 0.0490 & 0.0910 & 0.0280 & 0.0540 \\ 0.6304 & 0.6095 & 0.5622 & 0.8033 & 0.1872 & 0.7674 & 0.2459 & 0.9173 & 0.7273 & 0.9532 & 1.0000 & 0.8062 & 0.8737 & 0.7081 & 0.5347 & 0.8743 & 0.7890 \\ 0.3369 & 0.6983 & 0.6903 & 0.7829 & 0.4380 & 0.6049 & 0.0820 & 1.0000 & 0.7571 & 1.0000 & 1.0000 & 0.5673 & 0.5853 & 0.7099 & 0.7176 & 0.8222 & 1.0000 \\ 0.0000 & 0.1780 & 0.3100 & 0.7921 & 0.1054 & 0.0000 & 0.3484 & 0.5893 & 0.0000 & 0.7504 & 0.8040 & 0.5415 & 0.7196 & 0.6236 & 0.1318 & 0.7665 & 0.6280 \\ 0.0035 & 0.0000 & 0.0000 & 0.5836 & 0.0000 & 0.5021 & 0.1216 & 0.5763 & 0.4049 & 0.9780 & 0.7585 & 0.1905 & 0.3240 & 0.4841 & 0.0000 & 1.0000 & 0.5924 \\ 0.5850 & 0.7828 & 0.7542 & 1.0000 & 0.6837 & 0.5970 & 0.0000 & 0.7571 & 0.6667 & 0.8171 & 0.8993 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.2235 & 0.9565 & 0.4456 \end{bmatrix}$$

$$[b_{ij}] = \begin{bmatrix} 0.0660 & 0.1190 & 0.1160 & 0.0610 & 0.0630 & 0.0230 & 0.0190 & 0.0330 & 0.0510 & 0.0640 & 0.0390 & 0.0390 & 0.0870 & 0.0490 & 0.0910 & 0.0280 & 0.0540 \\ 0.9340 & 0.8810 & 0.8840 & 0.9390 & 0.9370 & 0.9770 & 0.9810 & 0.9670 & 0.9670 & 0.9490 & 0.9490 & 0.9610 & 0.9610 & 0.913 & 0.9090 & 0.9720 & 0.9460 \\ 0.6304 & 0.6095 & 0.5622 & 0.8033 & 0.1872 & 0.7674 & 0.2459 & 0.9173 & 0.7273 & 0.9532 & 1.0000 & 0.8062 & 0.8737 & 0.7081 & 0.5347 & 0.8743 & 0.7890 \\ 0.3696 & 0.3905 & 0.4378 & 0.1967 & 0.8128 & 0.2326 & 0.7541 & 0.0827 & 0.2727 & 0.0468 & 0.0000 & 0.1938 & 0.1263 & 0.2919 & 0.4653 & 0.1257 & 0.2110 \\ 0.3369 & 0.6983 & 0.6903 & 0.7829 & 0.4380 & 0.6049 & 0.0820 & 1.0000 & 0.7571 & 1.0000 & 1.0000 & 0.5673 & 0.5853 & 0.7099 & 0.7176 & 0.8222 & 1.0000 \\ 0.6631 & 0.3017 & 0.3097 & 0.2171 & 0.5620 & 0.3951 & 0.9180 & 0.0000 & 0.2429 & 0.0000 & 0.0000 & 0.4327 & 0.4147 & 0.2901 & 0.2824 & 0.1778 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1780 & 0.3100 & 0.7921 & 0.1054 & 0.0000 & 0.3484 & 0.5893 & 0.0000 & 0.7504 & 0.8040 & 0.5415 & 0.7196 & 0.6236 & 0.1318 & 0.7665 & 0.6280 \\ 1.0000 & 0.8220 & 0.6900 & 0.2079 & 0.8946 & 1.0000 & 0.6516 & 0.4107 & 1.0000 & 0.2496 & 0.1950 & 0.4585 & 0.2804 & 0.3764 & 0.8682 & 0.2335 & 0.3720 \\ 0.0035 & 0.0000 & 0.0000 & 0.5836 & 0.0000 & 0.5021 & 0.1216 & 0.5763 & 0.4049 & 0.9780 & 0.7585 & 0.1905 & 0.3240 & 0.4841 & 0.0000 & 1.0000 & 0.5924 \\ 0.9965 & 1.0000 & 1.0000 & 0.4164 & 1.0000 & 0.4979 & 0.8784 & 0.4237 & 0.5951 & 0.0220 & 0.2415 & 0.8095 & 0.6760 & 0.5159 & 1.0000 & 0.0000 & 0.4076 \\ 0.5850 & 0.7828 & 0.7542 & 1.0000 & 0.6837 & 0.5970 & 0.0000 & 0.7571 & 0.6667 & 0.8171 & 0.8993 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.2235 & 0.9565 & 0.4456 \\ 0.4150 & 0.2172 & 0.2458 & 0.0000 & 0.3163 & 0.4030 & 1.0000 & 0.2429 & 0.3333 & 0.0829 & 0.1007 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.7765 & 0.0035 & 0.5544 \end{bmatrix}$$

$$c_{ij} = \begin{bmatrix} \langle 0.6304, 0.5000, 0.3696\rangle & \langle 0.6095, 0.5000, 0.3905\rangle & \langle 0.5622, 0.5000, 0.4378\rangle & \langle 0.8033, 0.5000, 0.1967\rangle & \langle 0.1872, 0.5000, 0.8128\rangle & \langle 0.7624, 0.5000, 0.2326\rangle & \langle 0.2459, 0.5000, 0.7541\rangle & \langle 0.9173, 0.5000, 0.0827\rangle & \langle 0.7273, 0.5000, 0.2727\rangle & \langle 0.9532, 0.5000, 0.0468\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.8062, 0.5000, 0.1938\rangle & \langle 0.8737, 0.5000, 0.1263\rangle & \langle 0.7081, 0.5000, 0.2919\rangle & \langle 0.5347, 0.5000, 0.4653\rangle & \langle 0.8743, 0.5000, 0.1257\rangle & \langle 0.7890, 0.5000, 0.2110\rangle \\ \langle 0.3369, 0.5000, 0.6631\rangle & \langle 0.6983, 0.5000, 0.3017\rangle & \langle 0.6903, 0.5000, 0.3097\rangle & \langle 0.7829, 0.5000, 0.2171\rangle & \langle 0.4380, 0.5000, 0.5620\rangle & \langle 0.6049, 0.5000, 0.3951\rangle & \langle 0.0820, 0.5000, 0.9180\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.7521, 0.5000, 0.2429\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.5673, 0.5000, 0.4327\rangle & \langle 0.5853, 0.5000, 0.4147\rangle & \langle 0.7099, 0.5000, 0.2901\rangle & \langle 0.7176, 0.5000, 0.2824\rangle & \langle 0.8222, 0.5000, 0.1778\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.2110\rangle \\ \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.1780, 0.5000, 0.8220\rangle & \langle 0.3100, 0.5000, 0.6900\rangle & \langle 0.7921, 0.5000, 0.2079\rangle & \langle 0.1054, 0.5000, 0.8946\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.3484, 0.5000, 0.6516\rangle & \langle 0.5893, 0.5000, 0.4107\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.7504, 0.5000, 0.2496\rangle & \langle 0.8040, 0.5000, 0.1950\rangle & \langle 0.5415, 0.5000, 0.4585\rangle & \langle 0.7196, 0.5000, 0.2804\rangle & \langle 0.6236, 0.5000, 0.3764\rangle & \langle 0.1318, 0.5000, 0.8682\rangle & \langle 0.7665, 0.5000, 0.2335\rangle & \langle 0.6280, 0.5000, 0.3720\rangle \\ \langle 0.0035, 0.5000, 0.9965\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.5836, 0.5000, 0.4164\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.5021, 0.5000, 0.4979\rangle & \langle 0.1216, 0.5000, 0.8784\rangle & \langle 0.5763, 0.5000, 0.4237\rangle & \langle 0.4049, 0.5000, 0.5951\rangle & \langle 0.9780, 0.5000, 0.0220\rangle & \langle 0.7585, 0.5000, 0.2415\rangle & \langle 0.1905, 0.5000, 0.8095\rangle & \langle 0.3240, 0.5000, 0.6760\rangle & \langle 0.4841, 0.5000, 0.5159\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.5924, 0.5000, 0.4076\rangle \\ \langle 0.5850, 0.5000, 0.4150\rangle & \langle 0.7828, 0.5000, 0.2172\rangle & \langle 0.7542, 0.5000, 0.2458\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.6837, 0.5000, 0.3163\rangle & \langle 0.5970, 0.5000, 0.4030\rangle & \langle 0.0000, 0.5000, 1.0000\rangle & \langle 0.7571, 0.5000, 0.2429\rangle & \langle 0.6667, 0.5000, 0.3333\rangle & \langle 0.8171, 0.5000, 0.0829\rangle & \langle 0.8993, 0.5000, 0.1007\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 1.0000, 0.5000, 0.0000\rangle & \langle 0.2235, 0.5000, 0.7765\rangle & \langle 0.9565, 0.5000, 0.0035\rangle & \langle 0.4456, 0.5000, 0.5544\rangle \end{bmatrix}$$

Here, the parameters $\{q_1, q_2, q_3, q_5, q_6, q_7, q_9, q_{15}\}$ has negative effect on decision-making process. Since an *fpfs*-matrix is generated by positive effects, the values belonging to the negative parameters are subtracted from 1 to construct the *fpfs*-matrix $[a_{ij}]$. The same normalization process is applied to generate the valid *ifpifs*-matrix $[b_{ij}]$. Later, we applied the d PEM methods to *fpfs*-matrices $[a_{ij}]$, EA19 method is employed for the *ifpifs*-matrix $[b_{ij}]$. PFPEM is applied by utilizing *pf*-matrix $[c_{ij}]$.The resulting decision sets and ranking orders derived from these methods are presented in Tables 3 and 4.

Table 3. Decision sets generated by PEM $[a_{ij}]$,EA19 $[b_{ij}]$ *and* PFPEM$[c_{ij}]$

Method	Decision Sets
PEM	{$^{0.9410}$Wind, $^{0.9248}$Solar Energy , $^{0.3760}$Geothermal, $^{0.2780}$Biomass, ^{1}Hydroelectric}
EA19	{$^{0.7758}$Wind, $^{0.9776}$Solar Energy , $^{0.4656}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric}
PFPEM	{$^{0.9714}$Wind, $^{0.9365}$Solar Energy , $^{0.1566}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric}

Table 4. Ranking orders generated by PEM $[a_{ij}]$,EA19 $[b_{ij}]$ *and* PFPEM$[c_{ij}]$

Method	Ranking Orders
PEM	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Solar Energy $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric
EA19	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
PFPEM	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Solar Energy $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric

As shown in Table 4, the ranking results indicate that PEM and PFPEM produce identical rankings. Moreover, all three methods consistently identify Hydroelectric as the most favorable renewable energy source for Türkiye, based on the data in Tables 1 and 2. While, Biomass is ranked as the least preferred option.

We also provide a comparison between the previously mentioned ranking orders and those obtained from widely used classical MCDM methods such as TOPSIS (Hwang and Yoon,1981), COPRAS (Zavadskas et al., 1996), and MULTIMOORA (Brauers and Zavadskas, 2010), along with their fuzzy extensions: Fuzzy-TOPSIS (Chen, 2000), Fuzzy-COPRAS (Zavadskas and Antucheviciene, 200,7), and Fuzzy MULTIMOORA (Baležentis et al., 2012). These methods are applied to the same decision-making problem to evaluate the consistency and reliability of the proposed approach in terms of ranking stability and methodological robustness, as shown in Table 7.

Table 5. Decision Sets Obtained from Classical and Fuzzy Versions of COPRAS, TOPSIS, and MULTIMOORA Methods

Method	Decision sets
TOPSIS	$\{^{0.9494}$Wind, $^{0.9963}$Solar Energy , $^{0.2581}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$
COPRAS in (Karaaslan and Aydın, 2020)	$\{^{0.7715}$Wind, $^{0.9863}$Solar Energy , $^{0.0842}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$
MULTIMOORA in (Karaaslan and Aydın, 2020)	$\{^{0.6527}$Wind, $^{0.9365}$Solar Energy , $^{0.003}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$
F-TOPSIS	$\{^{0.9110}$Wind, $^{0.9248}$Solar Energy , $^{0.1482}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$
F-COPRAS	$\{^{0.9392}$Wind, $^{0.8806}$Solar Energy , $^{0.2015}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$
F-MULTIMOORA	$\{^{0.5}$Wind, $^{0.9}$Solar Energy , $^{0.1}$Geothermal, ^{0}Biomass, ^{1}Hydroelectric$\}$

Table 6. The ranking orders generated by PEM, EA19, and PFPEM and provided in (Karaaslan and Aydın, 2020) and their fuzzy version

Decision-Making Methods	Matrix	Ranking Orders
PEM	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Solar Energy $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric
EA19	$[b_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
PFPEM	$[c_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Solar Energy $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric
TOPSIS	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
COPRAS in (Karaaslan & Aydın, 2020)	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
MULTIMOORA in (Karaaslan & Aydın, 2020)	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
F-TOPSIS	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Solar Energy $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric
F-COPRAS	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Solar Energy $\prec$ Hydroelectric
F-MULTIMOORA	$[a_{ij}]$	Biomass $\prec$ Geothermal $\prec$ Wind $\prec$ Hydroelectric $\prec$ Solar Energy

Table 6 indicates that the ranking results obtained using various classical and fuzzy MCDM methods demonstrate the consistency and reliability of the PFPEM. All methods ranked Biomass as the lowest preferred alternative and Hydroelectric as the highest, indicating a consensus. PFPEM produced results that were largely consistent with the classical techniques; in fact, it achieved the same ranking as the PEM and F-TOPSIS. This indicates that PFPEM is a stable and valid method for decision-making processes.

CONCLUSION

Energy is the cornerstone of sustainable development and has a strategic role in achieving countries' economic, environmental, and social goals. Energy planning is vital for countries like Türkiye, where energy demand is rapidly increasing and where they want to increase resource diversity. In this context, many criteria should be considered in decision-making processes, and uncertainties should be managed effectively.

This study applied the PFPEM method to model the uncertainty environment more realistically in evaluating Türkiye's renewable energy resources. Unlike classical and fuzzy decision-making methods, PFPEM offers an assessment closer to the human mindset by simultaneously considering membership, opposition, and neutrality degrees. *pf*-set structures provide a more flexible and comprehensive modeling opportunity, especially in multidimensional and uncertain decision problems like energy.

The results of the PFPEM method were compared with classical MCDM methods such as TOPSIS, COPRAS, MULTIMOORA, which are widely used in the literature, and their fuzzy extensions (F-TOPSIS, F-COPRAS, F-MULTIMOORA). A high level of consistency was observed between the rankings obtained. In particular, the fact that Hydroelectric was determined as the best option and Biomass as the lowest option in almost all methods reinforced the reliability of PFPEM and its robustness in decision support. It has also been evaluated alongside the PEM method using *fpfs*-matrices. Despite relying on different informational frameworks both methods yielded identical ranking results.

As a result, the PFPEM method can be evaluated as an effective decision support tool in strategic areas with high uncertainty, such as energy planning. Its sensitivity to neutral information and its high compatibility with other methods make PFPEM a strong alternative in future studies.

REFERENCES

Adefarati, T., Obikoya, G.D., Sharma, G., Onaolapo, A.K., Akindeji, K.T.: Design and feasibility analysis of grid-connected hybrid renewable energy system: perspective of commercialbuildings. Energy Syst. (2023). https:// doi. org/ 10. 1007/ S12667- 023- 00578-Z/ TABLES/ 15

Afrane, S., Ampah, J. D., Yusuf, A. A., Mensah, E. A., Oti, J. B., Asante, D., ... & Carli, G. (2021). Prioritizing renewable energy sources for electrification in Ghana: A decision support framework using fuzzy theory. SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.3941689

Akpahou, R., & Odoi-Yorke, F. (2023). A multicriteria decision-making approach for prioritizing renewable energy resources for sustainable electricity generation in Benin. Cogent Engineering, 10(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/

Ali, T., Ma, H., & Nahian, A. J. (2019). Analysis of renewable energy technology selection in the southern region of Bangladesh using hybrid MCDM method. International Journal of Renewable Energy Research, 9(4), 1838–1848.

Asakereh, A., Soleymani, M., & Safieddin Ardebili, S. M. (2022). Multi-criteria evaluation of renewable energy technologies for electricity generation: A case study in Khuzestan province, Iran. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 52, 102220. https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102220

Atanassov, K.T., Intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets Syst., 20(1986), 87–96. 14

Atanassov, K.T., Intuitionistic fuzzy sets, In V. Sgurev, editor, VII ITKR's Session, Sofia, June 1983, Sofia, Bulgaria, Central Sci. and Techn. 12 Library, Bulg. Academy of Sciences. 13

Atanassov, K.T., Stoeva, S., Intuitionistic fuzzy sets, In V. Sgurev, editor, Polish Symp. On Interval & Fuzzy Mathematics, Poznan, 1983

Baležentis, A., Baležentis, T., & Brauers, W. K. (2012). Personnel selection based on computing with words and fuzzy MULTIMOORA. *Expert Systems with applications*, *39*(9), 7961-7967.

Büyüközkan, G., & Güleryüz, S. (2016). An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey. International Journal of Production Economics, 182, 435–448. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.015

Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. *Technological and economic development of economy, 16*(1), 5-24.
Ceylan, A. B., Aydın, L., Nil, M., Mamur, H., Polatoğlu, İ, & Sozen, H. (2023). A new hybrid approach in selection of optimum establishment location of the biogas energy production plant. *Biomass Conversion and Biorefinery, 13*(7), 5771–5786. https:// doi. org/ 10. 1007/ s13399-021- 01532-8
Chen, T. (2000), "Extensions Of The TOPSIS For Group Decision Making Under Fuzzy Environment", Fuzzy Sets And Systems, 114, 1-9
Cuong, B.C., Picture fuzzy sets-first results. Part 1, In Seminar Neuro-Fuzzy Systems with Applications, Hanoi, Vietnam, 2013. Tech. rep., 17 Institute of Mathematics.
Değirmenci, S., Bingöl, F., & Sofuoglu, S. C. (2018). MCDM analysis of wind energy in Turkey: decision making based on environmental impact. *Environmental Science and Pollution Research, 25*, 19753-19766.
Emeksiz, C., & Yuksel, A. (2022). A suitable site selection for sustainable bioenergy production facility by using hybrid multi-criteria decision-making approach, case study: Turkey. *Fuel, 315*, 123214. https:// doi. org/ 10. 1016/j. fuel. 2022. 123214
Enginoglu, S., Cağman, N., (2020) Fuzzy parameterized fuzzy soft matrices and their application in decision-making, TWMS J. of Apl. & Eng. Math., 26 10(4)(2020), 1105–1115.
Garni, H., Awasthi, A., & Ramli, M. A. M. (2016). A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 16, 137–150. https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.05.006
Hwang, C.L., Yoon, K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications—A State-of-the-Art Survey; Springer: Berlin/Heidelberg,Germany, Volume 186, pp. 58–191
Karaaslan, A., Aydın, S (2020). Evaluation of Renewable Energy Resources with Multi-Criteria Decision-Making Techniques: The Case of Turkey" Ataturk University Journal of Economics and Administrative Sciences, Volume 34, Number 4, pp.1351-1375,

IEA, "World energy outlook 2024 – analysis - IEA," 2025. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024

Irena, D. B., Zusammenarbeit, D., & Für, G. (2021). The renewable energy transition in Africa powering access, resilience and prosperity on behalf of the.
Lee, H.-C., & Chang, C.-T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92, 883–896. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.007
Memis, S. (2021). A study on picture fuzzy sets. In Proceedings of 7th IFS Contemporary Mathematics and Engineering Conference, Türkiye (pp. 125-132).
Memiş, S. (2022). Another view on picture fuzzy soft sets and their product operations with soft decision-making. Journal of New Theory, (38), 1-13.
Memiş, S. (2023a). Picture Fuzzy Soft Matrices and Application of Their Distance Measures to Supervised Learning: Picture Fuzzy Soft k-Nearest Neighbor (PFS-kNN). Electronics, 12(19), 4129.
Memiş, S. (2023b). Picture fuzzy parameterized picture fuzzy soft sets and their application in a performance-based value assignment problem to salt-and-pepper noise removal filters. International Journal of Fuzzy Systems, 25(7), 2860-2875.
Naeem, K., & Memiş, S. (2023). Picture fuzzy soft σ-algebra and picture fuzzy soft measure and their applications to multi-criteria decision-making. Granular Computing, 8(2), 397-410.

Naeem, K., Memiş, S., & Azeem, S. (2025). Picture Fuzzy Topological Spaces with Picture Fuzzy Prevalence Effect Method for Group Decision-Making. Turkish Journal of Mathematics and Computer Science, 17(1), 212-231. https://doi.org/10.47000/tjmcs.1615488

Pathak, S. K., Sharma, V., & Chougule, S. S. (2022). Prioritization of renewable energy alternatives using analytic hierarchy process (AHP) model: A case study in India. In Lecture Notes in Mechanical Engineering (pp. 103–118). https://doi.org/10.1007/978-981-16-7059-6_10

Sekeroglu, A., & Erol, D. (2023). Site selection modeling of hybrid renewable energy facilities using suitability index in spatial planning. *Renewable Energy*, *219*, 119458.

Qazi, A., Bhowmik, C., Hussain, F., Yang, S., Naseem, U., Adebayo, A.-A., Gumaei, A., & Al-Rakhami, M. (2023). Public opinion analysis as a guide to the status of renewable energy in Malaysia: A case study. IEEE Transactions on Engineering Management, 70(2), 371–385. https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3046749

Tasri, A., & Susilawati, A. (2014). Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 7, 34–44. https://doi.org/10.1016/j.seta.2014.02.008

TEIAS, “Turkiye elektrik uretim-iletim istatistikleri,” 2025. https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-ile tim-istatistikleri

Tulun, Ş., Arsu, T., & Gürbüz, E. (2023). Selection of the most suitable biogas facility location with the geographical information system and multi-criteria decision-making methods: a case study of Konya Closed Basin, Turkey. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *13*(4), 3439-3461.

Van Thanh, N. (2022). Selection of sustainable energy source for industrial complex in Vietnam: A fuzzy MCDM approach. IEEE Access, 10, 50692–50701. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3173609

Yazdani, M., Torkayesh, A. E., Santibanez-Gonzalez, E. D., & Otaghsara, S. K. (2020). Evaluation of renewable energy sources using integrated Shannon entropy–EDAS model. Sustainable Operations and Computers, 1, 35–42. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2020.12.002

Yucenur, G. N., Caylak, Ş, Gonul, G., & Postalcıoğlu, M. (2020). An integrated solution with SWARA and COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy*, *145*, 2587–2597. https:// doi. org/ 10. 1016/j. renene. 2019. 08. 011

Zadeh, L. A., Fuzzy sets, Inf. Control, 8(1965), 338–353

Zavadskas, E. K., & Kaklauskas, A. (1996). Multicriteria evaluation of building (Pastatų sistemotechninis įvertinimas). Vilnius: Technika.

Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2007). Multiple criteria evaluation of rural building's regeneration alternatives. *Building and Environment*, *42*(1), 436-451.

EVALUATION OF BINGOL UNIVERSITY STREET IN TERMS OF BARRIER-FREE LANDSCAPE APPROACHES AND ACCESSIBILITY

Res. Ass., İlknur YAZICI
Bingöl University,
iyazici@bingol.edu.tr - 0009-0003-9134-2654
Asst. Prof. Dr., Ayşenur AKBANA
Bingöl University,
abektas@bingol.edu.tr - 0000-0003-0394-7278

ABSTRACT

Disability can be defined as an individual's difficulty in fulfilling daily life activities due to any physical, sensory, mental or social limitation. In this direction, one of the basic principles of contemporary urban life is to ensure that all individuals - regardless of their disability status - can access and benefit from public and private spaces equally. In the discipline of landscape architecture, the concepts of 'barrier-free design' and 'accessibility' are of great importance in the creation of inclusive, functional and aesthetic urban spaces for everyone. Within the scope of this study, University Street in the central district of Bingöl province was selected as a sample area and this area was evaluated in the context of barrier-free landscape approaches and accessibility. Accessibility principles and barrier-free landscape design approaches were explained through a literature review, and the current situation was analysed in the light of these principles through observations in the field. The findings revealed that University Street is currently inadequate in terms of accessibility for physically disabled individuals, the elderly, children and individuals using prams. As a result, various physical and functional improvement suggestions that can be used in landscape design have been developed to make the area more inclusive.

Keywords: Bingol University Street, Barrier-Free Landscape, Accessibility, Urban Design

1. INTRODUCTION

In the Law No. 5378 'Law on Persons with Disabilities', the term 'Disabled' describes an individual who is affected by attitudes and environmental conditions that limit his/her full and effective participation in society on equal terms with other individuals due to various levels of loss of physical, mental, spiritual and sensory abilities (Mülayim & Azsöz, 2020).

One of the solutions to the accessibility problem of disabled people in urban space is the 'barrier-free or accessible city' approach. Cities are recognised as the main social, cultural, economic and political spaces of today. The idea of a barrier-free city is based on the fact that disabled people can move comfortably in this space and can access all kinds of resources,

services and the physical environment without discrimination between public and private when they need them. In this way, it is aimed that disabled people can be included in all areas of life and have an independent, quality life (Erten & Aktel, 2020).

The concept of 'Universal Design' is a design concept that has emerged in line with the design of space, product, environment and equipment that everyone can access and use equally for all human masses, including people with disabilities. This design approach can cover scales ranging from product design, architecture dealing with the design of the physical environment, landscaping, urban design, simple systems that provide environmental control to complex information technologies (Tandoğan, 2017). Universal Design offers a strategic framework that can be adapted to different scales (region, city, neighbourhood, building, product, etc.) and provides an effective framework for urban planning discipline with its egalitarian approach covering all segments of society (Ergin et al., 2020). In 1997, a working group of architects, product designers, engineers and environmental design researchers at North Carolina State University identified seven principles of Universal Design (Story, 2001). The first of these seven basic principles, developed at North Carolina State University, is the principle of equitable use, which refers to a design approach that everyone can benefit from in the same way. The principle of flexibility in use supports solutions that can adapt to individual preferences and abilities. The principle of simple and intuitive use aims to make the product or space easy to understand and use, while the principle of perceptible information ensures that users can effectively receive the information they need. The principle of tolerance for error is a design approach that reduces the risk of possible user errors. While the principle of low physical effort envisages that users can use the space with minimum effort; the principle of appropriate size and space ensures that the dimensions suitable for everyone's access are taken into account by considering individual differences (Story, Mueller & Mace, 1998). These principles guide the creation of accessible, safe, understandable and comfortable public spaces in landscape architecture (Tandoğan, 2017). The realisation of accessibility principles in the planning and management of urban open and green areas ensures that these areas are used more, supports social cohesion and increases the quality of urban life.

'Accessible city for all' refers to a city that has spaces, services and services that are independently accessible, safe and comfortable for everyone, independently accessible, with the fact that all individuals living in the city or visiting the city can be young-older, male-female, permanently or temporarily disabled, pregnant, overweight, illiterate, non-linguistic, visually, orthopedically, hearing impaired, or even have more than one of these characteristics, and this list describing the differences in individuals can be much longer (Uslu & Güneş, 2017). In short, accessibility can be defined as providing the minimum infrastructure that allows city dwellers to benefit equally from the opportunities offered by the city administration (Kara, 2021).

Accessibility to needs, resources and services is a valid and necessary condition for all individuals and is conceptualised as accessibility and is mostly considered as a spatial element. In this context, according to the traditional acceptance, accessibility is defined as 'the ease of reaching goals' (Duranton & Guerra, 2016). Based on the definition, the concept refers to 'being able to go from one place to another in the desired time, economically, safely, comfortably and without harming the environment or being able to get close to the destination' (Kuntay, 2006).

This study draws attention to the physical accessibility problems faced by the disabled, the elderly, children and individuals with reduced mobility in public spaces within the framework of the concept of accessible city for all. In this direction, University Street, located within the borders of Bingöl city centre, was selected as a sample area and the current situation of the area was evaluated in line with the principles of accessibility and barrier-free landscape design. In line with the findings obtained as a result of the literature review and field observations, physical and functional improvement suggestions have been developed to make the area more inclusive. In this context, the study aims to contribute to the discipline of landscape architecture to make urban spaces accessible and usable for everyone.

2. MATERIAL AND METHODS

This study aims to evaluate the current situation of this area in terms of barrier-free landscape approaches and accessibility by selecting University Street, which is frequently used by both urbanites and students, as a sample area in the central district of Bingöl province. The method of the study consists of two main stages: literature review and field investigation. In the first stage, a literature review on accessibility principles and barrier-free environmental design was conducted. In the second stage, on-site observations were made on University Street and the current situation was analysed in the light of the accessibility principles identified in the literature with the help of photographs taken. Within the scope of this analysis, stops, pedestrian paths and sidewalks, parking areas, urban furniture and equipment, building entrances and ramps and road planting on the street were evaluated in terms of compliance with accessibility standards. As a result of the examinations, areas requiring improvement to increase accessibility on University Street were identified.

The accessibility and suitability for use of the physical spaces on Bingöl University Street were examined and evaluated based on the standards of “Urban Roads - Design Rules for Structural Measures and Markings for Accessibility on Pavements and Pedestrian Crossings” (TS 12576). TS 12576 is a Turkish standard that sets accessibility standards for disabled and elderly people on urban roads. This standard provides a guide to the structural measures (e.g. pavement slopes, ramps, pedestrian crossings) and markings (tactile surfaces, ground guidance, visual and audible warnings) that should be installed in areas such as streets, avenues and squares. The aim is to ensure that people with mobility limitations can use these areas freely, safely and freely like healthy individuals (Anonymous, 2012).

2.1. Study Areas

University Street (Figure 1) in the centre of Bingöl city, located in the Upper Euphrates section of the Eastern Anatolia Region of Turkey, was selected as the study area.

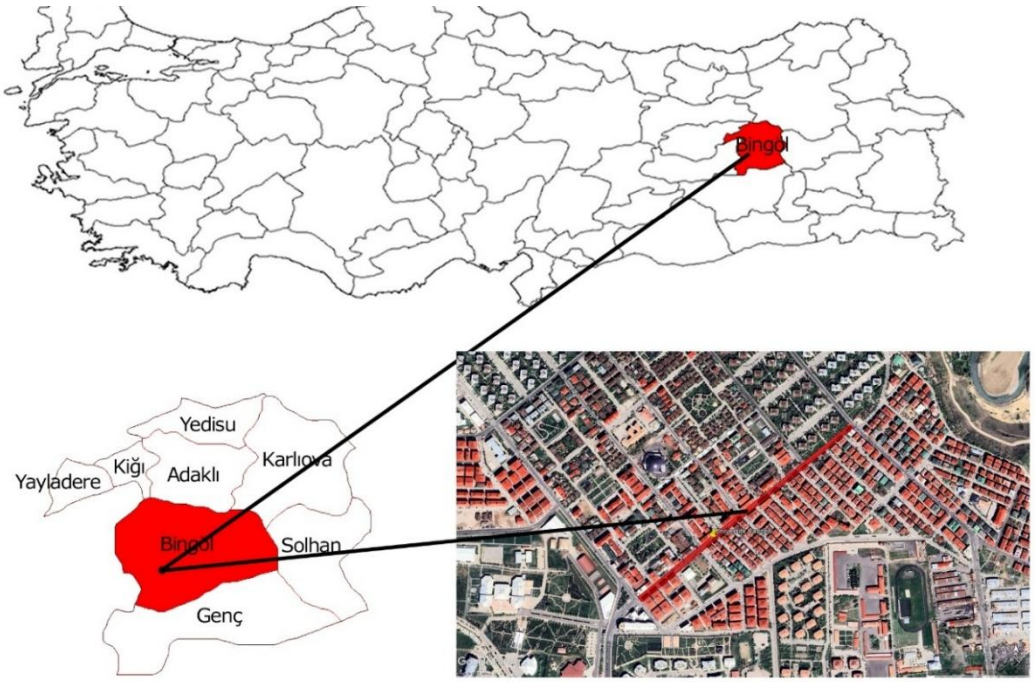


Figure 1. Study Area

3. FINDINGS AND DISCUSSION

3.1. Findings

As a result of the analyses, it has been determined that the existing physical structure of University Street does not meet the accessibility criteria for disabled people, elderly people, children and people using baby strollers. The main factors that cause this situation are; non-standard ramp slopes, slippery or broken surface coatings, lack or incorrect positioning of directional signs and inadequate lighting. In addition, the haphazard placement of some urban equipment elements such as electrical panels and rubbish bins adversely affect pedestrian flow and limit accessibility.

3.1.1. Bus Stops

During the investigations carried out within the scope of the study area, it was determined that there is no designated public transport stop on the street and there are no directive signs or markings related to it. Buses randomly stopping on the route, picking up and dropping off passengers, both pose a risk in terms of traffic safety and restrict the right to independent transport, especially for disabled people.

The fact that there is no fixed location of the stop at public transport access points creates uncertainty for the users; this situation makes the wayfinding process difficult for all users, especially for visually and hearing impaired individuals. In addition, the lack of ramp arrangements at an appropriate slope between the pavement and the carriageway in the stopping areas prevents wheelchair users and individuals with reduced mobility from safely accessing public transport.

3.1.2. Walkways and Pavements

Since pedestrian roads and pavements are the elements that connect different functions, structures and areas in the outdoor space, they should be designed and implemented to ensure accessibility, especially for people with reduced mobility, taking into account the needs of all

individuals. Accordingly, these areas should be safe, clean, unobstructed, of sufficient width, organised and easily navigable by users.

A barrier-free pedestrian pavement should be at least 1.50 m wide and ideally 2.00 m wide to ensure accessibility. The width of the pavement should be designed and implemented to be at least 3.00 m in areas of intensive use such as bus stops. The maximum ramp slope on the surface should be 5% and maximum 2% for disabled ramps. Walkways and ramps should be covered with a smooth, non-slip and durable surface material (TS 12576).

In the surveyed areas, it was found that some pavements were covered with sand, soil and construction materials due to construction activities (Figure 2). This situation both completely prevents the passage of pedestrians and causes the sensible surfaces that provide orientation for visually impaired individuals to become unusable. Accessibility is seriously damaged in these areas where axis continuity is disrupted.

It has been observed that there are no pedestrian crossing lines on the street. However, the location and surface markings of pedestrian crossings should be made clear by supporting them with visual contrast. In terms of pedestrian safety and orientation, the lack of these markings constitutes a serious accessibility problem.

In addition, it has been determined that there are drainage problems in the area due to surface slopes and inadequacy of water drainage systems. This situation both causes slippery surfaces and negatively affects safe and unobstructed pedestrian mobility.



Figure 2. Walkways

3.1.3. Car Parking Lots

It should be ensured that disabled people can access car parks in the shortest distance. For this reason, the distance of the parking area from the residential unit should not exceed 25 metres at most, preferably 10 metres. The width of the parking spaces reserved for wheelchair users should be at least 2.50 metres and an access corridor at least 1.40 metres wide should be left between two adjacent parking spaces (TS 12576).

It has been observed that the pavements do not have a guiding integrity, different floor textures are placed randomly and the surface continuity is interrupted (Figure 3).

It was observed that there is no defined car parking area on the street and users park their vehicles haphazardly on the roadside. This situation both narrows the crossing routes of pedestrians and eliminates the functionality of the directional surfaces, which are important in

terms of accessibility. These unplanned parking practices, which create serious physical obstacles especially for wheelchair users and users with baby strollers, prevent the safe and uninterrupted use of pavements.

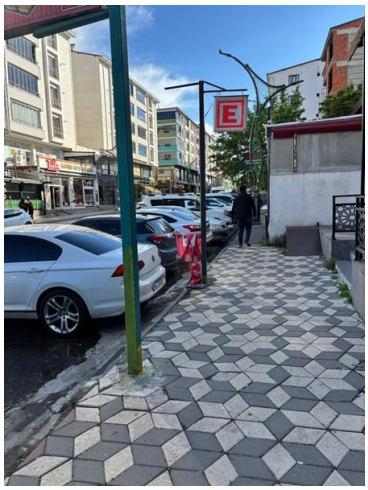


Figure 3. Car Parking Lot

3.1.4. Urban Furniture and Equipment

Urban furniture includes benches, lighting lamps, telephone booths, rubbish bins, plant crates, bus stops and sign/information signs (WDU, 2024).

It is seen that the urban furniture in Figure 4 is placed randomly on the orientating surfaces. This situation creates serious access barriers especially for visually impaired individuals and damages the safety of wayfinding.



Figure 4. Urban Equipment Elements

3.1.5 Building Entrances and Ramps

Ramps should be designed at the edges of the pavement so that wheelchair users can pass to the lower level of the pavement without obstacles. The slope of the ramp to be designed should not be steep, and non-slippery material should be used in accordance with the accessibility of the wheelchair. Walkway and ramp slopes should not exceed 1:20 (5% slope). The slope of the pavement section should be less than 2% in order to prevent problems especially for wheelchair users on pedestrian pavements (TS 12576).

Although there are no pedestrian crossings on University Street, the lack of ramps at an appropriate slope between the pavement and the road makes transportation difficult, especially for individuals with mobility limitations. A ramp connection is provided between the pavement and the carriageway at only one point in the area, and no such solution has been produced at other transition points. The gutters on the border between the pavement and the road constitute an additional obstacle for wheelchair users and baby strollers.

Only 18% of the 106 building entrances have level entrances, 23% have ramps, but 1% are steep and unusable. 61% have no ramps.



Figure 5. Entrance and Ramps

3.1.6. Street planting

The placement of plants used as border elements is of great importance in the planting of the pavement. Trees, shrubs and other vegetative elements to be planted at the edge of the carriageway and the pavement should be planned in such a way that they do not interfere with pedestrian circulation, do not interrupt the pavement and especially do not interfere with the orientation surfaces (for the visually impaired). According to TS 12576 standard, a strip of at least 75 cm, preferably 1.2 m wide, should be left uninterrupted and unobstructed along the pedestrian pavement.

The height of the branches overhanging the walking area on the road should be at least 220 cm; plants that may cause danger such as thorny, slippery surfaces or fruit/seed shedding species should not be used. In cases where the pavement width is less than 200 cm, afforestation is strongly discouraged (Çakar, 2021).

As can be seen in Figure 6, the current planting application should be considered within the scope of border planting; however, this application has been carried out in a way that prevents the pedestrian axis. However, within the framework of an unobstructed landscape approach, border planting should be arranged in a way that does not obstruct the opposite. In such planting applications, especially the surroundings of elements such as trees and shrubs should be marked with noticeable stimulating surface elements.



Figure 6. Planting

3.2. Discussion

Despite the intensive use of Bingöl University Street, inconsistencies were observed in the width of the pedestrian road. In some sections, the road width reaches 200 cm, while in other sections, the width is inadequate, such as 70, 89 and 90 cm. This makes it difficult for pedestrians to walk comfortably and for two people to pass each other.

The surfaces of the pedestrian paths and pavements on the street have deteriorated due to the lack of suitable materials. These deteriorations negatively affect both walking comfort and safety.

The ramps designed to eliminate the level differences between the building entrances on the street are not suitable for accessibility due to their excessively steep slopes. In addition, rain gutters and curbs at the end points of these ramps pose a potential danger to pedestrians. No suitable ramp solutions have been developed for the level differences along the pedestrian route. In addition, lighting poles, electrical transformers and stalls and chairs placed on the pavements by tradesmen constitute physical obstacles for all individuals.

Planting applications were included in narrow sections of pedestrian paths below 200 cm, but plants with a head clearance of only 130 cm were used in these areas. In addition, the height of the signboards from the ground is determined as 140 cm, which poses a problem in terms of pedestrian safety and perception.

Finally, although a car parking area is planned on the street, there is no special car parking area reserved for disabled people. This situation is an important deficiency in terms of transport and access rights of disabled people.

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Barrier-free environmental design aims to create spaces that are suitable for everyone to use, safe and independent, and this approach includes physical arrangements such as ramps, lifts, signage and appropriate floor coverings, as well as sensory solutions such as audio and visual warning systems.

As a result, various physical and functional improvement suggestions have been developed that can be used in landscape design to make University Street in Bingöl province more inclusive.

Ramp Improvements: The slopes of the existing ramps should be adapted to accessibility standards. The surfaces of the ramps should be covered with anti-slip materials and the start and end points of the ramps should be clearly marked. Arrangements such as arranging ramps at the entrances of buildings and spaces and removing rain gutter curbs at the ends of the ramps

can provide disabled and non-disabled individuals with more comfortable and healthy walking opportunities.

Surface Material Selection: Surface materials used on pedestrian roads should be selected in such a way that they can be easily moved with wheelchairs and other mobility aids.

Guidance and Signage: Guidance signs on the street should be supported with Braille alphabet so that visually impaired individuals can also use them.

Lighting: The level of illumination on the street should be increased and the placement of lighting poles should be arranged in a way that does not obstruct pedestrian flow.

Uncontrolled construction activities on pavements both endanger pedestrian safety and hinder accessibility. In order to prevent such situations, it should be ensured that pavements are not occupied during construction processes; in mandatory cases, guiding surfaces should be protected and safe transition axes should be created with temporary barriers. It is of great importance for municipalities to increase their inspections in this regard in terms of barrier-free design principles. In terms of barrier-free landscape design, urban reinforcement elements should not be located on such directive axes, but in spaces parallel to or outside of them.

In line with barrier-free urban design approaches, the locations of public transport stops should be clearly defined and ramp solutions in accordance with standards should be provided together with information and guidance systems at these stops. Thus, equal and independent access opportunities can be developed for everyone.

With the realisation of these recommendations, it will be possible for University Street to become a more accessible, safe and comfortable living space for all individuals. It is thought that the findings obtained in this study may serve as an example for the improvement of similar streets in other cities.

In addition, it is of great importance to improve the physical structure of cities as well as the development of social policies and raising awareness of society about disability (Kara, 2020). Inability to access urban areas or spaces, restrictions in transportation are problems that can be easily solved and are not very costly within the budget (Söylemez, 2021). In order to overcome these problems, local governments and decision-makers should show more sensitivity to the issue.

The implementation of these recommendations will improve the quality of life of not only disabled people, but also a wide range of users such as the elderly, children, pregnant women and individuals with temporary mobility restrictions.

In pedestrian roads designed for accessibility, the continuity of the pavement surface is of great importance. Designing the surface pavements to create a sense of direction facilitates the safe movement of visually impaired individuals in particular, while providing spatial integrity for all users. In this context, the pavement flow should be continuous along an axis without interruption. In other words, in different areas such as pavements, transition areas, ramps or stairs, the flooring material should be consistent in terms of texture and alignment. Disruption of the axis or interruption of surface continuity makes it difficult for users to orientate and jeopardises the safety of movement. In particular, the abrupt end of tactile surfaces, ramp starts not supported by the flooring language, or abrupt transitions between different floor types are contrary to the principles of accessibility. For this reason, in areas planned with a barrier-free

design approach, the flooring flow should be handled as a whole, and design should be made with surfaces that have a guiding quality, textural and visual integrity.

REFERENCES

Anonymous, (2012). https://www.aile.gov.tr/eyhgm/mevzuat/ulusal-mevzuat/tebligler/sehir-ici-yollar-kaldirim-ve-yaya-gecitlerinde-ulasilabilirlik-icin-yapisal-onlemler-ve-isaretlemelerin-tasarim-kurallari-ile-ilgili-teblig/ (Accessed on: 12.06.2025)

Çakar, H. (2022). Engelsiz park tasarımında ergonomik yaklaşımlar. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1), 1-14.

Duranton, G. & Guerra, E. (2016). Developing a common narrative on urban accessibility: An urban planning perspective. Washington DC: Brookings.

Ergin, G., Kılıç, S. E., & Güney, M. E. (2020). Planlamada Evrensel Tasarım İlkeleri İle Erişilebilirlik Ağı Tasarımı, İzmit Kent Merkezi Örneği. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 49-82.

Erten, Ş., & Aktel, M. (2020). Engellilerin Erişebilirlik Hakkı: Engelsiz Kent Yaklaşımı Çerçevesinde Bir Değerlendirme. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 11(28), 898.

Kara, C. Ö. D. (2020). Sosyal Politika Bağlamında Engellilere Yönelik Hizmetlerin Çanakkale Belediyesi Örneğinde Analizi. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 18(1), 249.

Kara, C. Ö. D. (2021). Türkiye'de Mekânsal Erişilebilirliği Sınırlayan Altyapı Eksikliklerinin Engelli İstihdamına Etkisi. Sosyal Güvenlik Dergisi, 117.

Kuntay, O. (2006). Erişilebilirlik. Planlama, (1), 75.

Mülayim, A., & Azsöz, G. P. (2020). Tekerlekli Sandalye Kullanan Engellilerin Sosyal Hayata Katılımında En Büyük Engel; Yapılı Çevrede Yaşanan Problemler ve Çözüm Önerileri. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 357-382.

Söylemez, A. (2021). Yerel Yönetimler ve Erişilebilir Kentler: Sağlıklı Kentler Birliği'ne Üye Belediyeler Örneği. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD), 13(24), 78.

Story, M. F. (2001). Universal Design Handbook, Preiser W.F.E. (ed.). Chapter 4. Principles of Universal Design. Bostan: MacGraw Hill.

Story, M. F., Mueller, J. L., & Mace, R. L. (1998). The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities. Center for Universal Design, NC State University.

Tandoğan, O. (2017). Evrensel tasarım kavramı: kentsel peyzaj ile ilgili örnekler. Artium, 5(2), 51-66.

TS 12576, "Şehir İçi Yollar-Özürlü ve Yaşlılar İçin Sokak, Cadde, Meydan ve Yollarda Yapısal Önlemler ve İşaretlemelerin Tasarım Kuralları", Standardı, Ankara, 2012.

Uslu, A. O., & Güneş, M. (2017). Engelsiz Kentler-"Herkes İçin Erişilebilir Kentler". Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (IJLAR) E-ISSN: 2602-4322, 1(2), 30-36.

WDU, (2025). Engelliler İçin Evrensel Standartlar Kılavuzu, 'DU Accreditation Center, https://www.abttasarim.com/download/wdu-union-evrensel-cevre-standartlar-kilavuzu-24032024155613-tr.pdf (Accessed on: 12.06.2025)

FLEXIBLE DESIGN CRITERIA IN URBAN OPEN SPACES: AN EXAMINATION OF OPEN SPACE PRODUCTIONS IN THE LANDSCAPE ARCHITECTURE DISCIPLINE

Prof. Dr. Elif Merve ALPAK
Karadeniz Technical University
elifmervealpak@gmail.com- https://orcid.org/0000-0002-2306-4299
Prof. Dr. Tuğba DÜZENLİ
Karadeniz Technical University
tugbaduzenli@gmail.com- https://orcid.org/0000-0001-6957-3921
Research Ast. Nida KURAK SEZGİN
nidakurakk@gmail.com

ABSTRACT

This study emphasizes the importance of the flexible design approach in urban open spaces and examines how this approach can be applied within a theoretical and example-based framework. In line with changing user needs, social dynamics, and environmental conditions today, the principles of flexibility in open space design have been evaluated in the context of sustainability, multifunctionality, and user-centeredness. Within this scope, the open space designs produced in the Flexible Design and Site Production course at the Department of Landscape Architecture, Karadeniz Technical University, were examined according to the principles of flexible design. As a result, the aim was to instill in design students a multidimensional design understanding that can adapt to the changing needs and desires of users and to teach how this can be implemented within the course. The study found that a design approach focused on user satisfaction and adaptable to various uses was successfully integrated from theoretical knowledge into the application phase.

Key Words: Open Space, Flexible Design, Landscape Architecture Education

INTRODUCTION

Urban Open Spaces Play a Critical Role in the Social, Cultural, and Environmental Sustainability of Urban Life. Sustainability of social life, enhancement of individual well-being, and protection of environmental balance are of great importance. These types of spaces serve as centers where people can meet various needs. They are among the most important parts of

the city because they support users' quality of life, social culture, emotional and physical health, and socialization (Abdulkarim & Nasar, 2014; Madanipour, 2010; Aelbrecht, 2016).

Especially parks function as spaces where users connect with nature, engage in social interactions, and relax physically and mentally, thereby meeting user needs. Nowadays, due to changing social needs, user profiles, and environmental conditions, planning parks according to flexible design principles has become a necessity.

Flexible design criteria in open spaces aim to create areas that can accommodate changing user needs over time, support multifunctional uses, and adapt to environmental factors. In this context, flexible design is an approach that enables parks to be transformable in harmony with different user profiles, climatic changes, and social activities (Till & Schneider, 2007).

2. CONCEPT OF FLEXIBLE DESIGN

Flexible design is a design approach developed to allow physical spaces to adapt to changing conditions, user needs, and functional demands over time (Till & Schneider, 2007). Gehl (2011) defines flexible design as an understanding that aims to enable spaces in the built environment to adapt to changing functional, spatial, and social demands over time. This approach adopts a dynamic and adaptive spatial organization rather than a static one, especially in urban open spaces. In park areas, this approach supports multifunctional use, modular structural elements, user participation, and environmental compatibility. Thus, parks become living organisms that do not have fixed functions but evolve according to variable scenarios (Carmona, 2010). Aelbrecht (2016) noted that the flexibility of spaces allows them to accommodate planned or unplanned uses, temporary situations, events, or positive crowding, creating informal social behavior zones. These situations make the spaces livelier and foster social interaction (Alpak & Düzenli, 2018).

2.1. Dimensions of Flexibility in Open Spaces

Functional Flexibility

This refers to the ability of the same space to serve different functions for different users at different times, which emerges as a functional-aesthetic criterion (Madanipour, 2003). A space should allow for multiple uses rather than a single function. The space continuously renews according to different activities taking place; its function, design, and users constantly change (Alpak & Düzenli, 2018). An example of functional flexibility is an open space that serves as a sitting and resting area during the day but transforms into a concert or cinema area at night. Thus, spaces that can be used in different ways at different times create a multi-layered perception in users' minds (Cordan & Karagöz, 2013).

Spatial Flexibility

In spatial flexibility, the user has more say than the designer (Yücel, 2008). Successful designs in this regard provide a non-imposing spatial organization and comfort (İlhan, 2008). The modularity of design elements (such as seating groups, platforms, stages, shelters, etc.), their portability, re-positionability, rearrangeability, and transformability express spatial flexibility.

For example, a seating unit that can turn into an exhibition panel or market area is an example of spatial flexibility.

User-Centered Adaptability

This is defined as the creation of customizable spaces that allow users to appropriate the space and enhance their interaction with it. The design allows users to adapt the space to their own needs. Portable seating units that can be rearranged by users into group activity areas, playgrounds, or performance art spaces, adapting to the need, are examples of user-centered flexible space solutions. These solutions enhance the user experience and maintain the vitality of the area. Thus, spaces that can be used in different ways at different times also create a multi-layered perception in users' minds (Cordan & Karagöz, 2013). Based on the assumption that city residents know their own needs best, it is expected that they contribute to the success of urban development through these processes (Kaya & Görgün, 2017).

Integrating flexible design into the design process is an important issue that professional disciplines involved in design must address. Within the scope of the Flexible Design and Place Making course at Karadeniz Technical University's Landscape Architecture Department, 4th-year students were guided to integrate flexible design criteria into open space productions, and the resulting products were evaluated based on flexible design criteria within this study.

3. MATERIAL AND METHOD

The open space productions by students in the Flexible Design and Place Making course at Karadeniz Technical University's Landscape Architecture Department constitute the material of this study. The produced open spaces were examined and evaluated in terms of which flexible design criteria were integrated into the design and how. Students were expected to apply the theoretically explained flexible design criteria to their designs in a practical manner and express these through three-dimensional visuals. The designs were completed in pairs and groups of three within the course. In this study, the evaluation process of one group was examined.

To ensure flexibility in the urban open space design process, students were expected to take the following steps:

Analysis and Participatory Planning: Including usage scenarios for different user groups (women, children, elderly, disabled, men) in the design process.

Scenario-Based Design: Creating design variations according to different usage scenarios of the park.

Modular and Open System Structure: Using temporary, portable, and changeable elements instead of fixed ones.

4. FINDINGS

The study group consists of two students: Ayşenur DURMUŞ and Fatma Ezgi BOZ. They adopted a modular open system approach with flexible design criteria and proposed scenario suggestions in their space production processes. Their open space design aimed to bring together different user groups, develop social sustainability, and thereby increase liveliness in

the open space, resulting in a flexible space design. The scenarios developed in line with these goals are presented below:



Tekil kullanım oturma donatıları, esnek ve geçici mekanların dinamik yapısına uyum sağlayan, bireysel kullanıma yönelik işlevsel tasarımlardır. Hafif, taşınabilir ve modüler yapıları sayesinde, farklı mekan düzenlemelerine kolayca adapte edilebilir ve hızlıca yerleştirilebilirler.

Scenario 1: Functional Flexibility Adapted for Individual Use



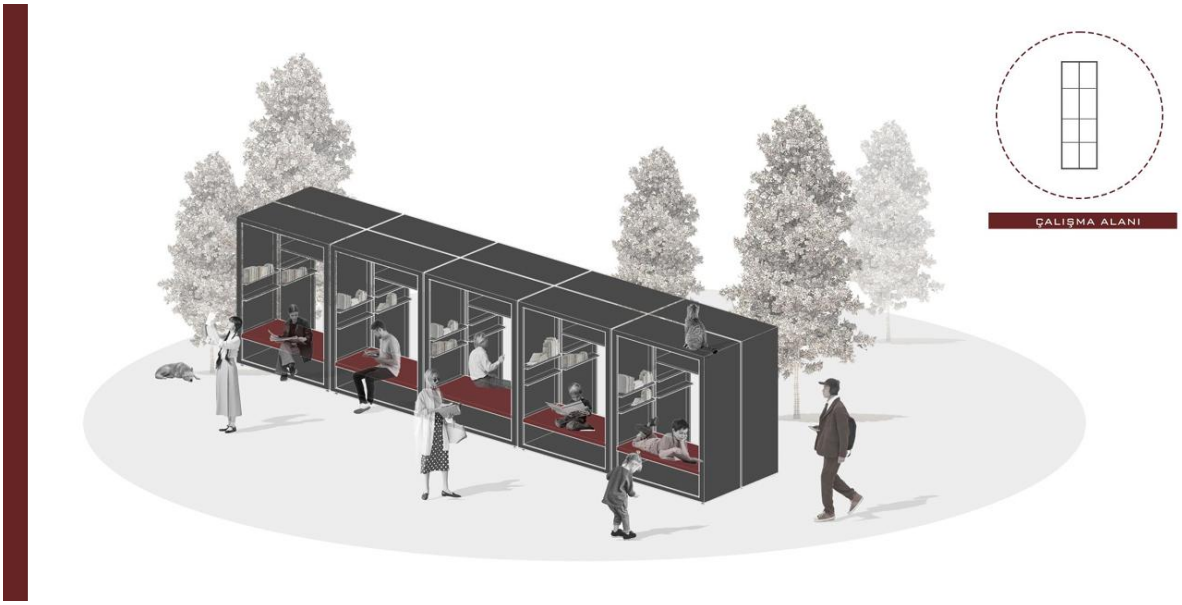
Hem oturma alanı hem de eğlence unsuru sunarak, geçici ve esnek mekanların dinamik yapısına uyum sağlar. Taşınabilir ve modüler özellikleri sayesinde, farklı mekanlara kolayca adapte edilebilir ve kullanıcıların hem fiziksel hem de sosyal etkileşimlerini artıracak bir deneyim sunar.

Scenario 2: Functional Flexibility Allowing Multiple Uses



Sergi alanı oturma donatıları, geçici yapıları ve esnek tasarımlarıyla ziyaretçilerin dinlenmesine olanak sağlarken, sergilenen eserlerle uyum içinde estetik bir bütünlük oluşturur. Modüler ve taşınabilir yapıları sayesinde, farklı sergi düzenlemelerine kolayca entegre edilerek mekanın işlevselliğini artırır.

Scenario 3: Design Scenario Convertible to an Exhibition Area Suitable for Spatial Flexibility



Çalışma alanı oturma donatıları, ergonomik ve taşınabilir tasarımlarıyla, esnek ve geçici mekanların dinamik yapısına uyum sağlar. Modüler yapıları sayesinde farklı düzenlemelere kolayca adapte edilerek kullanıcıların konforunu ve üretkenliğini artırır.

Scenario 4: Design Scenario Convertible to a Workspace Suitable for Spatial Flexibility



Gösteri izleme alanı oturma donatıları, geçici mekanların esnek düzenine uygun olarak, izleyicilere konforlu ve işlevsel bir deneyim sunar. Modüler ve taşınabilir yapıları sayesinde farklı etkinlik düzenlemelerine hızlıca adapte edilerek kullanıcı ihtiyaçlarını karşılar.

Scenario 5: Design Scenario Convertible to a Performance Art Space Suitable for Functional and User-Centered Flexibility



Dönüştürülebilir oyun alanı oturma donatıları, çocukların oyun oynarken dinlenebileceği alanlar sunar ve esnek bir şekilde farklı aktiviteler için uyarlanabilir. Pop-up yapılarla uyumlu olarak, hızlıca kurulur, taşınabilir ve çeşitli oyun düzenlemelerine kolayca adapte edilerek mekanın çok amaçlı kullanımını sağlar.

Scenario 6: Design Scenario Convertible to a Playground Suitable for User-Centered Flexibility

The working group developed six different scenarios aligned with flexible design criteria. These scenarios respond to the needs of various user types while also meeting the criterion of adaptability to different uses. To ensure flexibility in the urban open space design process, a modular system that is temporary, portable, and changeable instead of fixed elements was used. In the created scenarios, this modular system is seen to support both individual use and multi-use that brings people together.

This structure adapts to the activities of users who want to rest or spend time alone, while also offering users who want to spend time together, play games, socialize, or entertain the opportunity to create their own spaces. At the same time, it allows for cultural activities such as performing arts and exhibitions, enabling functional diversity with different uses at different times. Thus, it supports the vitality of the space by ensuring a diversity and density of users throughout the day. In conclusion, the flexible design criteria taught theoretically within the course were successfully integrated into the design processes practically.

The open space is designed to serve as both a playground and an event stage, a leisure area, and includes transformable installations suitable for small concerts and exhibitions. The spatial arrangement is not centered around a fixed core; rather, it allows users to move freely and supports multiple flows. Areas accommodating temporary art installations are included. This creates an inclusive space where different cultures coexist.

5. CONCLUSIONS

Flexible design in urban open spaces is not only a physical solution but also a holistic approach considering social, environmental, and cultural contexts. As a result, parks transform into living spaces that can adapt not only to today's but also to the uncertain conditions of the future. Flexible design is a fundamental principle in terms of sustainability, social inclusivity, and democratization of public spaces.

This study evaluated the learning and application process of flexible design criteria, which is one of the most important steps for future landscape architects who will produce urban open spaces and create environments that meet user needs and satisfaction. The philosophy that "shaping the future starts today" emphasizes the importance of providing these experiences to students, the landscape architects of the future, before they begin their professional careers. This study highlighted the importance of flexible design and its contributions to the city and its residents within the education system.

References

Abdulkarim D. & Nasar J. L. (2014). Do Seats, Food Vendors, and Sculptures Improve Plaza Visitability? 46, 805-825.

Aelbrecht, P. (2016) Fourth Places: The Contemporary Public Settings Informal Social Interaction Among Strangers, Journal of Urban Design, 21:1, 124-152

Alpak E.M. ve Düzenl T. (2018). Kentsel Tasarımda Esneklik Ve Adaptasyon: Kentsel Meydan

Carmona, M. (2010). Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design. Routledge.

Cordan, Ö. & Karagöz, E. (2014). Pop-up Mekân: Tasarım ve Ötesi, Mimarlık

Gehl, J. (2011). Life Between Buildings: Using Public Space. Island Press.

İlhan, C. (2008). Tüketici odaklı konut arzında esneklik ve yalınlık yaklaşımları, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

Kaya, İ.A. & Görgün İ,K. (2017). Kentsel Mekân Üretiminde 'Kendin Yap' Hareketi, Planlama, 201, 2(1), 57- 74

Madanipour, A. (2003). Public and Private Spaces of the City. Routledg

Madanipour, A. (Ed.) (2010). Whose Public Space? International Case Studies in Urban Design and Development. London, England: Routledge.

Senaryoları Üretimi, Journal Of Socıal And Humanıtıes Scıences Research,5,16, 16-22

Till, J., & Schneider, T. (2007). Flexible Housing. Architectural Press.

Yücel, O. (2008). Toplu Konutlarda Modülerlik ve Esneklik Kavramları, İstanbul'daki Toplu Konutların Plan Tipi Üzerinden Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

AN EVALUATİON OF THE THEME OF FREEDOM İN THE CONTEXT OF BASİC DESİGN PRİNCİPLES, DESİGN ELEMENTS AND GESTALT THEORY

Prof. Dr. Elif Merve ALPAK
Karadeniz Technical University
elifmervealpak@gmail.com- https://orcid.org/0000-0002-2306-4299
Prof. Dr. Tuğba DÜZENLİ
Karadeniz Technical University
tugbaduzenli@gmail.com- https://orcid.org/0000-0001-6957-3921
Research Ast. Nida KURAK SEZGİN
nidakurakk@gmail.com

ABSTRACT

This study examines the theme of "freedom" within the context of basic design principles (such as balance, rhythm, emphasis, unity, contrast), design elements (line, shape, color, texture, space), and Gestalt theory. The concept of freedom is analyzed through its historical, cultural, and psychological contexts, as well as its visual communication and perceptual reflections. In this framework, the study explores how the abstract notion of freedom is transformed into concrete design decisions. Within this scope, freedom-themed design works produced in the Basic Design and Studio course of the Department of Landscape Architecture at Karadeniz Technical University are analyzed in accordance with design principles and elements.

Key Words: Basic Design, Gestalt Theory, Design Elements

INTRODUCTION

The concept of design today is not merely regarded as an aesthetic activity or a form of artistic production, but also as a systematic and creative way of thinking aimed at problem-solving. Design is considered a field of knowledge and action that interacts with many disciplines such as art, engineering, architecture, communication, psychology, and sociology. Therefore, design must be examined through multidimensional lenses including interdisciplinary approaches, theoretical foundations, and contemporary orientations.

The question "What is design?" may seem simple but carries deep philosophical, cultural, and scientific dimensions. Design is the process of planning an object, system, or experience to meet both functional and aesthetic needs (Lawson, 2005). However, this definition encompasses not only physical products but also services, processes, and strategies. Today, design has become an “interface” field where creative thinking merges with systematic planning (Cross, 2007). It is a process that involves sequential and iterative stages such as problem

identification, solution development, visualization, testing, and refinement. The fundamental components of design include:

Need or Problem Definition: The starting point of the design process.
Creativity: The ability to think beyond existing patterns and generate innovation.
Planning: Efficient use of time, processes, and resources.
Communication: The transmission of ideas visually, verbally, or in writing.
Aesthetics: Creation of meaning and emotional engagement with the user.
These components reveal both the technical and human dimensions of design. It is not merely the act of producing an object or structure but also an intellectual, cultural, and ethical activity. Hence, understanding design requires not only practical skills but also a theoretical framework. Design theories provide this intellectual foundation, allowing us to question the reasons, effects, and contexts of design decisions (Cross, 2007).

Design is also a conceptual production process. Abstract concepts such as "freedom" are powerful themes that enhance the expressive power of design. This study aims to explain how the theme of freedom can be represented in design through basic design principles, design elements, and Gestalt theory. Accordingly, it first seeks to answer the question: What is freedom?

2. What Is Freedom?

Freedom has been defined in various ways throughout history and has played a central role in shaping individuals' lives, social structures, and systems of thought. Despite its fundamental nature, its meaning, function, and boundaries vary depending on historical, cultural, and psychological contexts (Taylor, 1992).

In the context of psychology, freedom is a foundational concept in existential psychology, representing the individual's process of self-creation. According to Jean-Paul Sartre, humans build themselves through their actions, and this radical freedom brings with it a great responsibility (Sartre, 1943). Isaiah Berlin distinguishes between "negative freedom" (freedom from interference) and "positive freedom" (self-mastery). On a psychological level, negative freedom refers to the absence of external constraints, while positive freedom signifies the attainment of internal authority (Berlin, 1969). Contemporary psychology examines freedom through "autonomy" and "self-perception." Deci and Ryan's Self-Determination Theory asserts that for individuals to maintain intrinsic motivation, they must experience autonomy, competence, and a sense of relatedness (Deci & Ryan, 2000).

Culturally, Western thought often defines freedom as the right to be protected from the state and other individuals, emphasizing personal autonomy (Berlin, 1969). In Eastern cultures, freedom is often framed through collective harmony, internal balance, and integration with society. In Confucian thought, individual freedom is possible through the maintenance of social order. In Indian philosophy, freedom refers to liberation from worldly ties and a spiritual emancipation (Radhakrishnan, 1956).

Thus, freedom is not only a political or philosophical ideal but also a multifaceted phenomenon shaped by the inner world of individuals and their cultural contexts. It has been interpreted variously throughout history — sometimes as rights and will, other times as surrender and

purification. Cultural differences influence how freedom is interpreted, while psychological approaches reveal its impact on individual experience. This multilayered structure shows that freedom cannot be reduced to a single definition; rather, it is a concept whose meaning is shaped by context. Today, freedom is a space of balance, constantly redefined between individual expression and social responsibility.

3. The Concept of Freedom and Design

Freedom is associated with the right of self-expression, removal of boundaries, openness, and diversity (Berlin, 1969). In the context of design, freedom is linked to flexibility, open compositions, limitlessness, and a sense of movement (Pallasmaa, 2005). Therefore, the theme of freedom is often represented with visual and spatial qualities such as lightness, fluidity, and boundary violation. Abstract concepts like "freedom" can be expressed through concrete spatial decisions. The course of Basic Design, which is foundational to all design disciplines, teaches students to articulate these abstract concepts through the language of design.

Basic Design is a unique, essential, and compulsory course for all design-related disciplines. During this course, students learn the core concepts of their field and understand design elements and principles through practical exercises. Conceived as a problem-solving activity, the Basic Design course teaches students the use of abstract thinking — the most fundamental tool of the design process. Analyzing reality and a given problem, breaking it down conceptually, transitioning from concrete to abstract, generating ideas, and then returning to the concrete — these are the processes that form the content of the Basic Design course.

The concept of “basic design,” globally, has its roots in the Bauhaus approach, which views art and design from a holistic perspective. This approach bases its experiential and observational methods on Gestalt principles of perception. One of the most significant contributions of Bauhaus to Basic Design education through architectural pedagogy was initiating a consciously structured, principle-based, comprehensive, and practical introductory design course with a modernist and art-integrated curriculum (Hasgül & Birer, 2019). The Bauhaus contribution can be evaluated under two main headings: the first is the generation of knowledge through abstraction and the creation of new processes; the second is the development of critical thinking skills (Serim, Alemdar & Açıköz, 2016). Producing design experience through abstract thinking and proposing an inquisitive and progressive educational system reflect this contribution. The system that integrates and interrelates architectural and art education is intellectual, creative, practical, and analytical.

Gestalt theory has been influential in design education for many years. Even many contemporary design approaches that emphasize diversity and innovation still rely on Bauhaus and Gestalt principles in their search for aesthetic form (Alpak & Düzenli, 2024). According to Gestalt theory:

Perceptions that leave a trace in memory are recalled.
Repeated experiences are remembered more easily and for longer.
A principle learned while solving one problem can be transferred to another.
The brain organizes and gives meaning to stimuli.
The whole carries more meaning than the sum of its parts.

People tend to perceive stimuli as complete and unified.
Relationships between parts are more important than the parts themselves.
Gestalt theory argues that visual perception operates according to holistic principles. To create a memorable and aesthetically compelling whole, design principles and elements must be used systematically. Design is the externalization of what is felt. In landscape architecture education and other design fields, the experiences students are encouraged to gain are not limited to spatial design. Various emotions can be expressed through design, often through the visualization of abstract expressions. This study aims to reveal how the feeling of freedom — an abstract concept — can be made concrete through design, specifically through student projects developed in the Basic Design and Studio course at Karadeniz Technical University. The goal of the course is to enable students to develop solutions to various problems using design principles and elements. Solutions to the "Materializing the Feeling of Freedom" problem were evaluated within the context of design principles and elements.

During the course, students are taught that when combining Gestalt principles (figure-ground, closure, proximity, continuity), design principles (harmony, contrast, dominance, unity, balance, scale), and design elements (size, form, direction, color, line, texture), their design must form an integrated system. It is emphasized that the meaning of the whole — before the meaning of its individual components — is what matters most, and that forming this whole is what constitutes design. Whether it is the design of a physical open space like a park or the expression of an abstract emotion, such designs will successfully convey their intended meaning and purpose.

Expressing Freedom through Gestalt Principles:

Figure-Ground: In freedom-themed designs, a blurred figure-ground distinction may evoke a sense of confinement or entrapment.
Proximity and Similarity: Used with variation, these grouping principles can foster unity while preserving difference, delineating the boundaries of freedom.
Continuity: Flowing lines and directional cues evoke a sense of continuity and freedom in the mind.
Freedom and Basic Design Elements:

Proportion–Shape–Form: Variations in shape, size, and direction among design elements may represent individuality and freedom (Lauer & Pentak, 2011).
Color: Bright, contrasting, and saturated colors symbolize energy and expressive freedom. The use of varied colors can evoke the feeling of freedom (Itten, 1970).
Positive–Negative Space: Effective use of negative space conveys openness and clarity. A balanced spatial composition can serve as a formal expression of freedom.
Freedom and Basic Design Principles:

Balance: While symmetrical balance conveys order and hierarchy, asymmetrical balance offers a more natural and free arrangement (Lidwell et al., 2010).
Rhythm and Movement: Regular repetition can suggest structure, whereas irregular rhythms evoke fluidity and freedom. Organic rhythm fosters a dynamic, changing quality.

Contrast: Essential to expressing freedom, a controlled level of contrast in shapes, sizes, and directions adds vitality without chaos.
Dominance: Dominant elements in a composition emphasize what we want to highlight. Using freedom-evoking forms as dominant elements strengthens the communication of the theme.

4. MATERIALS AND METHOD

The material of this study consists of freedom-themed design products created by students as part of the Basic Design and Studio course at Karadeniz Technical University. These freedom-themed design works were analyzed in terms of whether they successfully transformed an abstract concept into a concrete form of visual communication through the use of design principles and elements. Students were expected to apply the principles and elements they learned during the course to create a systemically coherent, aesthetically successful design. At the same time, the design was also expected to have a meaningful dimension — specifically, to reflect the feeling of freedom.

5. FINDINGS

Within the scope of this study, the design works of two students were evaluated.

Study 1	**Design Principles, Elements, and the Concept of Freedom**	**Evaluation**
 **Design Meaning:** In my design, I aimed to represent a bird whose freedom has been taken away. While evoking the feeling of being trapped in a cage, I also sought to emphasize the bird's desire to break free and its struggle to regain freedom by flapping its wings.	In order to express freedom in the design, I used the Principle of **Dominance** through a bird figure. On the wings, which evoke the concept of freedom, I incorporated pins to create a **Focal Point and Emphasis**, symbolizing that freedom requires effort — like the act of flapping one's wings. To represent the elements that hinder freedom, I used **linear forms reminiscent of a cage**. In doing so, I applied the **principle of contrast** through variations in the **directions and proportions of the forms**. This approach helped me achieve **unity** and **asymmetrical balance** in the design, while also aiming to avoid monotony.	The design process was carried out in accordance with Gestalt principles, with a clear emphasis on perceiving the whole before its individual parts, resulting in a composition that is aesthetically successful. During the process, contrast was achieved through the direction and scale of the design elements, while careful attention was paid to the balance between positive and negative space. Through the principles of dominance and hierarchy, the central theme of freedom was effectively conveyed. At the same time, the design reflects the idea that obstacles to freedom do exist, yet they can be overcome through effort and struggle. This message is successfully expressed

		through the use of asymmetrical balance.
Study 2	**Design Principles, Elements, and the Concept of Freedom**	**Evaluation**
 **Design Meaning:** I used the free spirit inherent in the nature of birds as the main theme of my design.	I used the Principle of **Dominance** in my design by making two bird figures larger than the others. To make the design attention-grabbing and to prevent monotony, I applied the **Principle of Contrast** and used pins to create a focal point at a specific spot. While ensuring the bird figures that make up the design are in harmony with each other using the **Principle of Harmony**, I tried to avoid clutter. By using the principle of contrast between the **Directions and Sizes** of the figures, I aimed to achieve **Unity and Balance** in the design. Design Theme: I used the free spirit inherent in the character of birds as the main theme of my design.	The design principles and elements have been successfully used to express the theme of freedom. Students are expected to produce a systematic and holistic design. While doing so, the principles of dominance, proximity, contrast, and harmony have come to the forefront in determining the sizes and directions of the forms that make up the design. The resulting design is aesthetically successful, avoiding chaos while not allowing monotony, and is constructed in a way that is attention-grabbing and appropriate to the theme.

6. CONCLUSION

The theme of freedom can be effectively represented on both visual and semantic levels through design elements and principles. The perceptual principles of Gestalt theory influence how this theme is perceived by the viewer/user. Designers can create powerful narratives by using opposites such as complexity and order, individuality and unity in a balanced way when working with the theme of freedom.

Design is a multidimensional structure. While it can provide solutions to people's physical needs, it can also support individuals psychologically, contributing to their emotional needs and awareness. In this respect, design products should be considered not only as an aesthetic and physical creative process but also as a multidimensional structure with a semantic dimension. Design processes start with basic design education in all disciplines that teach design. Therefore, it is very important to instill this multidimensional nature of design in students and help them adapt to the process.

The basic design education in Karadeniz Technical University's Landscape Architecture program aims both to teach students how to create aesthetically successful designs and to instill the understanding that design is a universal language. Thus, alongside the aesthetic dimension, students are encouraged to experience design processes that allow for emotional expression.

This study shows that the design products created by students with an aesthetic concern can also carry a semantic dimension.

REFERENCES

Alpak E.M. and Düzenli T. (2024). Basıc Desıgn Educatıon: Proposed Solutıons For The Effectıve Envıronmental Problem, 7th Internatıonal Congress On Engıneerıng Scıences And Multıdıscıplınary Approaches, 25-26M Mayıs, İstanbul/Türkiye, 134-140

Berlin, I. (1969). Two Concepts of Liberty. Oxford University Press.

Cross, N. (2007). Designerly Ways of Knowing. Birkhäuser.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227–268.

Hasgül, E., & Birer, E. (2019). Temel Tasarõm Eğitiminde Bauhaus Okulunun Mekân Üretimine Etkisi. SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, 12(23), 26-42.

Itten, J. (1970). The Elements of Color. Wiley.

Lauer, D. A., & Pentak, S. (2011). Design Basics. Cengage Learning.

Lawson, B. (2005). How Designers Think: The Design Process Demystified. Architectural Press.

Lidwell, W., Holden, K., & Butler, J. (2010). Universal Principles of Design. Rockport Publishers. Wiley.

Pallasmaa, J. (2005). The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses.

Radhakrishnan, S. (1956). Eastern Religions and Western Thought. Oxford University Press.

Sartre, J.-P. (1943). L'être et le néant (Varlık ve Hiçlik).

Serim, S., Alemdar, Y. Ü., & Açõkgöz, Ş. G. (2016). Mimarlık Eğitimi Başlamak; Bauhaus İçinden Bir Yeniden Konumlandõrma Denemesi. Ege Mimarlık Dergisi, Ocak, 46- 48.

Taylor, C. (1992). The Ethics of Authenticity. Harvard University Press.

THE CONCEPT OF ICONICITY IN DESIGN: EXAMPLES FROM LANDSCAPE ARCHITECTURE

Prof. Dr. SERAP YILMAZ

Karadeniz Technical University,

serapyilmaz@ktu.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-0088-3769

Res.Asst. Dr. ABDULLAH ÇİĞDEM

Karadeniz Technical University,

abdullahcigdem1@gmail.com - https://orcid.org/0000-0002-6468-3600

ABSTRACT

In design disciplines, the concept of 'iconicity' has become an important indicator of spatial identity, social memory, and cultural representation. This study analyses the concept of iconicity from theoretical and conceptual perspectives. Landscape projects that have achieved 'iconic' status both globally and in Turkey are investigated in this context. The common design principles and landscape features that contribute to the iconic identity of these projects are analysed.

The first part of the study presents a theoretical framework addressing the definition of iconic design, incorporating concepts such as symbolic value, spatial perception, cultural representation, and urban memory. Iconicity is evaluated based on criteria such as aesthetic distinctiveness, innovative design language, social recognition, and spatial uniqueness. The second part examines globally recognised iconic landscape designs, such as the High Line Park in the USA, Gardens by the Bay in Singapore and Parc Güell in Spain, in detail. The third part focuses on iconic landscape designs in Turkey, including Emirgan Grove (Istanbul) and the Anıtkabir Environmental Landscape (Ankara). It emphasises the key features of these projects that strengthen their iconic status and reveals how these public spaces become symbols.

It emphasises that iconic landscape designs have a significant impact on urban identity, promoting social interaction and a sense of belonging, as well as creating landmarks.

Keywords: Concept of iconicity, Iconic qualities, Examples of iconic landscapes, Landscape architecture

INTRODUCTION

In design disciplines, 'iconicity' is associated with the fact that a particular design has a strong place in social memory, becomes an element of spatial identity and has the power of cultural representation (Elhagla et al., 2020; Lynch, 1960). This concept is the main characteristic of designs that are evaluated through both visual distinctiveness and user experience and create a long-term impact. The iconic status gained in design is usually defined by fame and special symbolic-aesthetic meaning (Elhagla et al., 2020; Sklair, 2010). The symbolic value that the designer has with his/her guidance in the profession can add an iconic value to his/her work. The fact that a work represents an important historical period and contributes to ecological sustainability can make that design an iconic representative. The artistic or experimental characteristic of a design can add iconic value to that work. Therefore, works that have gained iconic value have the power to define and represent their environment with their unique qualities.

This research aims to question the characteristics of a landscape design that has gained iconic value and the effects it adds to its environment. In order to explain this, firstly, the common characteristics of iconic designs are given and then the landscape designs that are considered to have iconic value are included.

Designed environments

Designed environments affect the perspectives and feelings of their inhabitants about that place. They are safe public spaces that create focal points for their inhabitants with their qualities, direct them and provide a number of activity opportunities. The quality of the built environment plays an important role in designing safe and public-friendly spaces that provide focal points for people. Such spaces also provide environments that encourage community interaction (Elhagla et al., 2020; Francis et al., 2012). Because these environments create opportunities for people's chance encounters and are spaces that are temporarily owned by being accessible to all groups, feeling freedom of action (Talen, 2000; Gehl, 2011; Carr, 1992). In their study in 2020, Elhagla et al. stated that designed environments containing iconic structures affect the feelings of their inhabitants towards the space as follows:

- **Local Identity and Character:** Spatial character is not static, but dynamic and constantly changing. The integration of the natural environment, cultural heritage and artistic elements into the design creates a place-specific identity, enabling users to develop an emotional connection to the place and strengthening the tourism, economy and social identity of the region.

- **Prioritisation of Public Objectives:** Iconic buildings are not only physical assets, but also public spaces with social value. Therefore, public benefit, community participation and local ownership should be prioritised in the development process.

- **Community Satisfaction and Flexibility:** Iconic buildings should have the flexibility to respond to user needs and be usable at different times and for different purposes. In this way, community satisfaction increases and social interactions are encouraged.

• **Shared community vision:** Successful, iconic projects should be based on a shared vision that is created and owned by the community. This process, which begins with small-scale experiments, can be made sustainable by incorporating social feedback.

• **Effective management:** Effective management is essential for ensuring the long-term functionality of iconic buildings. Planned management models should be adopted to ensure the continuity of public life and accommodate user diversity.

• **Increase in land value:** Iconic buildings contribute to an increase in land values in the neighbourhood by offering high technology, accessibility and quality services. This has a positive effect on economic development and local investor interest.

Iconic buildings, public spaces and unique spatial qualities that shape the appearance of the city leave traces in individual visual memory. In this context, iconic buildings shape the atmosphere of the place where they are located and enable people to distinguish or remember a particular place from other places.

Iconicity in the designed environment

In design disciplines, 'iconicity' is associated with the fact that a particular design has a strong place in social memory, becomes an element of spatial identity and has the power of cultural representation (Roger, 2013; Jencks, 2005; Lynch, 1960). Iconicity is the main characteristic of designs that create a long-term impact, which is evaluated through both visual distinctiveness and user experience. The effects of iconic designs on spatial perception, cultural representation and social memory have been widely studied in urban design and landscape architecture literature. Beyond physical form, iconicity in urban spaces plays a decisive role in the production of cultural meaning and the shaping of social memory. In this respect, the basic qualities of iconic designs and their place in design processes are analysed under four headings below:

1. Iconicity and spatial identity

The concepts of legibility and memorability emphasised by Kevin Lynch (1960) in his work 'The Image of the City' constitute the basic components of iconic designs. According to Lynch, the fact that urban spaces can be mentally mapped by people ensures the distinguishability and memorability of that space. In this context, iconic designs create strong images in the urban memory and contribute to the development of users' belonging to that space (Lynch, 1960).

2. Symbolism and cultural meaning

Iconic designs stand out not only with their formal characteristics but also with their symbolic meaning attributions. Emphasising the subjective dimension of spatial experience, it is stated that the meaning of place is shaped by user perception and experience. Therefore, an iconic design is not only a physical form but also a concrete representation of social, cultural and historical references (Norberg-Schulz, 1980).

3. Innovation and timelessness in design

One of the most important characteristics of iconic designs in the literature is that they are innovative and timeless (Jencks, 2005). Iconic designs draw attention with their aesthetic,

functional and technological innovativeness in the period they were designed, while maintaining their actuality and value for many years. These designs represent the architectural or design paradigm of the period and inspire subsequent design processes (Jencks, 2005; Rogers, 2013).

4. Visual Expressiveness and Formal Distinctiveness

Another distinguishing feature of iconic designs is that they have a visually powerful language of expression. This is associated with the power of spatial imagery, especially in disciplines such as landscape architecture and urban design (Corner, 1999). Formal elements of the design such as scale, form, material and colour usage facilitate users to notice and remember the design on a perceptual level (Lynch, 1960; Corner, 1999).

The main characteristics of being iconic in design can be summarised as follows:

Table 1. Characteristics of being iconic in design

Visual Legibility	The design is identifiable at first glance: it is distinguished by its distinctive form, silhouette, use of colour or texture.
Timelessness	It retains its value and meaning for many years without being dependent on temporary trends.
Symbolic Meaning	The design has a particular cultural, social or historical significance and is representative of an idea or an era.
Innovativeness/Pioneering Design	Exhibiting a groundbreaking approach in the period in which it was built, creating a turning point in the sector or user perception.
Place Attachment	It is easily recognisable and recognisable even with repeated use.
Universal Recognizability	It has the potential to be recognised and valued not only locally but also on a global scale.

Iconic Designs from Landscape Architecture Perspective

In the discipline of landscape architecture, iconic spaces are considered as designs located at the focal points of public life, which play a decisive role in urban identity and cultural representation processes by creating strong images in urban memory (Girot, 2009; Waldheim, 2012). These spaces stand out not only for being aesthetically striking, but also for contributing to the daily life practices, social interactions and cultural memories of users (Lynch, 1960).

Researchers such as Gehl (2006) emphasise that the fact that public open spaces encourage social interactions and create a sense of social belonging for urbanites is effective in gaining iconic qualities. In this context, examples such as New York's Central Park, Chicago's Millennium Park and Barcelona's Park Güell have achieved iconic status thanks to both the symbolic meanings they have gained in the historical process and the strong spatial images they create in the minds of users (Whyte, 1980; Corner, 1999; Waldheim, 2006).

Norberg-Schulz (1980) states that such spaces should be considered within the framework of the concept of ‘genius loci’ and draws attention to the fact that these spaces are shaped by the meanings, cultural codes and socio-spatial experiences produced by users as well as their physical characteristics. For this reason, iconic landscape spaces should be considered not only as design objects but also as social-cultural platforms that reflect the collective identity of urbanites and reinforce spatial belonging (Sklair, 2010; Jencks, 2005).

The common criteria of iconic designs in landscape design can be summarised as follows (Treib, 1993; Dee, 2001):

Spatial and aesthetic originality

Innovation in form and composition: Unusual spatial organisation, form language, planting and use of materials.
Iconic value: The project becomes a symbol of a city, period or cultural movement.
Image value: Strong visual identity frequently used in postcards and artworks.

Integration with place

Strong relationship with topography, climate, ecology and culture: The project establishes a dialogue with the ecological and cultural dynamics of its geography.
Historical continuity and interpretation: Adding a contemporary meaning by transforming existing local traces.

Sustainability and ecological sensitivity

Nature-based solutions: Fulfilling ecological functions such as water management, habitat enhancement, carbon sinks.

Longevity: Design in harmony with maintenance, ageing and natural processes.

User orientation and multilayered use

Multifunctionality: Supporting multiple user experiences such as recreation, art, education, nature observation.
Accessibility and inclusivity: Adoption by users of different ages, cultures, physical abilities.

Resilient and Flexible Designs

Design principles that are resistant to time and change: Adaptability to seasons, user change, social evolution.
Flexible usage areas: Areas that can accommodate different activities and programmes.

The main features of being iconic in landscape design can be summarised as follows:

Table 2. Characteristics of being iconic in landscape design

Spatial Memory and Identity	Users accumulate strong memories of that place, it can be easily remembered
Visual Focal Points	Plastic objects such as sculptures, monumental planting, use of special materials
Urban Image	Becoming a place where the city or region is frequently represented on national and international platforms
Innovative Approaches	Being a pioneer in sustainable design, representing new ecological design approaches. Being a turning point in terms of design quality in the period it was built.

Some projects that have become iconic in the discipline of landscape architecture on an international scale and are considered as milestones in the literature and professional practice can be grouped under the following headings:

Table 3. Iconic projects and individuals in landscape design

CLASSICAL PERIOD ICONS	Versailles Bahçeleri	Versailles	André Le Nôtre, 1661	French Baroque garden, absolute symmetry, perspective
	Villa d'Este	Italy, Tivoli	Pirro Ligorio, 16th century	Renaissance water games and terraced gardens
	Stourhead Garden	Wiltshire/UK	Henry Hoare II, 1740s	Picturesque landscape, integration of structures and artificial pond

URBAN OPEN SPACE ICONS	Central Park	New York	Frederick Law Olmsted, Calvert Vaux (1858)	Ancestor of modern urban parks, natural looking paths and lakes
	Millennium Park	Chicago	Michael Van Valkenburgh & ekip	Contemporary urban park, Cloud Gate, Lurie Garden
	High Line Park	New York	James Corner Field Operations, Diller Scofidio+Renfro	Transformation of industrial heritage, biophilic design
NATURE-BASED-SUSTAINABLE URBAN OPEN SPACE ICONS	Bishan-Ang Mo Kio Park	Singapore	Ramboll Studio Dreiseitl	Transformation of canal into natural water system, ecological restoration
	Gardens by the Bay	Singapore	Grant Associates	Climate controlled greenhouses, Super Trees
	Superkilen	Copenhagen	BIG, Topotek1, Superflex	Symbolic urban furniture and design for multicultural neighbourhood
ARTISTIC ICONS	Garden of Cosmic Speculation	Dumfriesshire	Charles Jencks	Cosmology-based themes, fractal forms
	Parc Güell	Barcelona	Antoni Gaudí	Organic forms, colourful ceramics, mosaics
	Park de la Villette	Paris	Bernard Tschumi	Theoretical and postmodern landscape approaches
ICONIC CONTEMPORARY LANDSCAPE ARCHITECTS	Grand Canal Square	Dublin	Martha Schwartz	Landscape integration with colour, art and sculpture
	Diana, Princess of Wales Memorial	London	Kathryn Gustafson	Soft forms, sensory pathways
	High Line	New York	James Corner	Re-functionalisation of infrastructure as green space
	Yanweizhou Park	Jinhua	Kongjian Yu (Turenscape)	Ecological flood control, nature-based solutions

Table 4. Iconicised projects in Turkey

Anıtkabir Landscape Design	Ankara	Emin Onat, Orhan Arda	Symbolic space Collective memory of the Republic of Turkey
Dolmabahçe Palace Gardens	İstanbul	Garabet Amira Balyan and his son, 1843-1855	Eclectic landscape design with the influence of European architectural styles
Emirgan Grove	İstanbul	1635s	A public space with historical symbolic value, where natural landscape and cultural activities are combined
Mardin Historic Urban Landscape	Mardin		A UNESCO World Heritage candidate urban texture
Nezahat Gökyiğit Botanical Garden	İstanbul	1995	Vegetative texture of Turkey and world flora, ecological memory
Atatürk Arboretum	İstanbul		Nature awareness and educational memory
Sazova Science Culture and Art Park	Eskişehir	2008	A landscape design with architectural design, cultural and educational content and sustainability oriented
Konak-Kordon Beach	İzmir		Marine culture, representation of urban life
Fırtına Valley	Rize		Natural heritage / Nature conservation awareness and ecological memory

Iconic landscape projects in Turkey can be further diversified by categorising them. Because there are many different landscape practices that stand out culturally, historically, ecologically or socially in different geographical regions.

ANALYSING SOME LANDSCAPE EXAMPLES FROM THE WORLD AND TURKEY IN TERMS OF ICONIC VALUE



Figure 1. Parc Güell (Barselona) (URL1)

2.1. Parc Güell (Barselona) Iconic Value Analysis

1. Spatial Memory and Identity: Parc Güell has an important place in Barcelona's collective memory and makes a strong contribution to the city's identity as a spatial reflection of Antoni Gaudí's modernist architecture (Burry, 2007). The park was planned as a private residential project between 1900 and 1914, but was later transformed into a public park. Gaudí's nature-inspired design language, organic forms and spatial organisation offer users an unforgettable space both visually and experientially. With its inclusion on the UNESCO World Heritage List, the park has further cemented its cultural heritage status.

2. Visual Focal Points: The visual organisation of Parc Güell is defined by several visual focal points where architectural and landscape elements are integrated:

Serpentin Bank: Iconic seating area covered with colourful mosaics, oriented towards the cityscape.

Entrance Gate and Dragon Statue: The ceramic mosaic dragon (El Drac), one of the symbolic structures of the park, is one of the most important focal points.

Colonnaded Hall: The large-scale columns offer an interior experience that impresses visitors both structurally and aesthetically.

Visual Connections with Natural Topography: The panorama of Barcelona can be viewed from the upper levels of the park.

3. Urban Image: Parc Güell is one of Barcelona's internationally recognised urban landmarks. Identified with Catalan modernism, the park is an indicator of Barcelona's distinctive urban identity.

4. Innovative Approaches: Gaudí's organic forms, paths following the natural topography, biomimicry, and use of materials (especially his "trencadís" mosaics made from recycled ceramic shards) challenged the conventional wisdom of the period. In addition, the underground cisterns to collect rainwater offer advanced engineering solutions for the period in terms of sustainability. As such, Parc Güell is a pioneering example of both environmental design and aesthetic innovation.

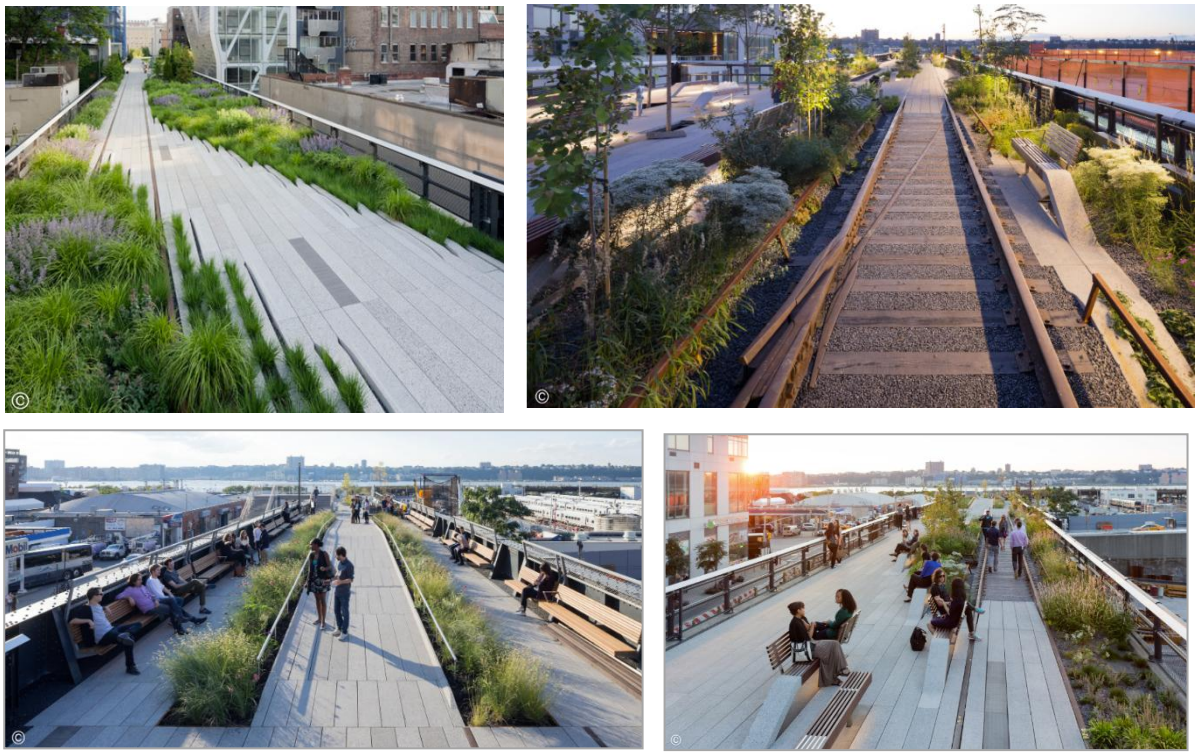


Figure 2. High Line Park (New York) (URL2)

2.2. High Line Park (New York) Iconic Value Analysis

1. Spatial Memory and Identity: The High Line Park is considered a powerful spatial memory of New York's industrial past. Built as a freight railway in the 1930s, the High Line was transformed into a public green corridor in the 2000s. This transformation process has enabled the area to be re-functionalised while preserving its historical identity, thus establishing a strong relationship between industrial heritage and contemporary public use in the collective memory. The High Line is seen as a modern representative of post-industrial urban identity (David & Hammond, 2011).

2. Visual Focal Points: Along the High Line Park, many visual focal points have been created that interact with the cityscapes.

10th Avenue Square: An iconic focal point that frames the cityscape through a transparent façade with bleacher-style seating.
Chelsea Thicket and Gansevoort Woodland: Dense planting areas with a natural landscape feel provide visual diversity.
Hudson Yards Views: Views of the modern city skyline.

Art Interventions: Temporary and permanent artworks positioned throughout the park constantly change the visual perception of users (Corner & Hirsch, 2014).

3. Urban Image: High Line Park has become a symbol of innovative, creative and sustainable urban transformation in the urban image of New York. It is an important location for both locals and international visitors, especially as a successful example of the concept of re-functionalisation of industrial heritage.

4. Innovative Approaches: High Line Park is recognised as a pioneer of adaptive reuse and "linear park" design approaches in landscape architecture and urban design (Czerniak et al., 2007). The project, designed by James Corner Field Operations and Diller Scofidio + Renfro, is an important example of the integration of idle urban infrastructure into public life. It is an important transformation project with its pedestrian-oriented design, ecological landscape strategies, use of sustainable materials and different spatial experience opportunities (active-passive rest areas, walking routes, etc.). In this respect, it is a reference point that inspires the world.



Figure 3. Gardens by the Bay (Singapur) (URL3)

2.3. Gardens by the Bay (Singapur) Iconic Value Analysis

1. Spatial Memory and Identity: Gardens by the Bay has a strong symbolic value in terms of spatial memory and identity as a physical reflection of Singapore's global city vision and sustainable urban development strategy (Chang & Huang, 2011). It embodies Singapore's "City in a Garden" vision, creating a new urban landscape memory where residents and visitors can connect with nature.

2. Visual Focal Points: Gardens by the Bay has impressive visual focal points for both local and international visitors:

Supertree Grove: The 25 to 50 metre high giant artificial tree structures create a strong visual focus with changing lighting at different times of the day and the nightly "Garden Rhapsody" light show.
Cloud Forest & Flower Dome: With its climate-controlled greenhouses, unique indoor landscapes and diverse flora collections, it is both a visual and experiential attraction for users.
Skyway Walkway: Located at high elevation, the walkway diversifies the visual experience by creating different view points.

3. Urban Image: Gardens by the Bay has become an important part of Singapore's global brand identity. The iconic Supertree structures and tropical biomes support Singapore's image as a sustainable, green and innovative city.

4. Innovative Approaches: Gardens by the Bay is an innovative example on a global scale with its biomimicry design approach that mimics the functioning logic of natural ecosystems. It is a very important design with its ecological design approach that provides rainwater collection, natural ventilation and energy production, especially with Supertrees.



Figure 4. Anıtkabir (Ankara) (URL4)

2.4. Anıtkabir (Ankara) Çevre Peyzaj Tasarımının Iconic Value Analysis

1. Spatial Memory and Identity: Anıtkabir has symbolic value in terms of national identity and collective memory as it is dedicated to Mustafa Kemal Atatürk, the founding leader of the Republic of Turkey. Landscape design functions to reinforce social memory by embodying the concepts of remembrance and respect with large areas. The organisation of the site has a spatial narrative that emphasises themes of national unity and solidarity.

2. Visual Focal Points: Visual focal points in the Anıtkabir landscape design are created through consciously constructed perspectives and strong spatial axes. The lion sculptures along the Lion Road and the symmetrical layout of the ceremonial area provide strong visual elements that support spatial orientation. The elevation differences rising as one approaches the Hall of Honour create a dramatic spatial experience for visitors. The planting design is organised with a symbolic and simplicity-oriented approach that supports monumental effects (Arslan, 2023).

3. Urban Image: Anıtkabir is a central and dominant visual focal point in the Ankara city skyline. Its visibility from different points of the city increases the impact of the building on the urban image both physically and symbolically.

4. Innovative Approaches: Anıtkabir landscape design reflects a unique approach that synthesises the modernist urban design approach of the period with the traditional Turkish-Islamic garden culture. It is a pioneer in architecture and landscape design of the early Republican period with its use of monumental space and simplicity principles.



Figure 5. Emirgan Grove (İstanbul) (URL5)

Emirgan Korusu (İstanbul) İkonik Değer Analizi

1. Spatial Memory and Identity: Emirgan Grove has a historical past dating back to the Ottoman period. Therefore, it bears the traces of the Ottoman landscape tradition and has an important place in the spatial memory of Istanbul. In the Republican period, it was opened to public use. It is also an important symbol of public life culture and urban cultural identity with the Istanbul Tulip Festival.

2. Visual Focal Points: In the landscape design of Emirgan Grove, different elevation differences, open-green areas, colourful plant textures and historical mansion structures constitute important visual focal points.

White, Yellow and Pink Pavilions: They are cultural symbols that create a focal point in the grove with their historical architectural features.

Tulip Gardens: Tulips are arranged in different colours and patterns in flower beds, creating strong seasonal focal points.

Bosphorus View: High elevation points within the grove create viewpoints from which panoramic views of the Bosphorus can be observed.

3. Urban Image: Emirgan Grove, as an important part of the green array on the Bosphorus, is the representative of natural landscape values in the image of the city. The historical mansions, tulip gardens and natural vegetation in the grove create a public space identity representing the natural and cultural landscape diversity of the city.

4. Innovative Approaches: Emirgan Grove has adapted to the needs of today's users by preserving the historical texture. The functional transformation of the historical buildings (cafes, restaurants, event spaces) and accessibility improvements (pedestrian paths, directional elements) set an example in terms of both conservation and active use.

3. CONCLUSIONS

The relationship between humans and designed environments is complex. Because human beings are in constant interaction with their environment, they want to be in harmony with it or to adapt it to themselves. Designers also generate ideas and aim to consider the impact of the environment on people, thus leaving strong impressions and lasting symbols in people's minds. For this reason, areas or buildings with iconic value constitute the most important symbols. While iconic formations improve the image of cities, they make the environment readable by creating visual and experiential symbols for people. They create belonging by enabling the user to accumulate strong memories of that place and easily remember it. These iconic spaces pioneer sustainable design and represent new ecological design approaches. They aim to show new approaches to designers and to make their environments more identifiable by offering different experiences to the user. In this context, iconicity in design is a powerful design concept that is evaluated within the framework of multidimensional criteria such as spatial identity, cultural symbolism, visual distinctiveness, innovation and user memory. An iconic project should leave a strong mark not only aesthetically but also socially, culturally and functionally. Iconic designs are engraved in the spatial memory and are among the important milestones of design history.

REFERENCES

Arslan, M. (2023). *Türkiye Cumhuriyeti banknotlarında yer alan kültür varlıkları. Yüksek lisans tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Burry, M. (2007). Gaudí Unseen: Completing the Sagrada Família.

Carr, S. (1992). *Public space*. Cambridge University Press.

Chang, T. C., & Huang, S. (2011). Reclaiming the city: Waterfront development in Singapore. *Urban Studies*, *48*(10), 2085-2100.

Corner, J. (1999). Recovering Landscape: Essays in Contemporary Landscape Architecture. Princeton Architectural Press.

Corner, J., & Hirsch, A. B. (2014). *The landscape imagination: collected essays of James Corner, 1990-2010* (p. 257). New York: Princeton Architectural Press.

Czerniak, J., Hargreaves, G., & Beardsley, J. (2007). *Large parks*. New York: Princeton Architectural Press.

David, J., & Hammond, R. (2011). High Line: The Inside Story of New York City's Park in the Sky.

Dee, C. (2001). Form and Fabric in Landscape Architecture

Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L., & Knuiman, M. (2012). Creating sense of community: The role of public space. *Journal of environmental psychology*, *32*(4), 401-409.

Gehl, J. (2011). Life between buildings.

Girot, C. (2009). Four trace concepts in landscape architecture. In Recovering landscape: Essays in contemporary landscape architecture (pp. 58-67). Princeton Architectural Press.

Jencks, C. (2005). The Iconic Building: The Power of Enigma. Frances Lincoln, London.

Lynch, K. (1960). The Image of the City. MIT Press.

Norberg-Schulz, C. (1980). Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture. Rizzoli.

Rogers, R. (2013). Architecture: A Modern View. Thames & Hudson, London

Sklair, L. (2010). Iconic Architecture and the Culture-Ideology of Consumerism.

Talen, E. (2000). Measuring the public realm: A preliminary assessment of the link between public space and sense of community. *Journal of architectural and planning research*, 344-360.

Treib, M. (1993). Modern Landscape Architecture: A Critical Review

Waldheim, C. (Ed.). (2012). The landscape urbanism reader. Chronicle books.

Whyte, W. H. (1980). The Social Life of Small Urban Spaces.

URL1 https://parkguell.barcelona/en (Erişim tarihi: 30.06.2025)

URL2 https://www.archdaily.com/550810/take-a-walk-on-the-high-line-with-iwan-baan (Erişim tarihi: 30.06.2025)

URL3 https://www.gardensbythebay.com.sg/en/things-to-do/attractions.html (Erişim tarihi: 30.06.2025)

URL4 https://www.peyzax.com/anitkabir-ve-bilinmeyen-yonleri/ (Erişim tarihi: 30.06.2025)

URL 5 http://www.sariyer.gov.tr/emirgan-korusu (Erişim tarihi: 30.06.2025)

NATURALNESS ON LANDSCAPE DESIGN: PERCEPTUAL AND FORMAL APPROACHES

Prof. Dr. SERAP YILMAZ
Karadeniz Technical University,
serapyilmaz@ktu.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-0088-3769
Res.Asst. Dr. ABDULLAH ÇİĞDEM
Karadeniz Technical University,
abdullahcigdem1@gmail.com - https://orcid.org/0000-0002-6468-3600

ABSTRACT

The relationship between nature and artificial environment is addressed both aesthetically and ecologically with the concept of "naturalness" in the discipline of landscape architecture. In this study, the reflections of naturalness in contemporary landscape design are examined with a multi-layered approach through perceptual and formal dimensions. In particular, within the framework of the concept of perceived naturalness, the focus is on the evaluation of users' environmental aesthetic judgments and cognitive responses. The focus is on how individuals define, interpret and prefer landscapes with natural qualities. Design reflections of naturalness are evaluated through the use of organic forms, local flora preferences in plant diversity, spatial compositions based on irregularity, and design approaches that reference nature in material selection. Within the scope of the study, the aesthetic and functional contributions of naturalness are examined through landscape examples that contain nature-based solutions from urban open green spaces. The findings focus on how designers should design the space in landscape design to enhance the quality of spatial experience and the mental well-being of the user.

In conclusion, naturalness should be considered not only as a formal aesthetic choice in landscape design, but also as a holistic design strategy in terms of environmental sustainability, psychological comfort and social inclusion. In this context, landscape architects' consideration of naturalness as a multidimensional design input is in line with the discipline's basic paradigm based on nature-human interaction.

Keywords: Naturalness, Perceptual Naturalness, Landscape Architecture

INTRODUCTION

The formation of the concept of naturalness dates back to the early 18th century. With the developments in industry and the related rapid urbanisation, natural areas have been widely opened to human use, laying the foundations of the concept of naturalness. Because nature has undergone a continuous change from the past to the present, and the criterion of naturalness of the landscapes designed today, that is, naturalness, has started to be discussed. In this context, it has been important to understand and define the naturalness of landscapes designed in the city (Gimmi & Radeloff, 2013). Naturalness is defined in relation to how similar a landscape is to the formation in nature (Tveit et al., 2006). In other words, naturalness can be defined as the proportion of low human intervention and the proportion of nature-specific qualities (Clay and Smidt, 2004). Naturalness is divided into two:

Ecological naturalness
Perceived naturalness

Ecological naturalness is defined by the current state of an area's biotic components and ecosystem functions (Kurak, 2022). Perceived naturalness is the subjective assessment of human influence on the characteristics of an area by the user (Kurak, 2022; Krapez et al. 2021; Kaplan and Kaplan, 1989; Gobster, 1999). The perceived naturalness of a landscape can be very different from ecological naturalness (Tveit et al., 2006; Krapez et al., 2021). Because it is stated by Kaplan and Kaplan (1989) that factors such as absolute 'untouchedness' and 'distance to the settlement area' are not necessary to ensure perceived naturalness. In this context, it should be taken into consideration that the naturalness perceived by the user may be different from ecological naturalness. The importance of naturalness and the perception of naturalness by people have been discussed with the theories of environmental psychology, and these theories have explained naturalness with different models. These include the Biophilia hypothesis (Kellert and Wilson, 1993; Kellert, 1996), Information Processing Theory (Kaplan and Kaplan, 1989), studies on healing landscapes (Ulrich, 1979), and studies that influence landscape preference (Hunter and Askarinejad, 2015; Purcell and Lamb, 1998). These studies have shown that the naturalness of the designed landscape affects the user's preference, aesthetic perception and is therapeutic for the user. In this context, the concept of 'naturalness' and its transfer to landscape designs is extremely important.

The concept of naturalness in landscape architecture has an important role in shaping spatial experiences, ecological functions and human-nature interaction. Naturalness is important not only in terms of ecological sustainability, but also in terms of its healing effect on humans and spatial aesthetics. For a landscape architect, 'achieving naturalness' should be a design philosophy and should have a significant impact on the planning-design-management of open spaces. In this context, naturalness does not only mean ecological authenticity, but is also closely related to the way users perceive a space as 'natural'. Because naturalness is not only a physical but also a psychological and sensory experience. Therefore, the concept of naturalness in landscape architecture is a multidimensional phenomenon supported by ecology, environmental psychology, spatial perception and cultural influence:

1. Ecological Perspective: naturalness in an ecological context refers to the extent to which an area remains free from human influences and preserves local biodiversity (Grunewald et al.,

2017; Krapez et al., 2021). Ecological design approaches are based on the principle of mimicking natural processes (e.g. hydrological cycles, species diversity).

2. Perceptual and Psychological Perspective: naturalness is also related to human perception of space. Individuals evaluate a landscape as "natural" based on visual, sensory and experiential cues (Kaplan & Kaplan, 1989). The complexity of vegetation, irregular forms and minimal man-made elements in the landscape are important indicators of this perception.

3. Cultural Perspective: the conservation and enhancement of landscape elements that are considered "natural" in historic or cultural landscapes (Nassauer, 1995). For example, urban woodlands or rehabilitated wetlands.

2.1. Naturalness Principle in Space Design

Landscape architects utilise formal and perceptual approaches to strengthen the concept of naturalness in their designs.

Formal approaches include emphasising elements such as organic forms, naturally shaped plants, diversity in topography and the use of natural materials in spatial arrangements. These approaches allow the landscape to create a visually natural impression, while supporting ecological processes.

Table 1. Formal approaches

Material selection	Use of organic and local materials such as wood, stone, clay
Form understanding	Organic forms Use of the understanding of harmony and order in nature in design Emulation of forms in nature Imitation of natural processes (allowing ecological changes and water movements) Minimisation of structural elements
Presence of natural elements	Presence and diversity of plants Tall plants Use of local plants Presence of water Presence of animals

Perceptual approaches aim to provide visual and experiential clues that will facilitate users to perceive the space naturally. In this context, elements such as ‘visual complexity, width, depth, mystery, material and plant textures, colour diversity’ are used to direct the spatial perception towards naturalness. In addition, seasonal variability, visual continuity and unexpected natural elements are deliberately included in the design to enrich the user experience. These approaches contribute to the creation of landscape areas that support both ecological functionality and psychological healing.

2.2. Naturalness in Urban Green Spaces

Naturalness in urban green spaces is a very important design and planning principle in terms of both ecological sustainability and user experience. With increasing urbanisation, the protection and reproduction of nature within the urban fabric is important for both the continuity of biodiversity and the provision of urban ecosystem services. Naturalness is evaluated not only in terms of ecological authenticity in urban green spaces, but also in terms of the way users perceive the space as natural, psychological healing processes and social interaction. Studies

show that the perceived naturalness level has positive effects on the reduction of stress levels, renewal of attention and increase in general life satisfaction (Ulrich, 1983; Kaplan & Kaplan, 1989). For this reason, landscape architects develop many strategies to increase naturalness in urban green spaces, such as the use of local plant species, preservation of natural topography, supporting ecological processes and reflecting seasonal variability in the design.

Today, nature-based solutions and design principles that emulate nature come to the fore in landscape architects' projects. These approaches aim to strengthen both ecological performance and users' perception of naturalness. Projects such as High Line Park (New York) and Park am Gleisdreieck (Berlin) are examples of applications that successfully balance naturalness, urban use and aesthetic value.

Table 2. Evaluation of the naturalness of some projects in different cities

Park Name	Naturalness Approach	Design Features	Effects on the User
Yıldız Park (Istanbul)	Preservation of historical landscape texture and natural vegetation	Large wooded areas, natural slopes, water elements	Natural escape point in the city centre, stress-reducing effect
Atatürk City Forest (Istanbul)	Preservation of natural forest ecosystem	Controlled walking paths, natural water sources, flora-fauna diversity	Nature walk, observation, mental recovery
Park am Gleisdreieck (Berlin)	Transformation of industrial landscape by natural processes	Spontaneous vegetation, meadow areas, natural materials	Biological contribution to the urban ecosystem, ecological education area
High Line Park (New York)	Re-functionalisation of abandoned urban area as natural landscape	Minimal intervention to the spontaneous plant presence in the area	Natural impression in the urban environment, visual diversity
Central Park (New York)	The park is a response to the urbanisation process of the period with the imitation of natural processes and the integration of social-ecological functionality.	The design of the park is based on the concepts of "pastoral landscape" and "picturesque naturalness". Use of topographic diversity, water, natural materials and plant diversity	Providing social equality, getting away from the stress of urban life and rural landscape impression of the healing power of nature and public green areas

The dimensions of naturalness in these urban parks are evaluated as follows:

1. Ecological naturalness: preserving and enhancing the local ecosystem characteristics of the areas (use of local plant species, creating systems that mimic the water cycle, making design decisions compatible with the existing topography).
2. Perceptual naturalness: creating landscape views, plant diversity and spatial organisation that users feel natural.
3. Functional naturalness: maintaining ecosystem services (air purification, water filtration, habitat creation).
4. Cultural naturalness: protection and sustainability of natural areas in a historical or cultural context.

The effects of naturalness on the user in urban parks are multifaceted:

Mental improvement: Decrease in stress levels, attention recovery (Ulrich, 1984; Berman et al., 2008).

Physical activity: Natural incentive for walking, jogging and outdoor exercise.
Social interaction: Natural open spaces as social meeting points.
Ecological awareness: Nature education, biodiversity observations.

CONCLUSION: DESIGNING NATURALNESS IN URBAN GREEN SPACES

Designed environments affect the perspectives and feelings of their inhabitants about that place. With the qualities they possess, they can create focal points and direct their inhabitants. For this reason, landscapes that contain the quality of 'naturalness' both develop ecological awareness-protection feelings in the user and provide the user with opportunities such as calmness, peace, solitude, and connection with nature. In this context, it is very important for landscape architects to design naturalness in urban green spaces and manage user perception. In the design process of urban green spaces, landscape architects should make spatial design decisions by taking into account the characteristic features of local ecosystems, topographical structures and local plant species. The designer should ensure that users perceive the space as 'natural'. For this purpose, he/she should design areas where the user will have visual, sensory and cognitive experiences. The naturalness sought in landscape design is related to how the landscape looks and feels rather than its actual ecological structure. How does a landscape architect design naturalness in urban green spaces? We can explain the answer to this question with spatial design examples:



Naturalness in terms of Formal Approach

- ***Plant Composition and Form:*** Reeds, aquatic plants and trees are designed in the form of a vegetal arrangement imitating nature.
- ***Structural Elements:*** Modern pitched roofs and biomorphic pergolas exhibit an architectural language that integrates with nature.

Natural colours and surface textures provide a smooth transition, supporting the perception of peace and naturalness in the space.

Naturalness in terms of Perceptual Approach

- ***Elements that Increase Natural Perception:*** Elements such as water, vegetal diversity and the balance of fullness and emptiness in the image facilitate the individual's connection with the natural environment.
- ***Visual Continuity:*** The reflection provided by the water surface and the connection with the sky increase the spatial depth-continuity and create a sense of calmness. The continuity between the plants and the naturalness of the plant forms give the feeling of spontaneous formation in nature.
- ***User Interaction:*** The active presence of people

Figure 1. Example of spatial design I



Naturalness in terms of Formal Approach

- ***Plant Composition and Form:*** In the herbal arrangement, the naturalness feature is strengthened by using trees with their natural form. In addition, trees are placed at certain intervals and the harmony in nature is carried to the space.
- ***Structural Elements:*** The similar forms of the seating element and the floor covering, the grass between the floor coverings have brought the harmony in nature to the space. This simplicity supports the perception of calmness and naturalness in the space.
The green texture on the hard floors softens the solid

Naturalness in terms of Perceptual Approach

- ***Elements Increasing Natural Perception:*** The grass strips in the ground visually soften the hardness of the space and establish a connection with nature in the user's perception. Details such as trees and fallen leaves on the ground increase perceptual naturalness by showing seasonal change.
- ***Visual Continuity:*** The continuity between tree and shrub texture supports the contact with nature. The scattering of leaves on the ground creates a detail that feels natural.
- ***User Interaction:*** The presence of different user groups such as children, families and residents in the area, especially children's free movement and play in the space, makes the space perceived as a natural

Figure 2. Example of spatial design II



Naturalness in terms of Formal Approach

- ***Plant Composition and Form:*** The plant species in the area are diverse; reeds, herbaceous plants, shrubs and trees are positioned in accordance with natural ecotone transitions. The organic distribution of the plants successfully imitates the randomness of nature and reinforces the formal naturalness.
- ***Structural Elements:*** The gradual topography created by the different elevations on the surface, rock settlements and the waterfall element is designed as a part of the natural landscape. The natural texture (sand-like) and rocks on the ground further strengthen the naturalness effect.
- ***Water element:*** The organic form of the pond, the reeds on the shore and the presence of animals in the

Naturalness in terms of Perceptual Approach

- ***Elements that Enhance Natural Perception:*** The walking paths among the reeds and individuals sitting on the sandy ground cause a strong sensory connection with the tactile and visual diversity of the space. The waterfall and the sound of water create an auditory effect of integration with nature.
- ***Visual Continuity:*** The continuity between tree and shrub texture, the presence of flamingos in the pond increase the naturalness of the area not only visually but also in terms of biodiversity perception. The fact that humans and animals can be in the same environment is an important indicator of naturalness.
- ***User Interaction:*** In the space, people are in direct contact with nature by standing, sitting, playing with their children or walking. This interaction shows that the space is

Figure 3. Example of spatial design III

REFERENCES

Clay, G., R. ve Smidt R., K., 2004. Assessing the Validity and Reliability of Descriptor Variables Used in Scenic Highway Analysis, *Landscape and Urban Planning*, 66.

Gobster, P. H. (1999). An ecological aesthetic for forest landscape management. Landscape journal, 18(1), 54-64.

Hunter, M.R., Askarinejad, A., 2015. Designer's approach for scene selection in tests of preference and restoration along a continuum of natural to manmade environments. Front. *Psychol*, 6, 1228.

Kaplan, R. ve Kaplan, S., 1989. The Experience of Nature: A Psychological Perspective. First edition. 356s, Cambridge University Press, New York.

Kellert, S., R. ve Wilson, E., O., 1993. The Biophilia Hypothesis. Island Press/ Shearwater Books, Washington D.C.

Kellert, S.,R., 1996. The Value of Life: Biological Diversity and Human Society, Shearwater Books, Washington D.C.

Krapez, A., Hughes, M., ve Newsome, D., 2021. Perceptions of 'naturalness' by urban park visitors: Insights from Perth, Western Australia. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9,4, 450-462.

Kurak, N., (2022). Kentsel yeşil alanlardaki algılanan doğallığın sosyalleşme üzerindeki etkisinin incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Nassauer, J. I. (1995). Messy ecosystems, orderly frames. Landscape journal, 14(2), 161-170.

Purcell, A.T. ve Lamb, R.J., 1998. Preference and naturalness: an ecological approach, Landscape and Urban Planning, 42, 57–66.

Tveit, M., Ode, Å., & Fry, G. (2006). Key concepts in a framework for analysing visual landscape character. *Landscape research*, *31*(3), 229-255.

Ulrich, R. S., (1983). Aesthetic and Affective Response to Natural Environment. In I. Altman, & J. F. Wohlwill (Eds.). Behavior and the natural environment. Chapter 6, 85–125. Plenum press. New York.

FARKLI TÜRLERDEKİ AHŞAP KORUYUCU YAĞLARININ ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ANADOLU KESTANESİ ODUNUNA UYGULANMASI

Prof. Dr. Hüseyin PEKER[1], Doç. Dr. Göksel ULAY[2] ve Doç. Dr. Ümit AYATA[3]

[1]Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye
peker100@artvin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7771-6993
[2]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816
[3*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, Anadolu kestanesi odununa uygulanan farklı ısıl işlem sıcaklıkları (190°C'de 1.5 saat ve 212°C'de 2 saat) ile çeşitli ticari yağların (teras yağı, masif tezgâh yağı, parke yağı, sauna yağı ve saman yağı) yüzey renk özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. *L** değerleri, tüm yağ türleriyle uygulanan işlemler sonucunda, hem ısıl işlem görmüş hem de görmemiş odun örneklerinde azalma göstermiştir. *C**, *b** ve *a** renk parametreleri ise tüm yağlarla yapılan uygulamalarda ısıl işlemsiz örneklerde artış gösterirken, ısıl işlem uygulanmış deney gruplarında düşüş sergilemiştir. h^o değerleri, tüm yağ türleriyle ısıl işlemsiz örneklerde azalma eğilimi gösterirken, yüksek sıcaklıkta (212 °C'de 2 saat) işlem gören örneklerde artış göstermiştir. Ayrıca, 190°C'de 1.5 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış grupta yalnızca sauna yağı ile işlem gören örneklerde h^o değerinde artış meydana gelmiş; diğer yağlarla işlem görmüş örneklerde ise h^o değerleri azalmıştır. Bu sonuçlar, ısıl işlem ve kullanılan yağ türünün odun yüzey rengi üzerinde önemli değişimlere yol açtığını ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Anadolu kestanesi, ısıl işlem, renk değişimi, ahşap koruyucu yağlar

The Application of Wood Finishing Oils of Different Types to Thermally Modified Anatolian Chestnut Wood

Abstract

In this study, the effects of different heat treatment temperatures (190 C for 1.5 h and 212°C for 2 h) and various commercial oils (deck oil, solid countertop oil, parquet oil, sauna oil, and straw oil) on the surface color properties of Anatolian chestnut wood were investigated. The *L** values decreased in both heat-treated and untreated wood samples after the application of all oil types. The *C**, *b**, and *a** color parameters increased in untreated samples with all oils, while they decreased in the heat-treated groups. The h^o values tended to decrease in the untreated samples with all oil applications but increased in the samples treated at high temperature (212°C for 2 h). Additionally, in the group treated at 190°C for 1.5 h, an increase in ho was observed only in the samples treated with sauna oil, whereas a decrease occurred in the samples treated with the other oils. The findings indicate that both the heat treatment and the type of oil applied cause significant changes in the wood surface color.
Keywords: Anatolian chestnut, heat treatment, color change, wood protective oils

1. Giriş

Bir kaynağın verimli bir şekilde kullanılabilmesi için, onun özelliklerini ve nihai ürünü desteklemek için en iyi şekilde nasıl yönetileceğini anlamak gereklidir. Bu bağlamda, ahşap giderek daha fazla incelenmekte ve kullanımına ilişkin en büyük endişelerden biri, bu malzemenin anisotropik ve biyolojik doğasından kaynaklanan boyutsal istikrarsızlığını azaltmak ve doğal dayanıklılığını artırmaktır. Ahşabın özelliklerinin iyileştirilmesi, bu malzemeyi kullanan sektörlerin rekabetçiliğini artırarak, ahşaba katma değer sağlamayı mümkün kılmaktadır (Hermida de Paula ve ark., 2023).

Son yıllarda termal işlenmiş ahşaba olan ilgi, 2004 yılında Avrupa Komisyonu tarafından kimyasal olarak işlenmiş ahşap kullanımının yasaklanması ve elde edilen ürünlerin çevre dostu, yüksek biyolojik stabilite, dayanıklılık, düşük denge nem içeriği ve geniş renk yelpazesi gibi benzersiz özellikleri nedeniyle artmıştır. Bu alandaki araştırmalar son 10-15 yıldır Finlandiya (Teknoloji - Thermowood®), Fransa (Retifikasyon), Amerika (WEST-WOOD), Letonya (Vacuum Plus), Almanya (Thermoholz) gibi ülkelerde yapılmaktadır. Termal işlenmiş ahşap malzemelerinin sıvılarda araştırma ve teknoloji geliştirme sorunları, yabancı bilim insanları tarafından yapılan birçok çalışmanın konusudur (Safin ve ark., 2014).

Ahşap ısıtıldığında meydana gelen kimyasal değişiklikler, açıklanması güç bir konu olup birçok zorluk içermektedir. Aynı anda bir dizi kimyasal reaksiyon gerçekleşir ve bu reaksiyonlar hem endotermik hem de ekzotermik reaksiyonların kombinasyonlarıdır. Bu durum, farklı reaksiyonlar için başlama sıcaklıklarını belirlemeyi neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Analiz, ayrıca reaksiyonlar arasındaki etkileşimlerle daha da karmaşıklaşır. Bu, bir bileşenin izole edilmiş bir türevi üzerinde yapılan analizlerin, aslında ahşap içinde gerçekleşenlerle çok farklı olabileceği anlamına gelmektedir. Ahşap içinde bulunan bileşenler arasındaki etkileşimlerin yanı sıra, ahşabın işlem atmosferiyle de etkileşimler bulunmaktadır (Johansson, 2008). Finlandiya'da ahşabın ısıl işlemi, 90'ların başında Mänttä'ya ilk işlem tesisinin kurulmasıyla başlamıştır. İlk on yıl boyunca bu yeni malzemeye olan ilgi artmış ve bugün Finlandiya'da sekiz adet geleneksel ısıl işlem tesisi bulunmaktadır. Araştırma çalışmaları hemen hemen aynı zamanda başlamıştır. Bugün üreticiler, özellikle ısıl işlem görmüş ahşabın kalite kontrolü ve sınıflandırılmasına yönelik araştırma projelerinde işbirliği yapmaktadır (Syrjanen, 2001).

Ahşaba koruyucu yağların uygulanması, ahşap malzemelerin ömrünü uzatmak ve estetik özelliklerini korumak amacıyla önemli bir işlemdir. Ahşap, doğal yapısı gereği suyu emme eğilimindedir ve bu durum, malzemenin şişmesine, çürümesine ve zamanla bozulmasına yol açabilmektedir. Koruyucu yağlar, ahşabın yüzeyinde su geçirmez bir bariyer oluşturarak, ahşabın suya karşı direncini artırır ve bu tür bozulmalara karşı korunmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, yağlar ahşabın doğal rengini derinleştirmektedir, estetik açıdan daha çekici bir görünüm elde edilmesine katkı sunmaktadır. Yağlar, ahşabın yüzeyinde meydana gelebilecek güneş ışığı, rüzgâr, kir ve diğer aşındırıcı etmenlere karşı da koruma sağlamaktadır.

Bu çalışmada, farklı türlerdeki ahşap koyucu yağlarının (teras, masif tezgâh, parke, sauna ve saman) ısıl işlem görmüş (190^{o}C'de 1.5 saat ve 212^{o}C'de 2 saat) ve görmemiş Anadolu kestanesi odununa uygulanmasının renk özelliklerine etkileri incelenmiştir. Ahşap malzemelerin renk değişimi, uygulanan işlemler ve kullanılan yağ türleriyle doğrudan ilişkilidir. Isıl işlem, ahşabın doğal rengini değiştirebilir ve koyucu yağlar, bu değişimi pekiştirerek daha derin ve koruyucu bir renk tonu oluşturabilir. Bu araştırma, ısıl işlem görmüş Anadolu kestanesi odununun farklı koyucu yağlarla uygulanmasının, renk parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar, kullanılan yağ türlerine göre ahşabın renk tonlarında meydana gelen değişimleri ve bu değişimlerin ahşabın estetik özelliklerine katkılarını değerlendirmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ağaç tütününe ait deney numuneleri 100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976). Çalışmada seçilen ahşap türüne ait deney örnekleri, ısıl işlemli ahşap malzemeleri ve yağlar (teras yağı, masif tezgâh yağı, parke yağı, sauna yağı ve saman yağı) satın alınma yolu ile elde edilmiştir.

2.2. Metot

Ahşap örnek malzemelere yönelik ısıl işlemler, özel bir firma tarafından 190°C sıcaklıkta 1.5 saat ve 212°C sıcaklıkta 2 saat olacak şekilde iki farklı uygulama periyodunda gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem sonrası ve kontrol grubu örneklerine, yüzeyden fırça yardımıyla tek kat hâlinde farklı ticari yağ türleri (teras yağı, masif tezgâh yağı, parke yağı, sauna yağı ve saman yağı) uygulanmıştır. Yağ uygulamasının ardından örnekler oda koşullarında yedi gün boyunca kuruması için bekletilmiştir. Deney kapsamında, farklı yağ türleriyle işlem görmüş ve herhangi bir uygulamaya tabi tutulmamış örneklerde meydana gelen renk değişimleri, CS-10 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007). Ölçümler; ışıklılık (L^*), kırmızı (a^*) ve sarı (b^*) renk tonları, kroma (C^*) ve ton açısı (h^o) gibi parametreleri içermektedir. Kroma farkı ΔC^* ile ton veya gölge farkı ise ΔH^* ile ifade edilmektedir (Lange, 1999). Renk parametrelerine (ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^*) dair açıklamalar (Lange, 1999) ile toplam renk farkı ΔE^*'ye ilişkin değerlendirme kriterleri (Jirouš ve Ljuljka, 1999) Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklamalar (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999)

Parametre (Lange, 1999) ►	**Pozitif Durumda**	**Negatif Durumda**
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık
ΔL^*	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δb^*	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
Δa^*	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
Jirouš ve Ljuljka, (1999) İçin ΔE^* Değerleri	**ΔE^* Aralığı ►**	**Renk Değişim Tahmini**
	> 12.00	Çok yoğun
	6.00 - 12.00	Yoğun
	3.00 - 6.00	Çok belirgin
	1.50 - 3.00	Belirgin
	0.50 - 1.50	Hafif
	0.20 - 0.50	Çok hafif
	< 0.20	Anlaşılamaz

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^o = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş}}) - (C^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş}}) - (a^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş}}) - (L^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş}}) - (b^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Varyans analizleri, maksimum ile minimum değerleri, homojenlik grupları, ortalamalar, standart sapmaları ve % değişim oranları bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de ve sonuçların grafiksek gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları, ısıl işlem uygulamaları ve yağ türlerinin renk parametreleri üzerindeki etkilerinin anlamlı olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

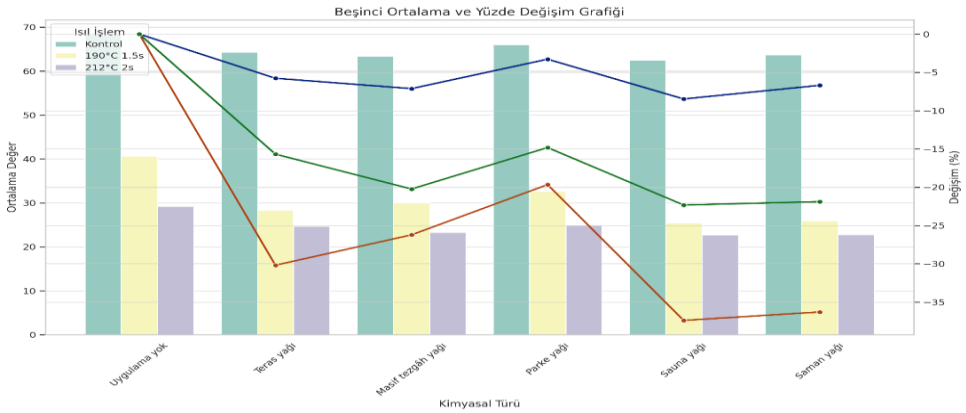
Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	α≤0.05 (*: Anlamlı)
L*	**Isıl İşlem Uygulaması (A)**	56275.981	2	28137.991	72438.540	0.000*
	Yağ Türü (B)	1681.294	5	336.259	865.666	0.000*
	Etkileşim (AB)	429.709	10	42.971	110.624	0.000*
	Hata	62.927	162	0.388		
	Toplam	345471.543	180			
	Düzeltilmiş Toplam	58449.911	179			
a*	**Isıl İşlem Uygulaması (A)**	2463.794	2	1231.897	14085.868	0.000*
	Yağ Türü (B)	322.727	5	64.545	738.031	0.000*
	Etkileşim (AB)	771.097	10	77.110	881.695	0.000*
	Hata	14.168	162	0.087		
	Toplam	8508.811	180			
	Düzeltilmiş Toplam	3571.786	179			
b*	**Isıl İşlem Uygulaması (A)**	15285.881	2	7642.941	81928.369	0.000*
	Yağ Türü (B)	285.261	5	57.052	611.571	0.000*
	Etkileşim (AB)	1350.161	10	135.016	1447.303	0.000*
	Hata	15.113	162	0.093		
	Toplam	49189.984	180			
	Düzeltilmiş Toplam	16936.417	179			
C*	**Isıl İşlem Uygulaması (A)**	16277.153	2	8138.577	26363.831	0.000*
	Yağ Türü (B)	441.084	5	88.217	285.766	0.000*
	Etkileşim (AB)	1960.978	10	196.098	635.233	0.000*
	Hata	50.010	162	0.309		
	Toplam	57896.375	180			
	Düzeltilmiş Toplam	18729.224	179			
h°	**Isıl İşlem Uygulaması (A)**	42295.486	2	21147.743	8183.824	0.000*
	Yağ Türü (B)	11781.994	5	2356.399	911.887	0.000*
	Etkileşim (AB)	22303.246	10	2230.325	863.098	0.000*
	Hata	418.623	162	2.584		
	Toplam	1063311.283	180			
	Düzeltilmiş Toplam	76799.348	179			

*L** (ışıklılık) parametresine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4'de gösterilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış kontrol örneğinde, *L** değeri 68.27 olarak ölçülmüş ve bu değer, odunun doğal hâlinin oldukça açık renkli olduğunu göstermektedir. En düşük renk açıklığı değeri sauna yağı uygulamasında (%8.47 azalma ile 62.49), en yüksek ise parke yağı uygulamasında (%3.28 azalma ile 66.03) gözlenmiştir. 190°C'de 1.5 saat süreyle uygulanan ısıl işlem sonrasında ise, işlem görmemiş örneğe kıyasla *L** değeri oldukça düşerek 40.65'e gerilemiştir. En yüksek *L** düşüşü sauna yağı ile gerçekleştirilmiş olup, %37.39 oranında azalma gözlenmiştir. Parke yağı ise %19.66'lık düşüşle bu grupta en az renk koyulaşmasına sebep olan uygulama olmuştur. 212°C'de 2 saat süreyle yapılan daha yoğun ısıl işlemde, *L** değeri uygulama yapılmamış örnekte 29.21'e kadar düşmüştür. Bu gruba uygulanan yağlar arasında sauna yağı ve saman

yağı en düşük *L** değerlerini üretmiş (sırasıyla 22.69 ve 22.82), dolayısıyla en koyu görünümü sağlamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. *L** parametresine ait ölçüm sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	Uygulama yok	68.27	-	A*	0.26	67.85	68.71	0.38
	Teras yağı	64.33	↓5.77	C	2.03	61.14	66.46	3.16
	Masif tezgâh yağı	63.41	↓7.12	D	1.38	62.09	65.15	2.18
	Parke yağı	66.03	↓3.28	B	0.26	65.60	66.33	0.39
	Sauna yağı	62.49	↓8.47	E	0.15	62.23	62.69	0.24
	Saman yağı	63.70	↓6.69	D	0.46	62.79	64.14	0.72
190°C'de 1.5 saat	Uygulama yok	40.65	-	F	0.15	40.42	40.98	0.37
	Teras yağı	28.38	↓30.18	J	0.36	27.93	28.82	1.27
	Masif tezgâh yağı	29.99	↓26.22	H	0.09	29.90	30.12	0.29
	Parke yağı	32.66	↓19.66	G	0.16	32.45	33.01	0.48
	Sauna yağı	25.45	↓37.39	K	0.19	25.13	25.63	0.75
	Saman yağı	25.90	↓36.29	K	0.14	25.69	26.10	0.55
212°C'de 2 saat	Uygulama yok	29.21	-	I	0.13	28.95	29.37	0.45
	Teras yağı	24.63	↓15.68	L	0.40	24.20	25.36	1.61
	Masif tezgâh yağı	23.30	↓20.23	M	0.21	23.09	23.53	0.89
	Parke yağı	24.88	↓14.82	L	0.13	24.78	25.09	0.52
	Sauna yağı	22.69	↓22.32	N**	0.19	22.49	23.10	0.83
	Saman yağı	22.82	↓21.88	MN	0.27	22.51	23.19	1.20
Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								

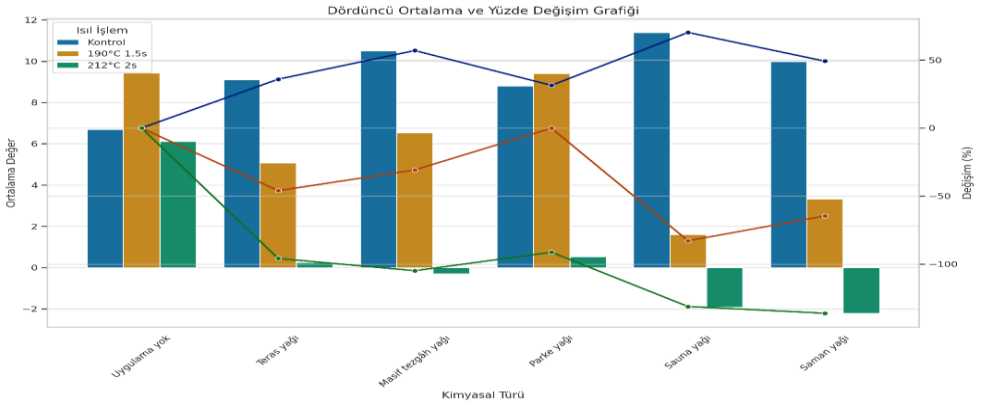


Şekil 1. *L** parametresine ait ölçüm sonuçlarının grafiksek gösterimi

*a** parametresine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4'de ve sonuçların grafiksek gösterimi Şekil 2'de sunulmuştur. Isıl işlem uygulanmamış kontrol örneğinde, *a** değeri 6.69 olarak belirlenmiştir. Farklı yağ uygulamaları bu kırmızılığı artırmış; özellikle sauna yağı (%70.25 artış, *a** = 11.39) ve masif tezgâh yağı (%56.95 artış, *a** = 10.50) uygulamaları kırmızı tonlarını güçlendirmiştir. Ancak 190°C'de 1.5 saatlik ısıl işlem sonrasında bu eğilim tersine dönmüş, *a** değeri işlem yapılmamış grupta 9.42 olarak ölçülse de, yağ uygulamaları genel olarak kırmızımsılığı azaltmıştır. Özellikle sauna yağı (%82.91 azalma, *a** = 1.61) ve saman yağı (%64.65 azalma, *a** = 3.33) uygulamaları belirgin şekilde daha nötr veya yeşilimsi tonlara yaklaşan bir yüzey oluşturmuştur. Sadece parke yağı bu grupta *a** değerini büyük oranda koruyarak (*a** = 9.41) istisna oluşturmuştur. 212°C'de 2 saat süreyle yapılan yoğun ısıl işlem sonrasında ise, *a** değerinde çarpıcı düşüşler meydana gelmiştir. Isıl işlem uygulanmamış örneğin *a** değeri 6.11 iken, yağ uygulamaları sonucu bu değer negatif değerlere inmiştir. Özellikle saman yağı (-2.21, %136.17 azalma) ve sauna yağı (-1.91, %131.26 azalma) uygulamaları, yüzeyi yeşilimsi renge dönüştürmüştür. Diğer yağlar da benzer şekilde kırmızılık değerini ciddi oranda düşürmüş; örneğin masif tezgâh yağı ile *a** değeri negatif (-0.30) olmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. *a** parametresine ait ölçüm sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	Orta-lama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	Uygulama yok	6.69	-	G	0.23	6.34	6.99	3.40
	Teras yağı	9.09	↑35.87	E	0.50	8.42	9.90	5.48
	Masif tezgâh yağı	10.50	↑56.95	B	0.33	9.73	10.95	3.16
	Parke yağı	8.79	↑31.39	F	0.17	8.52	9.06	1.93
	Sauna yağı	11.39	↑70.25	A*	0.25	10.92	11.76	2.18
	Saman yağı	9.98	↑49.18	C	0.28	9.51	10.31	2.77
190°C'de 1.5 saat	Uygulama yok	9.42	-	D	0.39	8.55	9.92	4.12
	Teras yağı	5.08	↓46.07	I	0.58	4.19	5.72	11.35
	Masif tezgâh yağı	6.52	↓30.79	G	0.24	6.15	6.95	3.65
	Parke yağı	9.41	↓0.11	D	0.26	9.06	9.74	2.75
	Sauna yağı	1.61	↓82.91	K	0.19	1.33	1.87	12.08
	Saman yağı	3.33	↓64.65	J	0.19	2.94	3.72	5.71
212°C'de 2 saat	Uygulama yok	6.11	-	H	0.20	5.84	6.50	3.31
	Teras yağı	0.25	↓95.91	M	0.11	0.07	0.43	43.30
	Masif tezgâh yağı	-0.30	↓104.91	N	0.20	-0.57	-0.10	-66.44
	Parke yağı	0.53	↓91.33	L	0.25	0.15	0.88	47.11
	Sauna yağı	-1.91	↓131.26	O	0.24	-2.10	-1.60	-12.52
	Saman yağı	-2.21	↓136.17	P**	0.32	-2.51	-1.71	-14.73
Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								



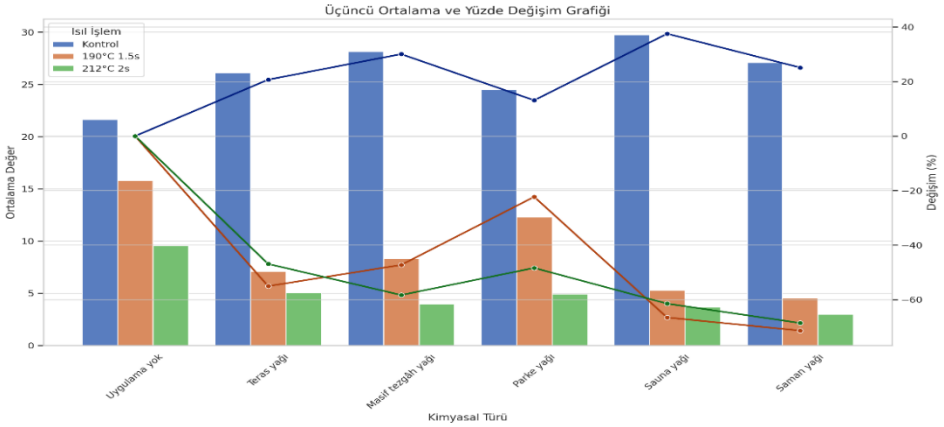
Şekil 2. *a** parametresine ait ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi

*b** (sarı-mavi ekseni) parametresine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4'de ve sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 3'de gösterilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış kontrol örneğinde *b** değeri 21.66 olarak ölçülmüş ve bu değer, odunun doğal hâlde belirgin şekilde sarımsı tonlara sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle sauna yağı (%37.53 artış, *b** = 29.79) ve masif tezgâh yağı (%30.06 artış, *b** = 28.17) uygulamaları en yüksek sarılık artışını sağlamış, parke yağı (%13.11 artış) ise en düşük artışı göstermiştir. 190°C'de 1.5 saatlik ısıl işlem uygulanan örnekte ise *b** değeri 15.82'ye düşmüştür. Isıl işlem sonrası uygulanan yağlar *b** değerini daha da düşürmüştür. Özellikle saman yağı (%71.37 azalma, b* = 4.53) ve sauna yağı (%66.56 azalma, *b** = 5.29) ile sarı tonlar neredeyse tamamen bastırılmıştır. Sadece parke yağı uygulaması nispeten daha yüksek bir *b** değeri (12.29) ile sarılığın bir kısmını koruyabilmiştir. 212°C'de 2 saatlik daha yoğun ısıl işlem uygulanan örnekte *b** değeri 9.55'e gerilemiştir. Bu gruba uygulanan yağlar da sarılığı ciddi biçimde azaltmıştır. Saman yağı (%68.59 azalma, *b** = 3.00) ve sauna yağı (%61.47 azalma, *b** = 3.68) yine en düşük *b** değerlerini üretmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. *b** parametresine ait ölçüm sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	Orta-lama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	Uygulama yok	21.66	-	F	0.17	21.42	22.00	0.77
	Teras yağı	26.14	↑20.68	D	0.29	25.86	26.63	1.10
	Masif tezgâh yağı	28.17	↑30.06	B	0.29	27.80	28.68	1.03
	Parke yağı	24.50	↑13.11	E	0.18	24.19	24.72	0.73
	Sauna yağı	29.79	↑37.53	A*	0.18	29.48	30.11	0.59
	Saman yağı	27.10	↑25.12	C	0.15	26.96	27.38	0.54

190°C'de 1.5 saat	**Uygulama yok**	15.82	-	G	0.15	15.54	16.07	0.97
	Teras yağı	7.11	↓55.06	K	0.41	6.54	7.68	5.76
	Masif tezgâh yağı	8.34	↓47.28	J	0.29	7.91	8.73	3.43
	Parke yağı	12.29	↓22.31	H	0.24	11.95	12.66	1.93
	Sauna yağı	5.29	↓66.56	L	0.34	4.94	5.82	6.47
	Saman yağı	4.53	↓71.37	N	0.20	4.11	4.95	4.40
212°C'de 2 saat	**Uygulama yok**	9.55	-	I	0.18	9.27	9.70	1.89
	Teras yağı	5.07	↓46.91	LM	0.49	4.45	5.84	9.75
	Masif tezgâh yağı	3.98	↓58.32	O	0.58	3.08	4.52	14.60
	Parke yağı	4.93	↓48.38	M	0.31	4.47	5.41	6.26
	Sauna yağı	3.68	↓61.47	P	0.25	3.48	3.97	6.81
	Saman yağı	3.00	↓68.59	Q**	0.38	2.54	3.47	12.57
Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								



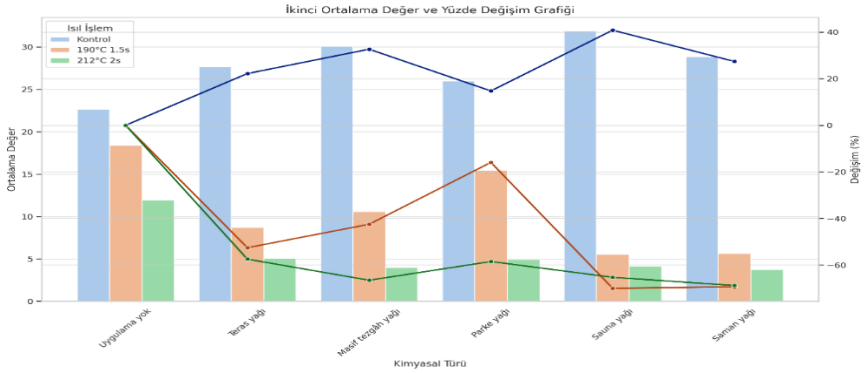
Şekil 3. *b** parametresine ait ölçüm sonuçlarının grafiksek gösterimi

*C** (renk doygunluğu/canlılık) parametresine ait ölçüm sonuçları Çizelge 6'da ve sonuçların grafiksek gösterimi Şekil 4'de sunulmuştur. Isıl işlem uygulanmamış kontrol örneğinde *C** değeri 22.67 olarak ölçülmüştür. Bu grupta uygulanan tüm koruyucu yağlar renk doygunluğunu daha da artırmış; özellikle sauna yağı (%40.80 artış, *C** = 31.92) ve masif tezgâh yağı (%32.64 artış, *C** = 30.07) ile en yüksek canlılık değerleri elde edilmiştir. Diğer yağlar da benzer şekilde artış sağlamış ve renkleri belirginleştirmiştir. 190°C'de 1.5 saat süreyle yapılan ısıl işlem sonrasında, uygulama yapılmamış örnekte *C** değeri 18.41'e düşmüştür. Yağ uygulamaları bu grupta da canlılığı daha da baskılamış; özellikle sauna yağı (%69.96 azalma, *C** = 5.53) ve saman yağı (%69.31 azalma, *C** = 5.65) renk doygunluğunda en ciddi düşüşleri yaratmıştır. Sadece parke yağı uygulaması, *C** değerini nispeten yüksek tutarak (15.48) canlılığı kısmen koruyabilmiştir. 212°C'de 2 saatlik daha yoğun ısıl işlemde ise, işlem görmemiş örneğin *C** değeri 11.94'e kadar düşmüştür. Özellikle saman yağı (*C** = 3.73, %68.76 azalma) ve masif tezgâh yağı (*C** = 4.00, %66.50 azalma) ile elde edilen yüzeyler oldukça mat ve cansız bir görünüm sergilemiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. *C** parametresine ait ölçüm sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	Orta-lama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	**Uygulama yok**	22.67	-	F	0.20	22.40	23.08	0.89
	Teras yağı	27.70	↑22.19	D	0.37	27.29	28.23	1.35
	Masif tezgâh yağı	30.07	↑32.64	B	0.36	29.45	30.70	1.19
	Parke yağı	26.01	↑14.73	E	0.21	25.67	26.26	0.79
	Sauna yağı	31.92	↑40.80	A*	0.24	31.58	32.40	0.74
	Saman yağı	28.88	↑27.39	C	0.18	28.62	29.26	0.61
190°C'de 1.5 saat	**Uygulama yok**	18.41	-	G	0.17	18.07	18.57	0.94
	Teras yağı	8.74	↓52.53	K	0.64	7.98	9.51	7.27
	Masif tezgâh yağı	10.59	↓42.48	J	0.29	10.19	11.16	2.74
	Parke yağı	15.48	↓15.92	H	0.26	15.11	15.92	1.67
	Sauna yağı	5.53	↓69.96	LM	0.32	5.17	6.06	5.75
	Saman yağı	5.65	↓69.31	L	0.18	5.26	5.88	3.13

212ºC'de 2 saat	**Uygulama yok**	11.94	-	I	1.84	11.13	17.17	15.43
	Teras yağı	5.08	↓57.45	MN	0.49	4.47	5.86	9.74
	Masif tezgâh yağı	4.00	↓66.50	O	0.58	3.08	4.55	14.60
	Parke yağı	4.96	↓58.46	N	0.32	4.51	5.48	6.41
	Sauna yağı	4.15	↓65.24	O	0.31	3.84	4.50	7.43
	Saman yağı	3.73	↓68.76	O**	0.48	3.07	4.29	12.77
Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								

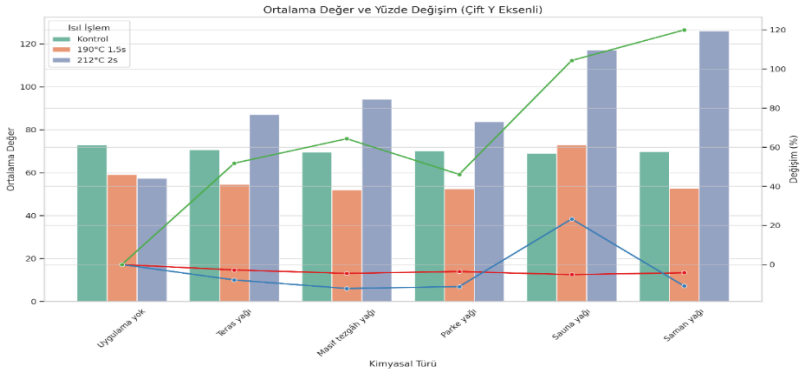


Şekil 4. *C** parametresine ait ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi

h^o (renk tonu) parametresine ait ölçüm sonuçları Çizelge 7'de ve sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 5'de sunulmuştur. Kontrol grubunda, yani ısıl işlem uygulanmamış örnekte h^o değeri 72.84 olarak ölçülmüş ve bu, odunun doğal renginin sarımsı-yeşilimsi tonlarda olduğunu göstermektedir. 190°C'de 1.5 saat süresince yapılan ısıl işlem sonrasında h^o değeri 59.23'e düşmüş ve bu da odunun renginin daha nötr ve koyu tonlara kaydığını göstermektedir. Özellikle sauna yağı uygulaması, h^o değerini 73.04'e çıkararak odunun rengini daha sarımsı hale getirmiştir. 212°C'de 2 saatlik daha yoğun ısıl işlem sonrasında ise h^o değeri 57.39'a gerilemiş ve odunun tonu daha da nötrleşmiştir. Saman yağı uygulaması, h^o değerini 126.21'e çıkararak en yüksek artışı sağlarken, sauna yağı da h^o değerini 117.26'ya yükseltmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. h^o parametresine ait ölçüm sonuçları

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	**Uygulama yok**	72.84	-	F	0.49	72.36	73.70	0.68
	Teras yağı	70.82	↓2.77	G	0.93	69.05	72.04	1.31
	Masif tezgâh yağı	69.57	↓4.49	GH	0.49	69.00	70.71	0.71
	Parke yağı	70.24	↓3.57	GH	0.30	69.80	70.73	0.43
	Sauna yağı	69.08	↓5.16	H	0.42	68.36	69.81	0.61
	Saman yağı	69.79	↓4.19	GH	0.51	69.07	70.58	0.74
190ºC'de 1.5 saat	**Uygulama yok**	59.23	-	I	1.19	57.70	61.75	2.01
	Teras yağı	54.56	↓7.88	K	2.09	51.93	58.74	3.82
	Masif tezgâh yağı	51.98	↓12.24	L**	1.26	49.85	53.92	2.42
	Parke yağı	52.55	↓11.28	L	0.88	51.30	53.67	1.67
	Sauna yağı	73.04	↑23.32	F	2.47	69.26	76.06	3.38
	Saman yağı	52.72	↓10.99	L	1.28	50.73	54.14	2.43
212ºC'de 2 saat	**Uygulama yok**	57.39	-	J	1.18	54.99	58.77	2.06
	Teras yağı	87.13	↑51.82	D	1.23	85.34	89.12	1.41
	Masif tezgâh yağı	94.31	↑64.33	C	2.67	91.33	99.27	2.83
	Parke yağı	83.85	↑46.11	E	2.67	80.67	88.18	3.19
	Sauna yağı	117.26	↑104.32	B	2.27	114.56	120.96	1.94
	Saman yağı	126.21	↑119.92	A*	2.54	123.00	129.91	2.01
Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Grubu Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								

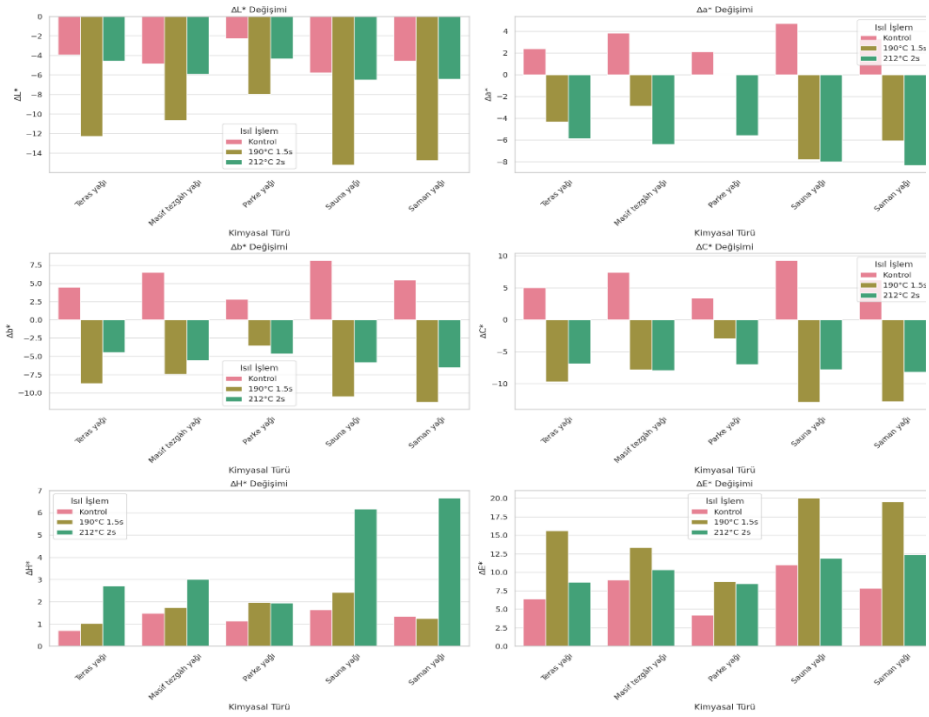


Şekil 5. h^o parametresine ait ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Çizelge 8'de ve sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 8. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçların grafiksel gösterimi

Isıl İşlem Uygulaması	Kimyasal Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk Kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999)
Kontrol (Isıl İşlem Yok)	Teras yağı	-3.94	2.40	4.48	5.03	0.71	6.43	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Masif tezgâh yağı	-4.86	3.81	6.52	7.40	1.49	8.97	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Parke yağı	-2.24	2.10	2.84	3.35	1.14	4.19	Çok belirgin (3.00 - 6.00)
	Sauna yağı	-5.78	4.70	8.13	9.25	1.64	11.03	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Saman yağı	-4.57	3.29	5.44	6.21	1.35	7.83	Yoğun (6.00 - 12.00)
190°C'de 1.5 saat	Teras yağı	-12.27	-4.34	-8.71	-9.67	1.03	15.66	Çok yoğun (> 12.00)
	Masif tezgâh yağı	-10.66	-2.90	-7.48	-7.82	1.75	13.34	Çok yoğun (> 12.00)
	Parke yağı	-7.99	0.00	-3.52	-2.93	1.96	8.73	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Sauna yağı	-15.20	-7.81	-10.53	-12.88	2.42	20.07	Çok yoğun (> 12.00)
	Saman yağı	-14.75	-6.09	-11.28	-12.76	1.24	19.54	Çok yoğun (> 12.00)
212°C'de 2 saat	Teras yağı	-4.58	-5.86	-4.48	-6.86	2.71	8.68	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Masif tezgâh yağı	-5.92	-6.41	-5.57	-7.94	3.00	10.35	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Parke yağı	-4.33	-5.58	-4.63	-6.98	1.95	8.44	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Sauna yağı	-6.52	-8.01	-5.87	-7.79	6.17	11.88	Yoğun (6.00 - 12.00)
	Saman yağı	-6.39	-8.32	-6.55	-8.21	6.68	12.37	Çok yoğun (> 12.00)



Şekil 6. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçların grafiksel gösterimi

Isıl işlem uygulanmadan önce, kullanılan yağ türlerinin çoğu "yoğun (6.00 - 12.00)" renk değişimi gösterirken, park yağı "çok belirgin (3.00 - 6.00)" renk değişimi sergilemiştir. Isıl işlem sonrası ise tüm yağ türleri belirgin şekilde renk değişiklikleri göstermiş, özellikle sauna yağı ve saman yağı, 190°C'de 1.5 saatlik işlemde "çok yoğun (>12.00)" renk değişimi ile öne çıkmıştır. 212°C'de yapılan işlemde de saman yağı, "çok yoğun (>12.00)" renk değişimi gösterirken, diğer yağlar "yoğun (6.00 - 12.00)" renk değişimi sergilemiştir. Bu sonuçlar, her bir yağın ısıl işlem sonrası ahşap yüzeyindeki renk değişimini farklı şekilde etkilediğini ve yüksek sıcaklık ile uygulanan ısıl işlemlerin renk değişimini belirgin bir şekilde arttırdığını göstermektedir (Çizelge 8).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Anadolu kestanesi odununa uygulanan farklı ısıl işlem sıcaklıkları ile çeşitli ahşap koruyucu yağların odun yüzey rengi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, hem ısıl işlemin hem de uygulanan yağ türünün odun yüzey renginde belirgin değişikliklere neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, odunun renk görünümünü estetik açıdan iyileştirmek veya istenilen görsel karakteri elde etmek amacıyla, hem ısıl işlem sıcaklığının hem de kullanılacak yağ türünün dikkatle seçilmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu tür uygulamaların iç ve dış mekân kullanımına yönelik yüzey performansları ile birlikte uzun vadeli renk stabilitesi açısından da ileri çalışmalarla desteklenmesi faydalı olacaktır.

Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Hermida de Paula, M., Gonçalez, J. C., Ananías, R. A., and Janin, G., (2023). Effect of heat treatment on physical, mechanical and chemical properties of angelim wood. Maderas. Ciencia y tecnología, 25. DOI: 10.4067/s0718-221x2023000100410.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, Drvna Industrija, 50(1): 31-39.

Johansson, D., (2008). Heat treatment of solid wood: Effects on absorption, strength and colour (Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet).

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Safin, R.R., Khasanshin, R. R., Shaikhutdinova, A.R., and Safina, A.V., (2014). Research of heating rate while thermo modification of wood, World Applied Sciences Journal, 30 (11): 1618-1621. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.30.11.14223.

Syrjanen, T., (2001). Production and classification of heat treated wood in Finland. In Proceedings of the special seminar held in Antibes, France, 2001.

ISPM 15 STANDARDINA GÖRE ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ GÖKNAR ODUNU YÜZEYLERİNE FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ KETEN TOHUMU YAĞLARININ UYGULANMASI

Prof. Dr. Hüseyin PEKER[1], Doç. Dr. Göksel ULAY[2] ve Doç. Dr. Ümit AYATA[3]

[1]Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye
peker100@artvin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7771-6993
[2]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye,
g.ulay@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816
[3*]Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, ISPM 15 standardına uygun şekilde ısıl işlem görmüş göknar odunu yüzeylerine farklı özelliklerdeki keten tohumu yağlarının (kaynatılmış, soğuk sıkım, ağartılmış ve rafine edilmiş) uygulanmasının renk ve beyazlık özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar sonucunda odun yüzeylerinde oluşan renk değişimleri L^*, a^*, b^*, C^*, h^o ve WI^* parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tüm yağ türleri kontrol grubuna kıyasla yüzey renginde önemli değişimlere neden olmuştur. Rafine edilmiş keten tohumu yağı, yüzeyde en belirgin koyulaşmayı (L^*) ve en yüksek kırmızılık (a^*), sarılık (b^*), renk doygunluğu (C^*) artışlarını sağlamıştır. Soğuk sıkım yağ ise en sınırlı renk değişimlerini göstermiştir. Beyazlık indeksi (WI^*) bakımından da tüm yağ türleri azalma eğilimi göstermiş, en yüksek düşüş rafine edilmiş yağda, en düşük düşüş ise soğuk sıkım yağda kaydedilmiştir. Sonuçlar, keten tohumu yağı türlerinin estetik görünüm üzerinde farklı derecelerde etkili olduğunu ve bu etkinin yağın işlenme biçimine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır.
Anahtar Kelimeler: Göknar odunu, ISPM 15, ısıl işlem, keten tohumu yağı

The Application of Flaxseed Oils with Different Properties on the Surfaces of Fir Wood Thermally Treated in Accordance with ISPM 15 Standard

Abstract

In this study, the effects of applying flaxseed oils with different properties (boiled, cold-pressed, bleached, and refined) on the surface color and whiteness characteristics of fir wood thermally treated in accordance with the ISPM 15 standard were investigated. The resulting color changes on the wood surfaces were evaluated using the L^*, a^*, b^*, C^*, h^o, and WI^* parameters. According to the findings, all types of flaxseed oil caused significant changes in surface color compared to the control group. Refined flaxseed oil led to the most noticeable darkening (L^*) and the highest increases in redness (a^*), yellowness (b^*), and color saturation (C^*). In contrast, cold-pressed oil caused the least color change. In terms of whiteness index (WI^*), all oil types showed a decreasing trend, with the greatest reduction observed in the refined oil and the least in the cold-pressed oil. The results clearly demonstrate that the type of flaxseed oil has varying

degrees of impact on the aesthetic appearance of wood surfaces, and this effect is influenced by the processing characteristics of the oil.
Keywords: Fir wood, ISPM 15, heat treatment, flaxseed oil

1. Giriş

Ahşap ambalaj malzemesi, bir ürünü desteklemek, korumak veya taşımak amacıyla kullanılan her türlü masif sert veya yumuşak ağaçtan yapılmış ambalajdır. Ahşap ambalaj malzemesi; paletler, takozlar, palet kenar çıtaları, konteynerler, sandıklar, kutular, kasalar, sepetler, makaralar, variller, yük platformları ve dolgu malzemeleri (ISO 445, 2013) gibi çok çeşitli öğeleri kapsar ancak bunlarla sınırlı değildir. Sadece ABD'de her gün 1,8 milyardan fazla ahşap paletin kullanıldığı ve dünya genelinde bunun katbekat fazlasının kullanıldığı düşünüldüğünde, Ahşap ambalaj malzemesi kapsamında kullanılan ahşap miktarı oldukça etkileyicidir (Cremonini ve ark., 2024).
ABD'ye giren çam sürgünü ve Asya uzun antenli böceği yabancı odun zararlılarının yanı sıra, ithal edilen katı ahşap ambalaj malzemelerinin taşıyabileceği ve ISPM 15 standardına uymayan ahşap ambalaj malzemeleri de dahil olmak üzere diğer bitki zararlıları, Avustralya tarımı ile doğal, tarımsal ve kent ormanları ve park ağaçları için ciddi bir tehdit oluşturabilir (Zahid ve ark., 2008).
Uluslararası Bitki Sağlığı Önlemleri Standardı 15 (ISPM 15) kapsamında yalnızca iki muamele kabul edilmektedir (FAO, 2002; Henin ve ark., 2008). Birincisi metil bromürle fumigasyondur. Bu bileşiğin ozon tabakasına zararlı etkileri nedeniyle (Singh ve Kanakidou, 1993; Fields ve White 2002; Henin ve ark., 2008) kullanımı aşamalı olarak kaldırılmaktadır (UNEP, 2000; Henin ve ark., 2008). İkinci muamele ise, odunun iç sıcaklığının en az 30 dakika boyunca 56°C'ye çıkarılmasıdır. Bu işlemin çeşitli dezavantajları vardır (Henin ve ark., 2008):
Yüksek enerji gerektirir; bu da yüksek miktarda CO_2 emisyonuna yol açar (bazı durumlarda enerji kogenerasyon ile üretilse de) ve maliyeti yüksektir. Lallemand (2004; Henin ve ark., 2008), palet endüstrisi için bu muamelenin birim başına 2 ABD dolarını aşabileceğini tahmin etmektedir (Henin ve ark., 2008);
Zaman alıcıdır (birkaç saat sürer) ve seri üretim hattı dışında toplu olarak yapılır (Henin ve ark., 2008);
Muamelenin etkinliği yerel olarak heterojen olabilir ve tüm parti için her zaman kesin değildir (Henin ve ark., 2008);
Belirli bir odun parçasının veya paletin etkin şekilde muamele edildiğinin kontrolü zordur (izlenebilirlik sorunu) (Henin ve ark., 2008).
Bu çalışma, farklı şekilde işlenmiş keten tohumu yağlarının (ağartılmış, rafine edilmiş, soğuk sıkım ve kaynatılmış) ISPM 15 standardına uygun olarak ısıl işleme tabi tutulmuş göknar odunu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. ISPM 15, uluslararası ticarette kullanılan ahşap ambalaj malzemelerinin zararlı organizmalardan arındırılması amacıyla belirlenmiş bir ısıl işlem standardıdır. Bu işlem, ahşabın yapısında fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açmakta; bu nedenle sonradan uygulanan koruyucu maddelerle etkileşimini değiştirebilmektedir. Bu bağlamda, farklı tiplerdeki keten tohumu yağlarının ısıl işlemli göknar odununun renk özellikleri ve beyazlık indeksi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, hem estetik hem de koruyuculuk açısından en uygun doğal yağ tipinin seçilmesine katkı sağlayacaktır. Elde edilen bulgular, ahşap yüzey modifikasyonu ve doğal yağ bazlı emprenye uygulamalarında daha etkili ve çevre dostu çözümler geliştirilmesine ışık tutacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, hammadde olarak ISPM 15 standartlarına uygun ısıl işlemden geçirilmiş (odunun iç sıcaklığı en az 56°C'ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta en az 30 dakika sabit tutulmuş) göknar (*Abies* spp.) odunu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ahşap örnekler, 100 mm × 100 mm × 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler, ISO 554 (1976) standardına uygun olarak iklimlendirilmiştir. Isıl işlem görmüş ahşap malzeme ile birlikte, farklı özelliklere sahip keten tohumu yağları (kaynatılmış, soğuk sıkım, ağartılmış ve rafine edilmiş) satın alınarak temin edilmiştir.

2.2. Metot

Ahşap yüzeyler, uygulama öncesinde yüzey pürüzlülüğünü azaltmak ve yüzeyin yağ emilimini artırmak amacıyla sırasıyla 120, 150 ve 220 grit zımpara kâğıtları kullanılarak zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi sonrasında yüzey toz ve kalıntılardan arındırılarak temizlenmiştir. Çalışmada ısıl işlemsiz örnek kullanılmamıştır.
Farklı özelliklerde temin edilmiş olan keten tohumu yağları (kaynatılmış, soğuk sıkım, ağartılmış ve rafine edilmiş), zımparalanıp temizlenmiş ahşap yüzeylere fırça yardımıyla tek kat hâlinde uygulanmıştır. Uygulamanın ardından, yağın yüzeye tam olarak nüfuz etmesini sağlamak amacıyla numuneler 1 hafta boyunca oda koşullarında bekletilmiştir. Her bir yağ türü için beşer adet deney örneği hazırlanmıştır.
Farklı uygulamalara ait deney örnekleri üzerinde renk değişimleri, CS-10 cihazı ile belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007) [kırmızı (a^*) renk tonu, ışıklılık (L^*), kroma (C^*), sarı (b^*) renk tonu ve ton (h^o) açısı]. ΔC^*: kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^*: ton bölümü veya gölge farkı olmaktadır (Lange, 1999). ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklamalar (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999) Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^* için bazı önemli açıklamalar (Lange, 1999) ve ΔE^* için kriterler (Jirouš ve Ljuljka, 1999)

Parametre (Lange, 1999)		**Pozitif Durumda**		**Negatif Durumda**
ΔC^*		Referanstan daha net, daha parlak		Mat, referanstan daha bulanık
ΔL^*		Referanstan daha açık		Referanstan daha koyu
Δb^*		Referanstan daha sarı		Referanstan daha mavi
Δa^*		Referanstan daha kırmızı		Referanstan daha yeşil
Jirouš ve Ljuljka, (1999) İçin ΔE^* Değerleri	**ΔE^* Aralığı**	**Renk Değişimi**	**ΔE^* Aralığı**	**Renk Değişimi**
	> 12.00	Çok yoğun	0.50 - 1.50	Hafif
	6.00 - 12.00	Yoğun	0.20 - 0.50	Çok hafif
	3.00 - 6.00	Çok belirgin	< 0.20	Anlaşılamaz
	1.50 - 3.00	Belirgin		

Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^o = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş}}) - (C^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş}}) - (a^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş}}) - (L^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş}}) - (b^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

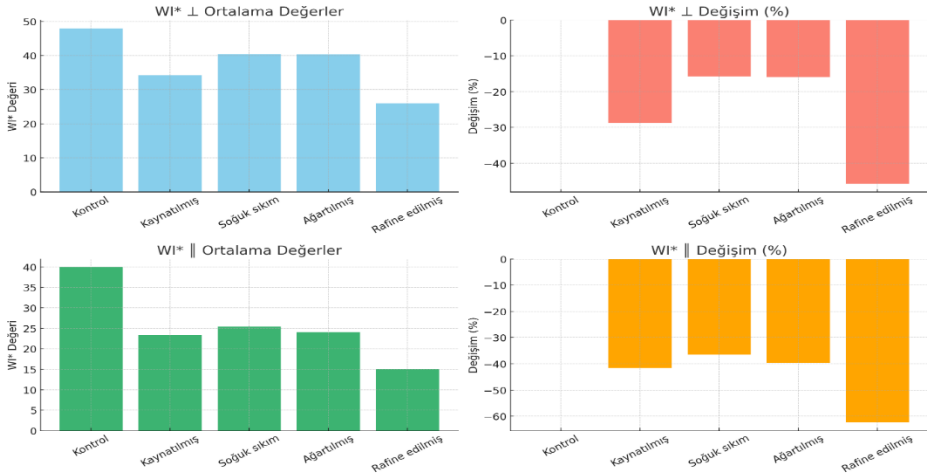
Whiteness Meter BDY-1 cihazının kullanılması beyazlık indeksi (*WI**) değerleri liflere paralel ve dik yönlerde belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).
Maksimum ile minimum değerleri, homojenlik grupları, % değişim oranları, ortalamalar, standart sapmaları ve varyans analizleri bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Beyazlık indeksi (*WI**) değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında, ISPM 15 standardına uygun şekilde ısıl işlem uygulanmış göknar odunu yüzeylerine farklı özelliklerde keten tohumu yağı türleri uygulanmış ve bu uygulamaların yüzey beyazlığı üzerindeki etkileri, ⊥ (dikey) ve ∥ (yatay) yönlerde ölçülen *WI** (beyazlık indeksi) değerleriyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tüm yağ uygulamaları kontrol grubuna kıyasla beyazlık indeksini anlamlı düzeyde düşürmüştür. En yüksek *WI** değerleri hem ⊥ hem de ∥ yönlerde kontrol grubunda elde edilmiş, bu da uygulama yapılmamış yüzeylerin en açık ve doğal tonlara sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle rafine edilmiş keten tohumu yağı, beyazlık indeksini ⊥ yönünde %45.75, ∥ yönünde ise %62.36 oranında azaltarak yüzeyin en koyu ve en az yansıtıcı hale geldiği uygulama olmuştur. Buna karşılık, en düşük beyazlık kaybı ⊥ yönde %15.72 ve ∥ yönde %36.39 ile soğuk sıkım keten tohumu yağı grubunda gözlemlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Beyazlık indeksi (*WI**) değerlerine ait ölçüm sonuçları

Test	Keten Tohumu Yağı Türü	Orta-lama	Değişim (%)	Homo-jenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*WI** ⊥	**Kontrol**	47.96	-	A*	0.45	47.20	48.30	0.93
	Kaynatılmış	34.17	↓28.75	C	0.46	33.60	34.80	1.36
	Soğuk sıkım	40.42	↓15.72	B	0.72	39.40	41.40	1.79
	Ağartılmış	40.30	↓15.97	B	0.77	38.90	41.10	1.90
	Rafine edilmiş	26.02	↓45.75	D**	0.76	25.40	26.90	2.92
*WI** ∥	**Kontrol**	39.96	-	A*	0.15	39.80	40.20	0.38
	Kaynatılmış	23.34	↓41.59	D	0.61	22.80	24.40	2.61
	Soğuk sıkım	25.42	↓36.39	B	0.06	25.30	25.50	0.25
	Ağartılmış	24.10	↓39.69	C	0.21	24.00	24.50	0.87
	Rafine edilmiş	15.04	↓62.36	E**	0.28	14.70	15.40	1.83
Kontrol: Yağ uygulamasına sahip olmayan grubu örneklerini temsil etmektedir. Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								



Şekil 1. Beyazlık indeksi (*WI**) değerlerine ait ölçüm sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi

Beyazlık indeksi (*WI**) değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, ISPM 15'e uygun şekilde ısıl işlem uygulanmış göknar odunu yüzeylerinde uygulanan farklı keten tohumu yağı türleri, her iki ölçüm yönünde (*WI**⊥ ve *WI**∥) beyazlık indeksi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 3).

Çizelge 3. Beyazlık indeksi (*WI**) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

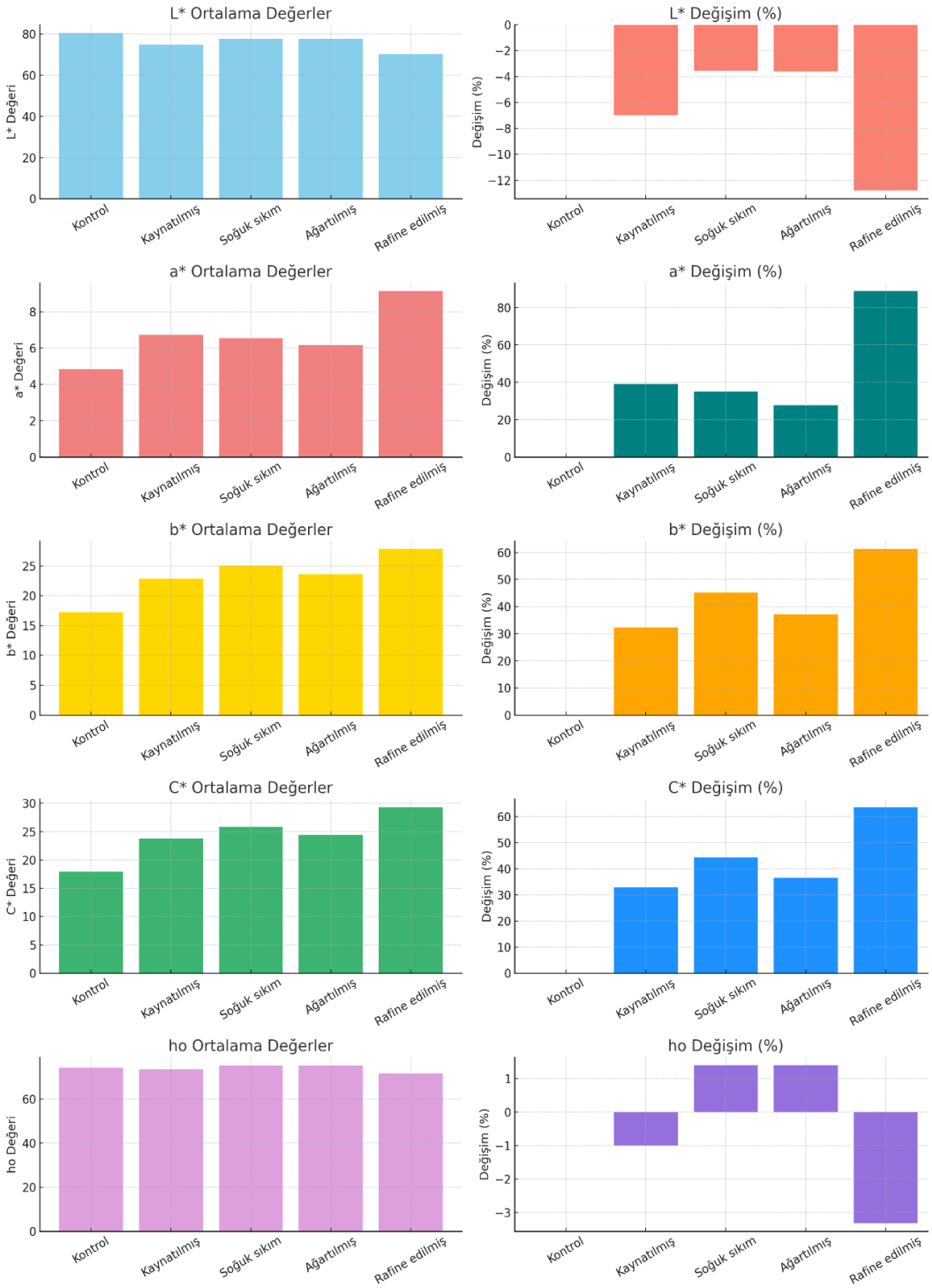
Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	α≤0.05 (*: Anlamlı)
WI* ⊥	**Keten Tohumu Yağ Türü**	2682.819	4	670.705	1595.481	0.000*
	Hata	18.917	45	0.420		
	Toplam	74045.490	50			
	Düzeltilmiş Toplam	2701.736	49			
WI* ∥	**Keten Tohumu Yağ Türü**	3251.093	4	812.773	7835.217	0.000*
	Hata	4.668	45	0.104		
	Toplam	35952.120	50			
	Düzeltilmiş Toplam	3255.761	49			

Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4'de ve sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 2'de sunulmaktadır.

Çizelge 4. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Keten Tohumu Yağı Türü	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
L*	**Kontrol**	80.52	-	A*	3.15	71.57	81.62	3.91
	Kaynatılmış	74.91	↓6.97	C	0.15	74.59	75.06	0.20
	Soğuk sıkım	77.64	↓3.58	B	0.36	77.22	78.09	0.46
	Ağartılmış	77.61	↓3.61	B	0.17	77.42	78.03	0.22
	Rafine edilmiş	70.22	↓12.79	D**	0.50	68.94	70.54	0.71
a*	**Kontrol**	4.84	-	E**	0.14	4.58	5.05	2.86
	Kaynatılmış	6.73	↑39.05	B	0.18	6.46	7.08	2.68
	Soğuk sıkım	6.54	↑35.12	C	0.31	5.95	6.91	4.74
	Ağartılmış	6.18	↑27.69	D	0.17	5.92	6.46	2.76
	Rafine edilmiş	9.14	↑88.84	A*	0.10	8.98	9.26	1.04
b*	**Kontrol**	17.24	-	E**	0.21	16.84	17.62	1.22
	Kaynatılmış	22.83	↑32.42	D	0.23	22.58	23.18	0.99
	Soğuk sıkım	25.02	↑45.13	B	0.50	24.41	25.80	2.01
	Ağartılmış	23.64	↑37.12	C	0.32	23.13	24.16	1.35
	Rafine edilmiş	27.79	↑61.19	A*	0.60	26.38	28.18	2.15
C*	**Kontrol**	17.91	-	E**	0.19	17.57	18.24	1.05
	Kaynatılmış	23.80	↑32.89	D	0.24	23.55	24.17	1.02
	Soğuk sıkım	25.86	↑44.39	B	0.54	25.24	26.68	2.09
	Ağartılmış	24.44	↑36.46	C	0.32	23.96	25.01	1.31
	Rafine edilmiş	29.31	↑63.65	A*	0.53	27.87	29.63	1.82
h°	**Kontrol**	74.30	-	B	0.54	73.39	75.15	0.73
	Kaynatılmış	73.56	↓1.00	C	0.39	72.85	74.11	0.52
	Soğuk sıkım	75.35	↑1.41	A*	0.54	74.70	76.41	0.72
	Ağartılmış	75.34	↑1.40	A	0.38	74.95	76.01	0.50
	Rafine edilmiş	71.83	↓3.32	D**	0.29	71.21	72.25	0.41
Kontrol: Yağ uygulamasına sahip olmayan deney grubu örneklerini temsil etmektedir. Ölçüm Sayısı: 10, Homojenlik Sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç								

Çalışmada, ISPM 15 standardına uygun şekilde ısıl işlem uygulanmış göknar odunu örnekleri kullanılarak, farklı keten tohumu yağı türlerinin yüzey renk özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Analizler, *L** (ışıklılık), *a** (kırmızılık), *b** (sarılık), *C** (renk doygunluğu) ve h^o (ton açısı) parametreleri üzerinden yapılmış ve her bir parametrede kontrol grubuyla karşılaştırmalı olarak değişim oranları hesaplanmıştır.



Şekil 2. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi

*L** (ışıklılık) parametresi incelendiğinde, en yüksek ortalama değer 80.52 ile kontrol grubunda, en düşük değer ise 70.22 ile rafine edilmiş keten tohumu yağı uygulamasında elde edilmiştir. Bu durum, rafine edilmiş yağın yüzeyi en çok koyulaştırdığını göstermektedir. *L** değerinde kontrole göre tüm yağ türlerinde azalma görülmüş; en fazla azalma %12.79 ile rafine edilmiş yağda, en az azalma ise %3.58 ile soğuk sıkım yağda gerçekleşmiştir (Çizelge 4).
*a** (kırmızılık) değerleri açısından en yüksek ortalama 9.14 ile rafine edilmiş yağda, en düşük değer ise 4.84 ile kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Tüm yağ türleri kırmızılığı artırmıştır. Kırmızılıkta en fazla artış %88.84 ile rafine edilmiş yağda, en düşük artış ise %27.69 ile ağartılmış yağda meydana gelmiştir (Çizelge 4).
*b** (sarılık) parametresinde de benzer şekilde, tüm uygulamalarda artış yaşanmıştır. En yüksek sarılık değeri 27.79 ile rafine edilmiş yağda, en düşük değer ise 17.24 ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Sarılıkta en fazla artış oranı %61.19 ile rafine edilmiş yağda, en az artış ise %32.42 ile kaynatılmış yağda olmuştur (Çizelge 4).
*C** (renk doygunluğu) değeri açısından da en yüksek ortalama 29.31 ile rafine edilmiş yağda, en düşük değer ise 17.91 ile kontrol grubunda elde edilmiştir. Uygulanan tüm yağ türleri renk doygunluğunu artırmış; bu artış en fazla %63.65 ile rafine edilmiş yağ, en az ise %32.89 ile kaynatılmış yağ grubunda gerçekleşmiştir (Çizelge 4).
h^o (ton açısı) parametresi ise diğer parametrelere kıyasla daha sınırlı değişiklikler göstermiştir. En yüksek h^o değeri 75.35 ile soğuk sıkım yağda, en düşük değer ise 71.83 ile rafine edilmiş yağda ölçülmüştür. Bu parametrede bazı gruplarda artış, bazılarında ise azalma gözlenmiştir. Ton açısında en fazla artış %1.41 ile soğuk sıkım yağda, en fazla azalma ise %3.32 ile rafine edilmiş yağda olmuştur (Çizelge 4).
Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 5'de sunulmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, uygulanan keten tohumu yağı türlerinin göknar odunu yüzeyindeki renk parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler yarattığı tespit edilmiştir (Çizelge 5).

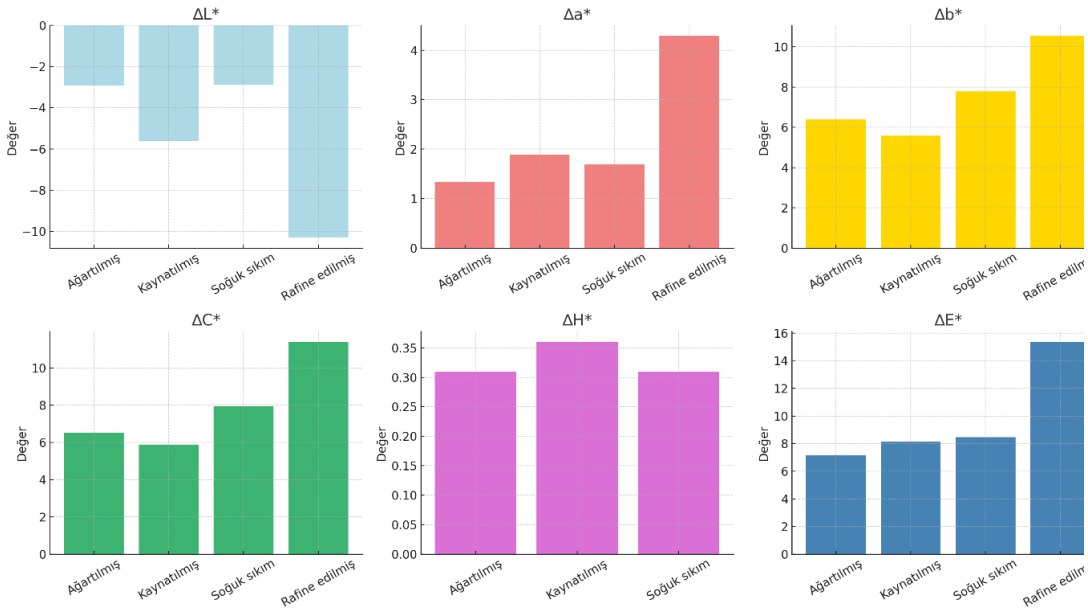
Çizelge 5. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	α≤0.05 (*: Anlamlı)
L*	**Keten Tohumu Yağ Türü**	601.098	4	150.275	72.790	0.000*
	Hata	92.903	45	2.065		
	Toplam	290852.956	50			
	Düzeltilmiş Toplam	694.001	49			
a*	**Keten Tohumu Yağ Türü**	96.786	4	24.196	650.251	0.000*
	Hata	1.674	45	0.037		
	Toplam	2333.991	50			
	Düzeltilmiş Toplam	98.460	49			
b*	**Keten Tohumu Yağ Türü**	601.590	4	150.397	931.893	0.000*
	Hata	7.263	45	0.161		
	Toplam	27760.343	50			
	Düzeltilmiş Toplam	608.852	49			
C*	**Keten Tohumu Yağ Türü**	686.729	4	171.682	1109.017	0.000*
	Hata	6.966	45	0.155		
	Toplam	30129.809	50			
	Düzeltilmiş Toplam	693.695	49			
***h*^{o}	**Keten Tohumu Yağ Türü**	85.807	4	21.452	110.944	0.000*
	Hata	8.701	45	0.193		
	Toplam	274448.308	50			
	Düzeltilmiş Toplam	94.508	49			

Toplam renk farklılıklarına ilişkin bulgular Çizelge 6'da, bu bulguların grafiksel gösterimi ise Şekil 3'te sunulmuştur. Δ*E** değerlerine bakıldığında; ağartılmış keten tohumu yağı ile 7.16, kaynatılmış keten tohumu yağı ile 8.14, soğuk sıkım keten tohumu yağı ile 8.47 ve rafine edilmiş keten tohumu yağı ile 15.36 değerleri elde edilmiştir. Δ*H** sonuçları incelendiğinde ise; ağartılmış ve soğuk sıkım keten tohumu yağı uygulamalarında 0.31, kaynatılmış keten tohumu yağı uygulamasında 0.36 değeri belirlenmiştir. Δ*L** değerleri tüm uygulamalarda negatif (referans yüzeye göre daha koyu), Δ*a** değerleri (daha kırmızı), Δ*b** değerleri (daha sarı) ve Δ*C** değerleri ise (daha net ve daha parlak) pozitif olarak saptanmıştır. Renk farkı kriteri açısından Jirouš ve Ljuljka (1999) sınıflandırmasına göre değerlendirildiğinde; ağartılmış, kaynatılmış ve soğuk sıkım keten tohumu yağı uygulamalarında "yoğun (6.00–12.00)" düzeyinde, rafine edilmiş keten tohumu yağı uygulamasında ise "çok yoğun (>12.00)" düzeyinde renk değişimleri meydana gelmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Keten Tohumu Yağı Türü	Δ*L**	Δ*a**	Δ*b**	Δ*C**	Δ*H**	Δ*E**	Renk Kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999)
Ağartılmış	-2.92	1.34	6.40	6.53	0.31	7.16	Yoğun (6.00 - 12.00)
Kaynatılmış	-5.61	1.89	5.59	5.89	0.36	8.14	
Soğuk sıkım	-2.89	1.70	7.78	7.95	0.31	8.47	
Rafine edilmiş	-10.30	4.29	10.55	11.40	-	15.36	Çok yoğun (> 12.00)



Şekil 3. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlarının grafiksel gösterimi

4. Sonuçlar ve Öneriler

Sonuç olarak, renk parametreleri üzerinde en belirgin ve yüksek değişiklikler genellikle rafine edilmiş keten tohumu yağı uygulamasında meydana gelmiştir. Bu yağ türü, özellikle yüzeyin koyulaşması, kırmızılık ve sarılığın artması gibi etkileriyle öne çıkarken; en az değişimi gösteren grup ise genel olarak soğuk sıkım yağ olmuştur. Elde edilen bulgular, farklı keten tohumu yağı türlerinin estetik ve görsel özellikler üzerinde farklı derecelerde etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, keten tohumu yağı türlerinin beyazlık indeksi üzerinde de farklı düzeylerde etkili olduğu, özellikle rafine edilmiş yağın yüzey görünümünü belirgin biçimde koyulaştırdığı görülmüştür.

Bu çalışma, farklı keten tohumu yağı türlerinin ISPM 15 standardına göre ısıl işlem görmüş göknar odunu yüzeyindeki renk parametrelerine etkisini başarılı bir şekilde ortaya koymaktadır. Ancak, ilerleyen çalışmalarda elde edilen bulguların daha kapsamlı yorumlanabilmesi adına bazı ilave analizlerin yapılması önerilmektedir. Özellikle, renk değişimlerinin uzun vadede kalıcılığını değerlendirmek amacıyla hızlandırılmış yaşlandırma testleri (UV maruziyeti, nem-sıcaklık döngüleri vb.) uygulanabilir.

Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Cremonini, C., Francesco, R., and Zanuttini, R., (2024). A study on compliance with ISPM 15 of HT treatments applied to beech packaging materials. In 8th–International Scientific Conference on Hardwood Processing (pp. 395-401). University of Coimbra.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2002). Guidelines for regulating wood packaging material in international trade, Inter, Standards for Phylosanitary Measures No. 15 (ISPM 15).

Fields, P.G., and White, N.D.G., (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects, Annual Review of Entomology, 47(1): 331-359. DOI: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145217.

Henin, J.M., Charron, S., Luypaert, P.J., Jourez, B., and Hebert, J., (2008). Strategy to control the effectiveness of microwave treatment of wood in the framework of the implementation of ISPM 15, Forest Products Journal, 58(12): 75-81.

ISO 445, (2013). Pallets for materials handling - Vocabulary.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, Drvna Industrija, 50(1): 31-39.

Lallemand, H., (2004). La NIMP 15 débarque dans le droit Français, Bois Mag, 34: 5-7.

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Singh, H.B., and Kanakidou, M., (1993). An investigation of the atmospheric sources and sinks of methyl bromide, Geophysical Research Letters, 20(2): 133-136. DOI: 10.1029/92GL02634.

UNEP (United Nations Environmental Program), (2000). The Montreal Protocol on the Substances that Deplete the Ozone Layer, UNEP, Nairobi. Kenya, 48 pp.

Zahid, M.I., Grqurinovic, C.A., Walsh, D.J., (2008). Quarantine risks associated with solid wood packaging materials receiving ISPM 15 treatments, Australian Forestry, 71(4): 287-293.

THERMODYNAMIC AND EXERGY ANALYSIS OF A SOLAR-ASSISTED HYBRID ENERGY AND WATER PRODUCTION SYSTEM

Yük. Müh. Enes AKÇAY

enes_akcay.61@outlook.com- ORCID: 0000-0001-9665-8787

Öğr.Gör. Dr. Arzu KEVEN

Kocaeli Üniv. Gölcük MYO

arzu.keven@kocaeli.edu.tr- ORCID: 0000-0003-0040-9167

ABSTRACT

Increasing demands for energy and clean water have highlighted the importance of developing hybrid systems based on renewable sources. In this study, a hybrid energy and water production system comprising a parabolic solar collector, a heat recovery Rankine cycle, and a multi-effect distillation (MED) unit was modeled using Fortran. The system is designed so that solar-derived heat is first utilized for electricity generation and subsequently, the waste heat is used for water purification. The effects of turbine outlet pressure (5,000–9,500 kPa) and collector outlet temperature (90–180 °C) on system performance were investigated. According to the analysis results, at a turbine outlet pressure of 5,000 kPa, the system produces approximately 88,000 kW net power output, with a Rankine cycle efficiency of 13.6% and an overall thermal efficiency of 12.0%. As the turbine outlet pressure increases, significant decreases were observed in both net power and efficiency values; at 9,500 kPa, the net power drops to 64,000 kW, Rankine efficiency to 10.7%, and overall thermal efficiency to 9.4%. Additionally, the highest exergy destruction was found to occur in the HRSG and MED units. These findings highlight the need for optimization, especially in these units, to improve overall system efficiency. This study provides significant insights for performance analysis and optimization of low-temperature hybrid energy and water production systems.

Keywords: MED, hybrid, Rankine

GÜNEŞ DESTEKLİ HİBRİT BİR ENERJİ VE SU ÜRETİM SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK VE EKSERJİ ANALİZİ

Yük. Müh. Enes AKÇAY

enes_akcay.61@outlook.com- ORCID: 0000-0001-9665-8787

Öğr.Gör. Dr. Arzu KEVEN

Kocaeli Üniv. Gölcük MYO

arzu.keven@kocaeli.edu.tr- ORCID: 0000-0003-0040-9167

ÖZET

Artan enerji ve temiz su talepleri, yenilenebilir kaynaklara dayalı hibrit sistemlerin geliştirilmesinin önemini ortaya koymuştur. Bu çalışmada, bir parabolik güneş kolektörü, ısı geri kazanımlı Rankine çevrimi ve çok etkili damıtma (MED) ünitesinden oluşan hibrit bir enerji ve su üretim sistemi Fortran dili kullanılarak modellenmiştir. Sistem, güneşten elde edilen ısının öncelikle elektrik üretiminde, ardından atık ısının su arıtımında kullanılması esasına göre tasarlanmıştır. Türbin çıkış basıncı (5.000–9.500 kPa) ve kollektör çıkış sıcaklığı (90–180 °C) gibi parametrelerin sistem performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, 5.000 kPa türbin çıkış basıncında sistem yaklaşık 88.000 kW net güç üretmekte; Rankine çevrim verimi %13,6 ve toplam termal verim %12,0 olarak hesaplanmaktadır. Türbin çıkış basıncı arttıkça net güç ve verimlerde belirgin düşüşler gözlemlenmiş; 9.500 kPa'da net güç 64.000 kW'a, Rankine verimi %10,7'ye ve toplam termal verim %9,4'e düşmüştür. Ayrıca, en yüksek ekserji yıkımı HRSG ve MED ünitelerinde meydana gelmiştir. Bu bulgular, özellikle bu iki ünitede yapılacak optimizasyonların genel sistem verimliliğini artırmak açısından kritik olduğunu göstermektedir. Çalışma, düşük sıcaklıklı hibrit enerji ve su üretim sistemlerinin performans analizi ve optimizasyonu için önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: MED, hibrit, Rankine

1. INTRODUCTION

Climate change, urbanization, and population growth play a significant role in the increase of greenhouse gas emissions and the rising demand for low carbon energy sources and clean water. Renewable energy sources still face challenges in being harvested efficiently. With their low carbon emissions, high energy density, and sustainable nature, nuclear energy sources stand out in energy production. However, economic and safety concerns limit the use of these sources [1-2-3]. Freshwater scarcity is a major issue that seriously threatens the socioeconomic development of many regions. In particular, increasing urbanization and industrialization continuously raise the demand for freshwater, yet these resources are gradually diminishing due to environmental factors such as desertification. Over the past few decades, intense research and development activities have been conducted on desalination technologies to obtain freshwater from various sources, including seawater [4]. Moreover, the interaction between hydrogen and water emerges as a fundamental component in the transition to sustainable energy systems. Water is considered both a crucial raw material in hydrogen production and an environmentally friendly byproduct resulting from hydrogen utilization. The electrolysis process is based on the decomposition of water into hydrogen and oxygen using electrical energy. For this process to function efficiently, a continuous and clean water supply along with stable energy input is required. Desalination systems especially reverse osmosis, multi effect distillation (MED), flash distillation, and multi-effect evaporation can convert seawater sources into freshwater needed for electrolysis. However, both processes involve high energy consumption, ranging from 18,3 to 28,5 kWh per cubic meter. Therefore, supporting these systems with renewable energy is of great importance in terms of sustainability [5-6-7]. Thermal based desalination technologies generally require a heat source ranging from 50–120 °C. In the lower temperature range, particularly around 50–60 °C, the heat is suitable only for humidification dehumidification (HDH) systems; however, due to their low energy efficiency, these systems are typically preferred only for small scale applications. Membrane distillation (MD) systems require a temperature range of 75–95 °C to reduce specific heat consumption to around 237–170 kJ/kg. Nevertheless, these systems are often limited to small capacity units, restricting their applicability at industrial scale. Since the late 20th century, the multi effect distillation (MED) process has gained an advantage over multi stage flash (MSF) distillation technology, primarily due to its lower thermal consumption and reduced primary and auxiliary energy requirements. For example, while an MED system can operate at a maximum temperature of approximately 67 °C with a thermal energy consumption of 230 kJ/kg, MSF systems are reported to require at least 105 °C to reach a similar level of energy efficiency. Additionally, the auxiliary energy consumption in MSF systems is higher than that in MED systems due to the continuous recirculation of saline water. Today, the standard industrial scale application of MED technology typically includes an MED unit integrated with a thermal vapor compression system. In this configuration, the motive steam generated by a Rankine cycle and the steam produced from the final effects of the MED unit are fed into the thermal vapor compression unit to maintain continuous operation. Analyses of the integration of conventional Rankine cycles which use water as the working fluid and are based on solar energy with desalination processes are widely covered in the literature. In this context, reverse osmosis

(RO), multi effect distillation (MED), and thermal vapor compression-based multi-effect distillation (MED-TVC) technologies are particularly emphasized [8].

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, a solar-assisted and waste heat recovery based hybrid energy water production system is modeled. The system is composed of the integration of an organic Rankine cycle (ORC), heated by a parabolic solar collector, with a multi-effect distillation (MED) unit. The solar collector supplies heat to the cycle, evaporating the working fluid, which then passes through a turbine to generate electricity. The low temperature waste heat exiting the turbine is subsequently utilized in the MED unit for freshwater production. In this way, the energy obtained from the sun is used first for electricity generation and then for water purification, enabling a dual-purpose utilization. The schematic diagram of the cycle is shown in Figure 1.

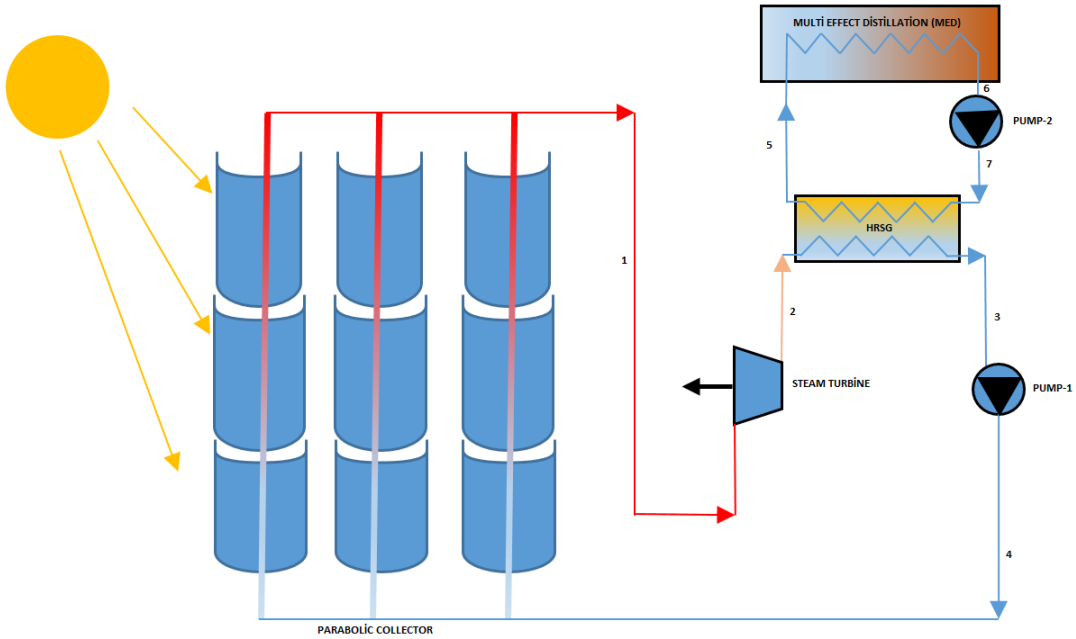


Figure 4. Flow Diagram of the Parabolic Collector-Assisted Rankine-MED Hybrid System

In the Rankine cycle, the high-temperature fluid exiting the parabolic collector is converted into work via a steam turbine. Under normal conditions, the waste heat would be released to the environment through a condenser. However, in this system, the waste heat is utilized for the production of potable water from saline seawater. This process is made possible by transferring the heat energy to the MED system through the HRSG. To maintain the continuity of the pump flow in the MED system, a pump is integrated into the system. The hot fluid entering from line 2 transfers its heat to line 5, thereby decreasing in temperature, and then proceeds to line 3. Subsequently, the fluid, which has experienced a pressure drop in the steam turbine, is repressurized in a pump before being sent back to the parabolic collector.

Table 1. General Data of the System.

Property	**Value**
T_1	250 C
m_1	90 kg/s

m_2	25 kg/s
η Pump	90
ηTurbine	85

Some fundamental parameters related to the Rankine and MED cycles presented in Table 1 have been fixed, and these values are taken as the basis for the analyses. The turbine inlet temperature has been set at 250 °C. The main mass flow rate used in the Rankine cycle is 90 kg/s, while for the MED side, this value is defined as 25 kg/s. The isentropic efficiency of the turbine, as one of the thermodynamic components, is assumed to be 85%, whereas the isentropic efficiency of the pumps is considered to be 90%.

Table 2. Mass and Energy Balance of the Cycle, Entropy Generation Equations [2]

Material	Range	Mass Balance	Energy Balance	Entropy Generation
Collector	4-1	$\dot{m}_4 = \dot{m}_1$	$\dot{m}_1 h_1 = \dot{m}_4 h_4 + \dot{Q}_{coll}$	$\dot{m}_4 s_4 + \frac{\dot{Q}_{coll}}{T_{coll}} = m_1 S_1 + S_{Gen_c}$
ST	1-2	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	$\dot{m}_1 h_{11} - \dot{W}_{ST} = \dot{m}_2 h_2$	$m_1 s_1 = m_2 s_2 + \frac{\dot{W}_{GT}}{T_0} + S_{Gen,ST}$
HRSG	2-3 5-6	$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$ $\dot{m}_5 = \dot{m}_6$	$\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_5 h_5 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_6 h_6$	$\dot{m}_2 S_2 + \dot{m}_5 S_5 = \dot{m}_3 S_3 + \dot{m}_6 S_6 + s_{Gen,HRSG}$
Pump-1	3-4	$\dot{m}_3 = \dot{m}_4$	$\dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_4 h_4 - \dot{W}_{p1}$	$m_3 s_3 - m_4 s_4 = S_{Gen,p1}$
Pump-2	6-7	$\dot{m}_6 = \dot{m}_7$	$\dot{m}_6 h_6 = \dot{m}_7 h_7 - \dot{W}_{p1}$	$m_6 s_6 - m_7 s_7 = S_{Gen,p2}$

The mass, energy, and entropy balance equations have been established for all components within the system. Through the mass balance, the inlet and outlet flow rates of each unit are conserved; in the energy equations, enthalpy differences as well as heat and work interactions are taken into account. The entropy equations define the irreversibilities and entropy generation caused by each component. In particular, since heat transfer occurs between two fluids in the HRSG, both the Rankine and MED sides have been evaluated together. In this way, the thermodynamic behavior of the system has been analyzed holistically on the basis of both energy and entropy.

Table 3. Exergy Destruction and Exergy Efficiency Equations of the Cycle [2]

Material	Range	Exergy Destruction	Exergy Efficiency
Collector	4-1	$\dot{E}_{D,C} = \dot{Q}_{coll}\left(1 - \frac{T_0}{Tcoll}\right) - \dot{m}(e_1 - e_4)$	$\eta_{ex,c} = \frac{\dot{m}(e_1 - e_4)}{\dot{Q}_c\left(1 - \frac{T_0}{T\bar{c}}\right)}$
ST	1-2	$\dot{E}_{D,P}=\dot{m}(e_1 - e_2) - \dot{W}_T$	$\eta_{ex,Pompa} = \frac{\dot{w}_{ST}}{E_{ex,1} - E_{ex,2}}$
HRSG	2-3 5-6	$E_{D,H} = m_2(e_2 - e_3) + m_5(e_5 - e_6) - \dot{Q}_H\left(1 - \frac{T_0}{T_H}\right)$	$\eta_{ex,H} = \frac{m_6(e_6 - e_5)}{m_2(e_2 - e_3)}$
Pump-1	3-4	$\dot{E}_{D,P}1=\dot{m}(e_3 - e_4) - \dot{W}_{p1}$	$\eta_{ex,p_1} = \frac{E_{ex,4} - E_{ex,3}}{\dot{w}_{P1}}$
Pump-2	6-7	$\dot{E}_{D,P}2=\dot{m}(e_6 - e_7) - \dot{W}_{p2}$	$\eta_{ex,p_1} = \frac{E_{ex,7} - E_{ex,6}}{\dot{w}_{P2}}$

The second law based performance of the system components is evaluated through exergy destruction and exergy efficiency parameters. Exergy destruction shows the magnitude of irreversibilities occurring in each component; exergy efficiency is defined as the ratio of useful energy output to the available energy input to the system.

3. RESULTS AND DISCUSSION

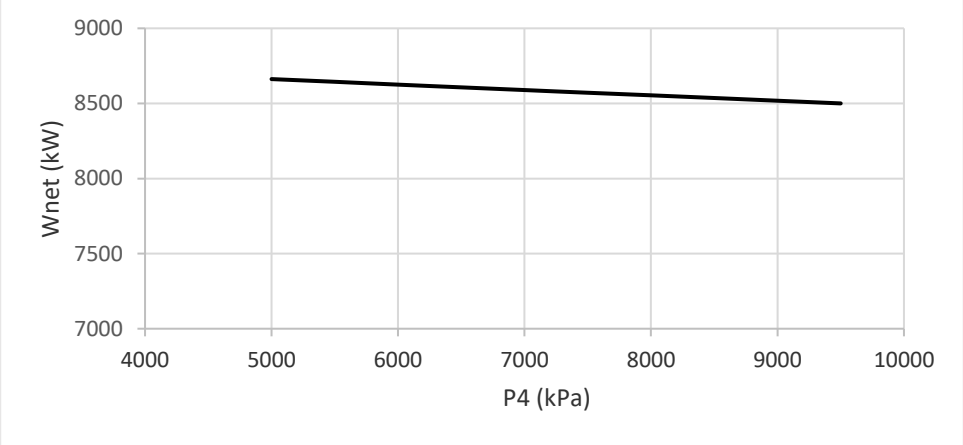


Figure 5. Effect of pump outlet pressure (P_4) on net work output

When Figure 2 is examined it shows how the net work output of the system changes depending on the pump outlet pressure P_4. When the P_4 value is increased from 5000 kPa to 9500 kPa an approximate decrease of 2,6% in net work output is observed. This decline results from pump 1 consuming more mechanical power due to operating against a higher pressure. When the turbine outlet pressure is kept constant the increase in pump power reduces the net work output. This situation directly affects the energy efficiency of the system and indicates that careful optimization is necessary especially in high pressure cycle designs.

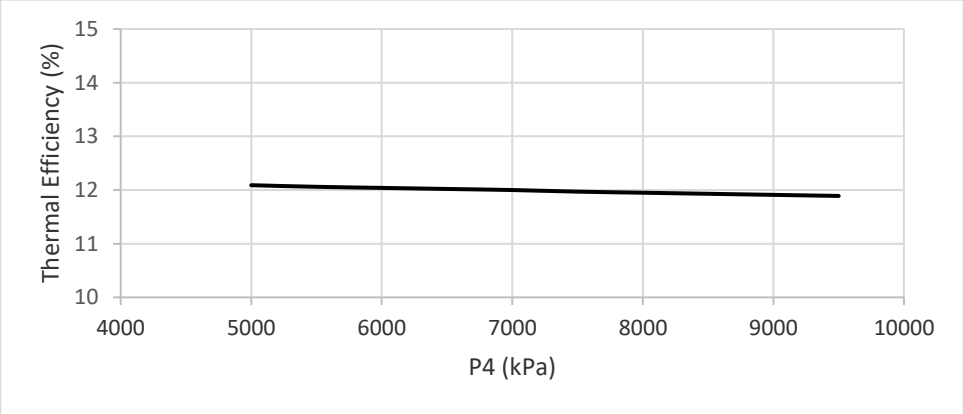


Figure 6. Effect of pump outlet pressure (P_4) on thermal efficiency

In Figure 3 the relationship between the thermal efficiency of the system and the P_4 pressure is examined. As the pressure increases a small but continuous decrease in thermal efficiency is observed. The main reason for this is that the system produces lower net work relative to its energy input and the pump work increases. High pump work reduces the overall energy efficiency of the system. In addition since compressing the steam against a higher pressure increases the energy requirement a smaller portion of the heat supplied by the boiler is converted into work. This trend reveals that the system efficiency is sensitive not only to turbine performance but also to the loads of auxiliary components.

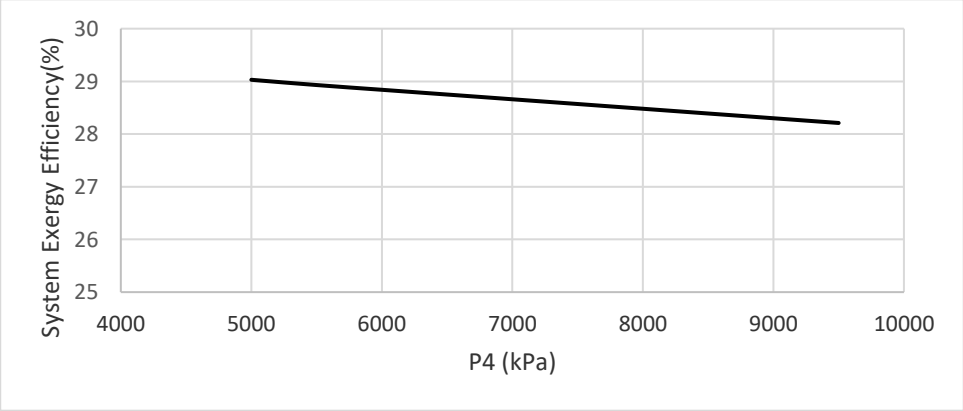


Figure 7. Effect of pump outlet pressure (P_4) on exergy efficiency

This graph shows how the overall system exergy efficiency changes depending on the P_4 pressure. As seen in Figure 4 exergy efficiency decreases significantly as the P_4 value increases. Since exergy efficiency represents the potential of energy to be converted into work this decline is quite critical. High pump pressure not only increases mechanical work consumption but also raises entropy generation in the system and therefore exergy losses. This leads the system to operate with lower performance in terms of thermodynamic quality. Therefore when determining the optimum P_4 value not only energy but also exergy efficiency should be taken into consideration.

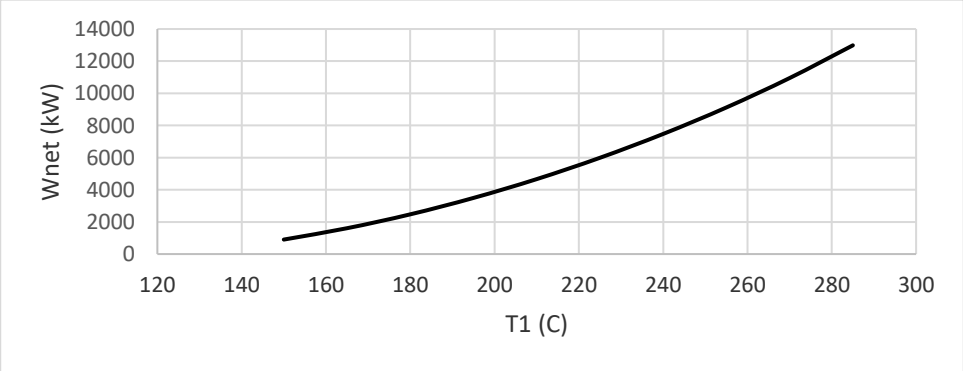


Figure 8. Effect of turbine inlet temperature (T_1) on net work output

Figure 5 shows the effect of the turbine inlet temperature T_1 on the net work output of the system. When the T_1 temperature is increased from 150 °C to 285 °C an approximately 8-fold increase in net work output is recorded. This increase is due to the greater enthalpy difference of steam at higher temperatures and the ability of this difference to be converted into more work through the turbine. In addition as the specific enthalpy of the steam increases the condensation point at the turbine outlet approaches a lower quality level which increases the condensation potential of the system. This finding shows that increasing the collector temperature has a direct positive effect on system performance and that it is a critical parameter for improving efficiency.

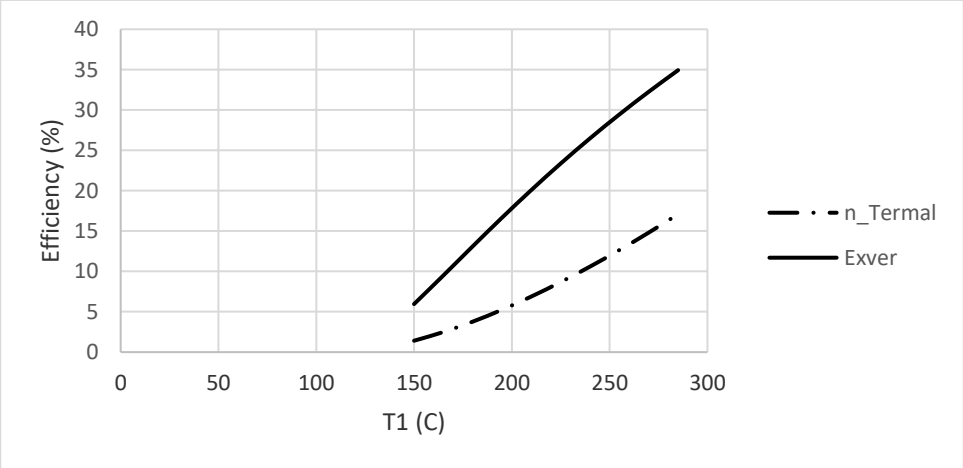


Figure 9. Effect of turbine inlet temperature (T_1) on thermal and exergy efficiencies

In this dual curve graph the variations of both thermal efficiency and exergy efficiency with respect to T_1 temperature are presented. As the T_1 temperature increases both efficiencies show an upward trend however exergy efficiency remains at higher values compared to thermal efficiency and exhibits a steeper increase. This is attributed to the increase in energy quality at high temperatures and consequently the rise in work potential. Since exergy efficiency accounts for not only the quantity but also the quality of energy it reflects the impact of high temperature inlet fluids on the thermodynamic performance of the system more accurately. Therefore the outlet temperature of the solar collectors is a determining factor for both the energy and exergy performance of the system.

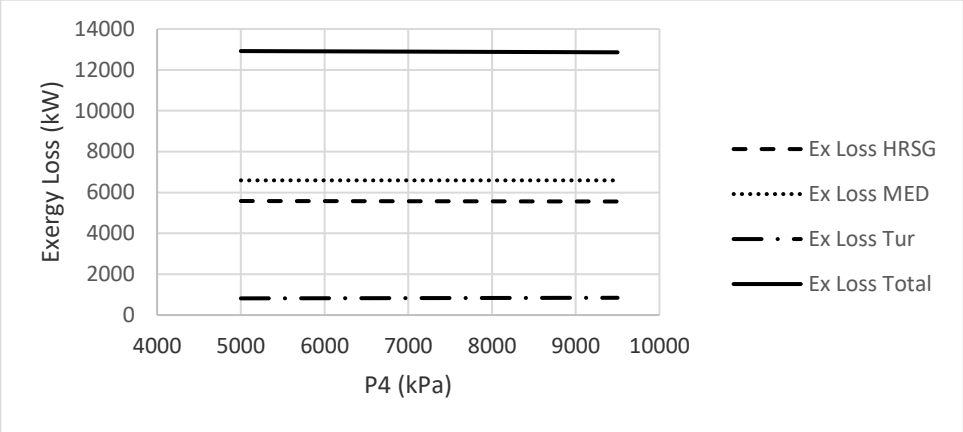


Figure 10. Component based exergy losses depending on pump outlet pressure (P_4)

This graph shows the exergy losses of each main component in the system under varying P_4 pressure. The highest exergy loss occurs in the HRSG heat exchanger unit. The main reason for this is that it both cools the high energy fluid from the Rankine outlet and provides heat for the MED system. Due to this dual function significant entropy generation takes place in this component. The HRSG is followed by the MED unit the turbine and the pumps respectively. As the P_4 pressure increases a slight upward trend is observed in all losses. In particular the exergy loss caused by the pumps reduces system performance when high pressures are reached. This graph shows that in system design not only energy efficiency but also component level exergy destruction must be considered.

4. GENERAL EVALUATION AND RESULTS

In this study a Rankine cycle powered by a parabolic solar collector and a multi effect distillation MED system that utilizes its waste heat were analyzed in an integrated structure. The system offers a multifunctional setup that not only generates electricity but also performs water purification through thermal energy recovery. Thermodynamic analyses were carried out based on both energy and exergy and the behavior of the system under different operating parameters was examined in detail.

The results showed that the turbine inlet temperature T_1 has a highly significant effect on system performance. As the temperature of the steam from the solar collector increases the enthalpy difference at the turbine outlet also increases and this directly contributes to the net work output. This clearly reveals the advantage of high temperature collector systems in power generation and also significantly improves the exergy efficiency of the system. On the other hand increasing the pump outlet pressure parameter P_4 leads to a decrease in net work and a reduction in both thermal and exergy efficiencies. The main reason for this is the increase in energy consumption of the pump operating against higher pressure which negatively affects the overall system performance. This once again shows how critical pump design parameters are for system efficiency.

One of the most important findings of the study is that the highest exergy loss occurs in the HRSG unit. The high temperature steam at the turbine outlet of the Rankine cycle is recovered as condensate and also provides heat to the MED unit. This dual function causes significant entropy generation in the HRSG which increases the total exergy loss of the system. The MED

system on the other hand operates using only waste heat without requiring any external energy input and presents a structure that improves energy efficiency. The exergy efficiency of the Rankine cycle was calculated as 36.51 percent while the overall exergy efficiency of the system was found to be 28.48 percent. These values indicate that the system successfully converts not only the amount but also the quality of energy.

This study provides a valuable contribution to the literature. It presents a unique example of sustainability based energy water integration by showing that solar collector assisted systems can be used not only for electricity generation but also for water purification using waste heat. While many studies in the literature examine energy production and water purification separately the integration of these two functions in a combined system makes this work original and applicable. Moreover conducting both energy and exergy analyses in a detailed and comparative manner shows that the system has been evaluated with high resolution not only in terms of quantity but also quality. In this aspect the study provides the technical foundation for designing similar systems.

Looking forward there are also various opportunities for improving the system. Especially converting the HRSG unit into a multi stage or dual fluid structure can make heat transfer more efficient on both the MED and Rankine sides. In addition different water treatment technologies such as membrane distillation or reverse osmosis can be integrated instead of the MED unit to make performance comparisons. Replacing the solar collector type for example modeling the system with flat plate or tower type collectors will show the effect of collector selection on the overall cycle. Supporting the system with a thermal energy storage unit can also provide a continuous operation model throughout the day.

In conclusion this study provides a strong example of sustainable engineering solutions based on energy water integration and makes a significant contribution to the literature not only at the theoretical level but also in terms of practical applicability. The potential offered by the system in terms of energy efficiency exergy quality and multi output usage is especially important for regions with high solar potential and limited water resources.

REFERENCES

[1] Sudalaimuthu, P., Sathyamurthy, R., Elshiekh, A. (2024). Nuclear Power Plant Waste Heat Opens a Window of Nex-Generation Desalination Hybridization: a SOAR- Based Review, Water Science & Technology Vol 91 No 1, 1 doi: 10.2166/wst.2024.399.

[2] Akçay, E. (2025). Katı yakıtlı kombine çevrimlerin performans ve ekserji analizi, (Yüksek Lisans Tezi), *Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.*

[3] Bın, Mohd, Tahır, M., Yamada, N. (2009). Characteristics of Small ORC System for Low Temperature Waste Heat Recover, Graduate school of Energy and Environment Science, Nagaoka University of Technology. https://doi.org/10.1299/jee.4.375

[4] Scelfo, G., Trezzi, A., Vassallo, F., Gipollina, A., Landi, V., Xenogianni, C., Tamburini, A., Xevgenos, D., Micale, G. (2025). Demonstration of ultra-high-water recovery and brine concentration in a prototype evaporation unit: Towards zero liquid discharge desalination, *Separation and Purification Technology.* Volume 354, Part 8 https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.129427

[5] Chitgar, N., Sadrzadeh, M. (2025). Optimizing sustainable energy systems: A comparative study of geothermal-powered desalination for green hydrogen production, *Desalination.* 593-118219. https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.118219

[6] Marco, S., Eveline, W., Julien, B. (2025). Hydrogen Production via Direct Seawater Electrolysis Literatüre Reviev, *EU Science Hub.* ISBN 978-92-68-22807-4.

[7] Saifaoui, D., Nachtane, M., Tarfaoui., Rouway, M., Aroussy, Y. Heat recovery from sulfuric acid plants for seawater desalination using RO and MED *systems, Appl Water Sci,* 10, 99. https://doi.org/10.1007/s13201-020-01182-7

[8] Delgado-Torres, Agustín M., and Lourdes García-Rodríguez. 2022. "Solar Desalination Driven by Organic Rankine Cycles (Orc) and Supercritical CO_2 Power Cycles: An Update" *Processes* 10, no. 1: 153. https://doi.org/10.3390/pr10010153

EVALUATION OF LOW-TEMPERATURE WASTE HEAT WITH ORC SYSTEMS: PERFORMANCE COMPARISON OF DIFFERENT WORKING FLUIDS

Yük. Müh. Enes AKÇAY

enes_akcay.61@outlook.com- ORCID: 0000-0001-9665-8787

Öğr.Gör. Dr. Arzu KEVEN

Kocaeli Üniv. Gölcük MYO

arzu.keven@kocaeli.edu.tr- ORCID: 0000-0003-0040-9167

ABSTRACT

In this study, an Organic Rankine Cycle (ORC) system designed to convert low-temperature waste heat released from industrial stacks into energy was evaluated from thermodynamic and exergetic perspectives. Cycle analyses were conducted using four different organic working fluids (R245fa, n-pentane, isopentane, and R1233zd(E)); performance parameters such as thermal efficiency, net power output, cycle exergy efficiency, and component-based exergy destructions were comparatively examined. The numerical analyses and cycle simulations were carried out using an algorithm written in Fortran programming language in accordance with engineering calculations, utilizing NIST Chemistry Book data. The effects of varying system parameters—such as pump pressure, heat input, and evaporator temperature—on cycle behavior were analyzed in detail. The results revealed that R245fa provided the highest performance with a thermal efficiency reaching 11.5% and a cycle exergy efficiency of 62%. R1233zd(E) stood out with its low environmental impact and balanced thermodynamic performance. On the other hand, n-pentane and isopentane exhibited higher component-based exergy destructions and lower net power outputs. The findings demonstrate that ORC systems are a feasible and efficient technology for waste heat recovery, and that the selection of a suitable working fluid has a direct impact on system efficiency. Furthermore, the Fortran-based analysis framework developed in this study can be effectively used for the computational modeling of similar energy recovery systems.

Keywords: Organic fluid, Rankine cycle, Waste heat recovery

ÖZET

Bu çalışmada, sanayi bacalarından salınan düşük sıcaklıklı atık ısının enerjiye dönüştürülmesini amaçlayan bir Organik Rankine Çevrimi (ORC) sistemi, termodinamik ve ekserjetik açıdan değerlendirilmiştir. Çevrim analizleri, dört farklı organik akışkan (R245fa, n-Pentane, Isopentane ve R1233zd(E)) kullanılarak gerçekleştirilmiş; termal verim, net güç üretimi, çevrim ekserji verimi ve bileşen bazlı ekserji kayıpları gibi performans parametreleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmanın sayısal analizleri ve çevrim simülasyonları, mühendislik hesaplamalarına uygun olarak Fortran programlama dili NİST kimya kitabı kullanılarak yazılmış bir algoritma ile gerçekleştirilmiştir. Sistem parametreleri olarak pompa basıncı, ısı giriş miktarı ve evaporatör sıcaklığı değiştirilerek çevrimin davranışı detaylı şekilde analiz edilmiştir. Sonuç olarak R245fa akışkanının %11,5 seviyesine ulaşan termal verimi ve %62 çevrim ekserji verimi ile en yüksek performansı sağladığını ortaya koymuştur. R1233zd(E) ise düşük çevresel etkisi ve dengeli termodinamik performansıyla dikkat çekmektedir. Diğer yandan, n-Pentane ve Isopentane daha yüksek bileşen bazlı ekserji kayıplarına ve düşük net güç üretimine sahip bulunmuştur. Elde edilen veriler, atık ısının değerlendirilmesinde ORC sistemlerinin uygulanabilir ve verimli bir teknoloji olduğunu göstermekte olup, uygun akışkan seçiminin sistem verimliliği üzerinde doğrudan etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bu çalışma kapsamında geliştirilen Fortran tabanlı analiz yapısı, benzer enerji geri kazanım sistemlerinin hesaplamalı modellemesinde de etkin biçimde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Organik akışkan, Rankine çevrimi, Enerji geri kazanım

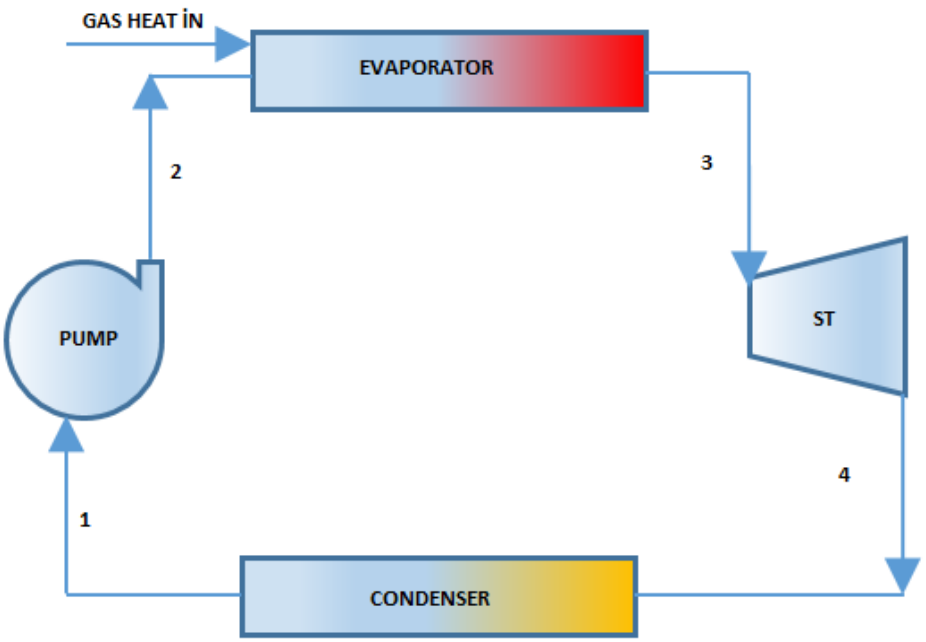
1. GİRİŞ

Günümüzde enerji krizleri ve çevresel sorunların giderek derinleştiği bir dönemde, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle küresel ısınmanın etkilerini azaltmak ve fosil yakıt bağımlılığını en aza indirmek amacıyla, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik yatırımlar ve araştırmalar her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda, doğrudan enerji üretiminde değerlendirilemeyen ancak çevresel ve ekonomik açıdan önemli bir potansiyel barındıran atık ısı, dikkat çeken alternatif enerji kaynaklarından biri olarak öne çıkmaktadır [1–3]. Endüstriyel tesislerde, özellikle kimya, çimento, demir-çelik ve enerji üretimi gibi sektörlerde, düşük sıcaklıklı ısı sürekli olarak açığa çıkmakta ve bu enerjinin önemli bir kısmı hâlen çevreye kaybedilmektedir. Bu kayıpların önüne geçmek ve söz konusu atık ısıyı kullanılabilir enerjiye dönüştürmek adına geliştirilen en etkili teknolojilerden biri ise Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) sistemleridir [4]. ORÇ sistemleri, temel prensipleri itibarıyla klasik Rankine çevrimlerine benzer şekilde çalışsa da, bazı önemli farklar içermektedir. Bu farkların başında, sistemde çalışma akışkanı olarak geleneksel su veya buhar yerine, düşük kaynama noktasına sahip organik akışkanların kullanılması gelmektedir [5]. Bu organik akışkanlar, düşük sıcaklıklarda kolaylıkla buharlaşabilme ve yüksek basınca ulaşabilme özellikleri sayesinde düşük kaliteli atık ısı kaynaklarının değerlendirilmesi için oldukça uygundur. Bu sayede, düşük sıcaklıklı kaynaklardan dahi yüksek oranda enerji geri kazanımı sağlanmakta, yakıt tüketiminde tasarruf elde edilmekte ve çevresel etkiler en aza indirilmektedir [6–7]. Organik Rankine çevrimleri; jeotermal enerji, güneş termal sistemler, biyokütle tabanlı tesisler ve endüstriyel atık ısı geri kazanımı gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir. ORÇ sistemlerinde kullanılacak çalışma akışkanının özellikleri ve sistemin çalışma koşulları, çevrim verimliliği ve geri kazanılabilen enerji miktarı üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır [8]. Organik Rankine çevrimlerinde tercih edilen akışkanlar, genellikle hidrokarbonlar veya hidroflorokarbonlar (HFC'ler) gibi çevrimsel kararlılığı yüksek, çevreye duyarlı maddelerdir. Bu akışkanların seçiminde dikkate alınması gereken temel parametreler arasında; net elektrik üretimi potansiyeli, ısı transfer verimliliği, çevresel güvenlik, kimyasal kararlılık ve çalışma koşullarına uygun doygunluk basıncı gibi kriterler bulunmaktadır [9]. Öte yandan, literatürde giderek artan sayıda çalışma, ORÇ sistemlerinin önemli bir bileşeni olan pompa veriminin, sistem performansı üzerindeki etkilerini de gündeme getirmiştir [10]. Rankine çevrimleri genel anlamda, sıvı fazdaki akışkanın sıkıştırılması ve buhar fazına genişletilmesi prensibine dayanır. Bu süreçte, sistemdeki pompanın tükettiği güç ile türbinin ürettiği gücün oranı geri iş oranı **(**Back Work Ratio) olarak adlandırılmaktadır. Klasik su-buhar bazlı Rankine çevrimlerinde bu oran oldukça düşük olduğundan, pompa verimi genel sistem verimliliğini fazla etkilemez. Ancak, ORÇ sistemlerinde bu durum geçerliliğini yitirmektedir. Örneğin, R245fa ve R134a gibi yaygın kullanılan organik akışkanlarda geri iş oranı, suya göre yaklaşık 2 ila 4 kat daha yüksek çıkmaktadır. Bu artış, hem ısı kaynağının sıcaklığı azaldıkça hem de kullanılan akışkanın kritik sıcaklığı düştükçe daha da belirgin hale gelmektedir. Özellikle kritik noktanın üzerindeki çalışma koşullarında, geri iş oranındaki artış daha da çarpıcı olmaktadır [11].

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, endüstriyel tesislerin bacasından çıkan düşük sıcaklıklı atık gazların geri kazanımı amacıyla, Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) esasına dayalı bir sistem tasarlanmıştır.

Kurulan çevrim modeli, temel termodinamik bileşenlerden oluşmaktadır: pompa, buharlaştırıcı (evaporatör), türbin ve yoğunlaştırıcı (kondenser). Görsel 1'de gösterilen bu dört ana bileşen, kapalı çevrimli bir sistem içerisinde organik bir akışkanın dolaşımını sağlamaktadır. Sistemin başlangıç noktasında, kondensatörden çıkan düşük basınçlı ve sıvı haldeki organik akışkan pompa yardımıyla basınçlandırılır. Bu işlem sonucunda akışkanın sıcaklığı sınırlı düzeyde artarken, basıncı belirgin şekilde yükselir. Pompadan çıkan basınçlı sıvı, ısıl enerjiyi absorbe etmek üzere buharlaştırıcıya yönlendirilir. Buharlaştırıcıda, doğrudan bir fabrikanın bacasından elde edilen atık gazlar tarafından sağlanan ısı sayesinde akışkan buhar fazına geçer. Böylece, aksi halde çevreye kaybolacak olan düşük kaliteli ısı, sistem için faydalı bir enerji girişine dönüştürülmüş olur. Isıtma işlemi tamamlanan ve buhar haline gelen akışkan, daha sonra türbine yönlendirilir. Türbinde gerçekleşen izentropik genleşme süreciyle birlikte akışkanın termal enerjisi mekanik enerjiye çevrilir ve bu enerji jeneratör aracılığıyla elektrik üretiminde kullanılır. Türbinden çıkan düşük enerjili buhar, yoğunlaştırıcıya girerek burada tekrar sıvı fazına döner. Böylece çevrim tamamlanır ve akışkan yeniden pompa girişine ulaşır. Çevrimdeki her bir bileşenin giriş-çıkış noktaları, termodinamik analizlerde referans alınmak üzere 1'den 4'e kadar numaralandırılmıştır. Isı giriş noktası olan "Gas Heat In" bölgesi, doğrudan proses gazlarının çıkış hattına entegre edilmiştir. Bu konfigürasyon, sadece enerjinin geri kazanılmasını sağlamakla kalmayıp aynı zamanda bacadan salınan termal yükü azaltarak çevresel etkiyi de düşürmeyi amaçlamaktadır.



Görsel 11. Atık ısının kullanıldığı ORÇ çevrimi akış şeması

Çalışma kapsamında, kullanılan organik akışkanın seçiminde düşük kaynama noktası, kimyasal kararlılık ve çevrim verimi gibi kriterler dikkate alınmıştır. Sistem performansı, sabit debide kararlı çalışma koşulları altında değerlendirilmiş; her bir bileşen için enerji dengesi ayrı ayrı oluşturularak genel çevrim verimliliği hesaplanmıştır.

Özellik	***Değer***
Q_gaz	1000 kW
T evap	90 C
P1	1090 kPa
m	4,5 kg/s
η ST	0,85
η Pomp	0,80

Standart test koşulları: P0=101,3kPa T0=25 °C

Tablo 1'de, 1 MW'lık atık gaz kaynağı için 90 °C buharlaşma sıcaklığı, 1,09 MPa çevrim basıncı, 4,5 kg s^{-1} kütle debisi ile %85 türbin ve %80 pompa izentropik verimleri temel tasarım girdileri olarak verilmiş; referans ortam koşulları 25 °C ve 101,3 kPa olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5. Atık ısı çevriminin kütle ve enerji dengesi, emtropi üretimi denklemleri [11]

Materyal	**Aralık**	**Kütle Dengesi**	**Enerji Dengesi**	**Entropi Üretimi**
Kondenser	4-1	$\dot{m}_4 = \dot{m}_1$	$\dot{m}_1 h_1 + \dot{Q}_ç = \dot{m}_4 h_4$	$\dot{m}_4 s_4 + \frac{Q_R}{TR} - m_1 S_1 + S_{Gen_c} = 0$
Pompa	1-2	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	$\dot{m}_1 h_{11} + \dot{W}_P = \dot{m}_2 h_2$	$m_1 s_1 - m_2 s_2 + S_{Gen,P} = 0$
Buhar Türbini	3-4	$\dot{m}_3 = \dot{m}_4$	$\dot{m}_3 h_3 = \dot{W}_{ST} + \dot{m}_4 h_4$	$\dot{m}_3 S_3 - \dot{m}_4 S_4 \frac{Wt}{T0} + s_{Gen,ST} = 0$
Evaporatör	2-3	$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$	$\dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_2 h_2 + \dot{Q}_{in}$	$m_2 s_2 - m_3 s_3 + \frac{Q_{in}}{Tevap} + S_{Gen,E} = 0$

Yukarıda sunulan çizelge, Organik Rankine Çevrimi'nin (ORÇ) termodinamik analizine yönelik olarak kullanılan temel denklemleri ve performans kriterlerini ortaya koymaktadır. Çevrimi oluşturan ana bileşenler (Pompa, Buharlaştırıcı, Türbin ve Yoğuşturucu) için kütle, enerji ve entropi dengeleri ifade edilmiştir. Bu denklemler aracılığıyla, sistem genelinde akışkan debisinin sabit olduğu varsayımıyla enerji ve entropi geçişlerinin dengesi sağlanarak çevrimin matematiksel olarak modellenmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 6. Atık ısı Rankine çevriminin ekserji yıkımı ve ekserji verimi. [11]

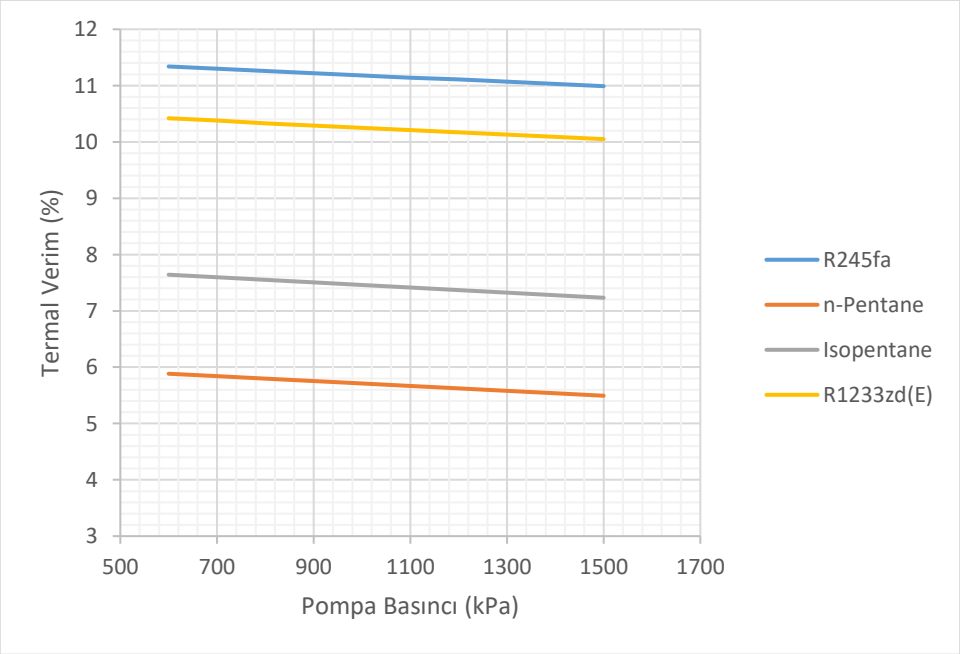
Materyal	**Aralık**	**Ekserji Yıkımı**	**Ekserji verimi**
Kondenser	4-1	$\dot{E}_{D,C} = \dot{m}(e_4 - e_1) - Q_Ç\,(1 - \frac{T_0}{TK})$	$\eta_{ex,Kondenser} = 0$

Pompa	1-2	$\dot{E}_{D,P}=\dot{m}(e_1 - e_2) + \dot{W}_P$	$\eta_{ex,Pompa} = \frac{E_{ex,2} - E_{ex,1}}{\dot{w}_{Pompa}}$
Buhar Türbini	3-4	$\dot{E}_{D,BT}=\dot{m}(e_3 - e_4) + \dot{W}_{BT}$	$\eta_{ex,BT} = \frac{\dot{w}_{Buhar\ Tür.}}{E_{ex,3} - E_{ex,4}}$
Evaporatör	2-3	$\dot{E}_{D,E}=\dot{m}(e_2 - e_3) - Q_g\ (1 - \frac{T_0}{Tevap})$	$\eta_{ex,Kondenser} = \frac{E_{ex,3} - E_{ex,2}}{\dot{Q_g}(1 - \frac{T_0}{Tevap})}$

Çizelge 2'de her bölgenin ekserji yıkımı ve ekserji verimini göstermektedir. Ekserji yıkımı, sistem içerisindeki termodinamik tersinmezlikler nedeniyle kaybolan kullanılabilir enerji miktarını temsil etmekte olup, ideal bir sistemde sıfır değerini alır. Ekserji verimi ise, giren ekserjinin hangi oranda faydalı işe dönüştürüldüğünü belirtir ve termodinamik performansı değerlendirmede kritik bir göstergedir. Yoğuşturucu bileşeninde yararlı ekserji çıkışı olmadığından, ekserji verimi sıfır olarak belirtilmiştir. Ayrıca, çevrimin tamamına ait ekserji yıkımı ve ekserji verimi, tüm bileşenlerin bireysel ekserji kayıplarının toplamı alınarak hesaplanmaktadır.

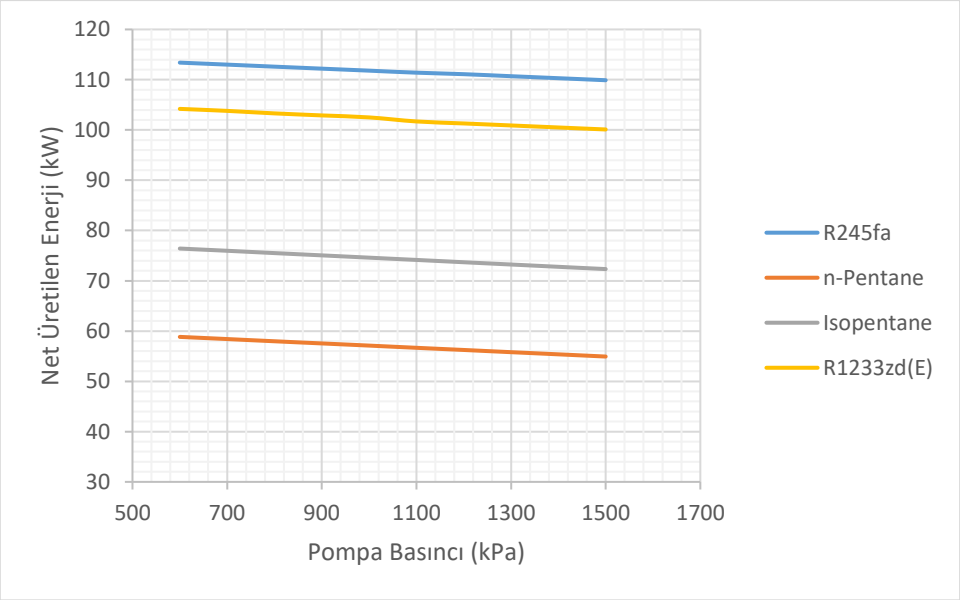
Bu iki çizelgede verilen denklemler, çevrim analizi sırasında her bir komponentin ve çevrimin bütününün termodinamik performansını net biçimde ortaya koymak için yaygın olarak kullanılan temel değerlendirme araçlarıdır. Böylece, çevrim performansının iyileştirilmesi ve sistem optimizasyonunun sağlanması için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Sonuçlar ve Değerlendirme

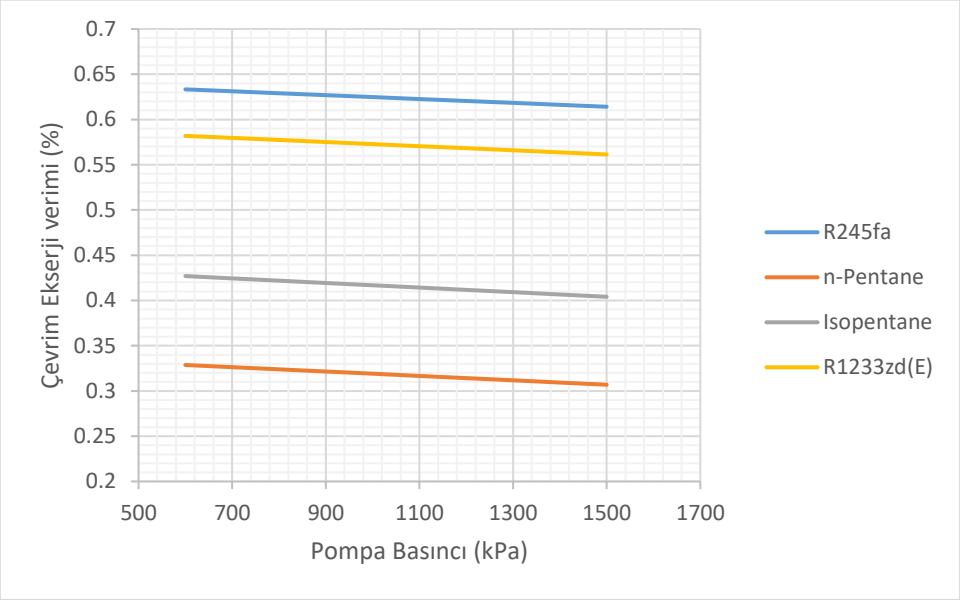


Pompaya çıkış basıncının artması, tüm akışkanlar için termal verimde belirgin bir azalmaya yol açmaktadır. Bunun temel nedeni, basınç büyüdükçe pompa işi artarken bu ilave mekanik

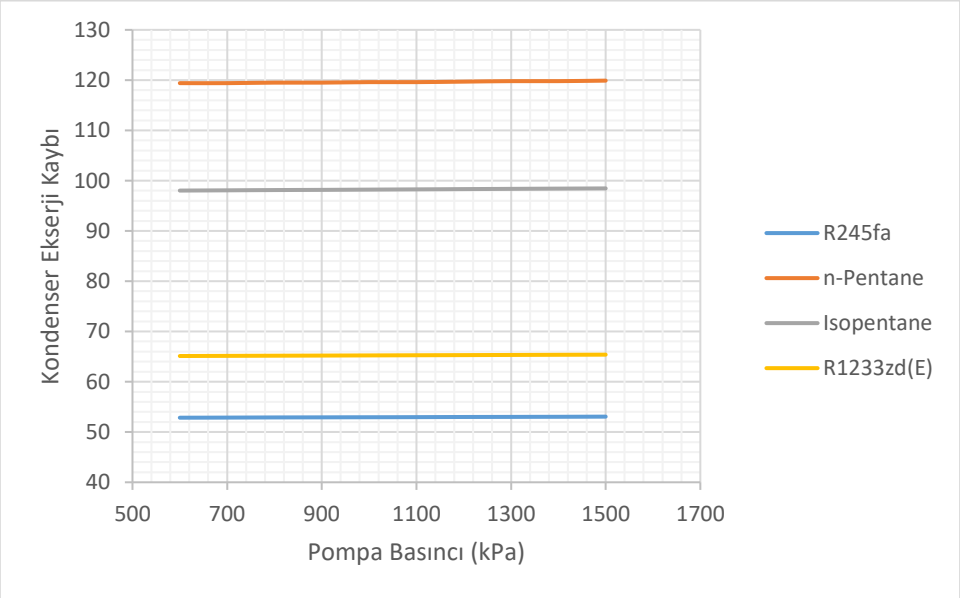
girdinin buharlı faza dönüşte ısı girdisine oranla daha zayıf bir şekilde geri kazanılmasıdır. Bu etki, özgül ısı kapasitesi ve yoğunluk farkı daha yüksek olan R245fa'da bile gözlenmekte, ancak göreli üstün termofiziksel özellikleri sayesinde aynı basınç düzeyinde en yüksek verim yine bu akışkan tarafından korunmaktadır. R1233zd(E) verim sıralamasında ikinci; izopentan ve n-pentan ise artan pompaj işine karşı daha duyarlı kalarak sırasıyla üçüncü ve dördüncü sırada yer almaktadır. Eğilimler, yüksek basınçlı atık ısı kaynakları kullanıldığında dahi pompaj işinin optimal tasarım açısından sınırlayıcı olabileceğini ortaya koymaktadır.



Net elektrik çıkışı, verimde gözlenen düşüş eğilimini yansıtarak basıncın artmasıyla azalır. Basınç yükseldikçe, pompaj işindeki artış hem türbin çıkış gücünü gölgeler hem de çevrimdeki kütle debisini sınırlayarak net kazanç düşüşünü hızlandırır. Yine de R245fa, daha yüksek buhar yoğunluğu ve özgül ısıl enerji içeriği sayesinde tüm basınç aralığında en yüksek net gücü üretir. R1233zd(E) bu açıdan oldukça yakın performans gösterirken izopentan ve n-pentan, düşük buharlaşma entalpilerinin de etkisiyle daha alt seviyelerde kalmaktadır. Bu bağlamda, atık ısı geri kazanımında yalnızca verim değil, mutlak güç çıktısının da projelendirme kriteri olması gerektiği vurgulanmalıdır.

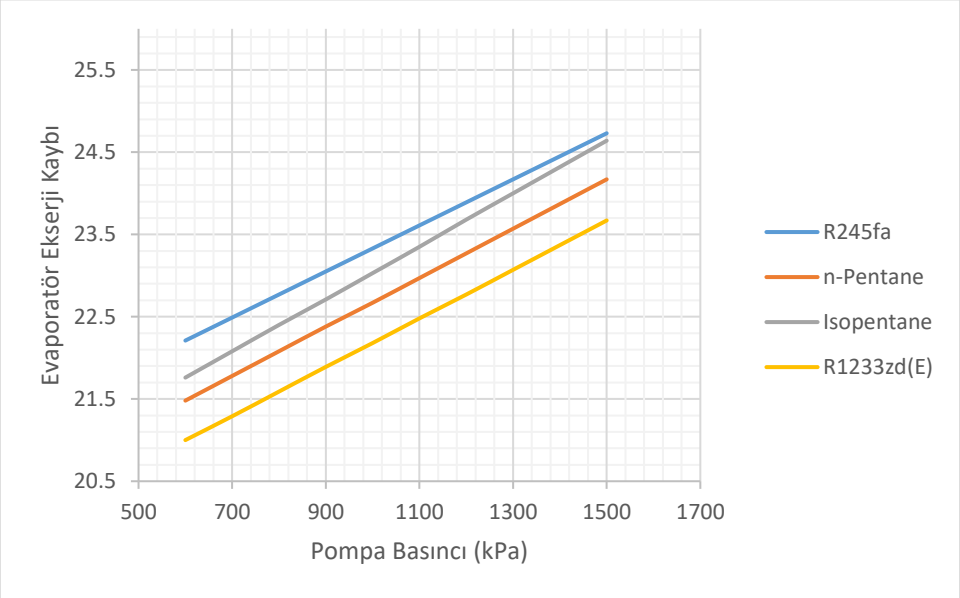


Ekserji verimi, çevrim içinde geri kazanılabilir "düzenli" enerjinin toplam ekserjiye oranını gösterir ve basınç arttıkça tüm akışkanlarda hafifçe düşüş sergiler. Azalma, pompaj işindeki artışla birlikte özellikle kondenser ve evaporatördeki ekserji yitimlerinin toplam ekserjiye göre büyümesinden kaynaklanır. R245fa ve R1233zd(E) yüksek ekserji verimleriyle termodinamik potansiyelden daha fazla yararlanırken, izopentan ve n-pentan nispeten daha düşük performans sergiler; bu, düşük sıcaklıktaki atık ısı kaynakları için organik akışkan seçiminde ekserji temelinde hassas bir optimizasyonun gerekliliğini göstermektedir.

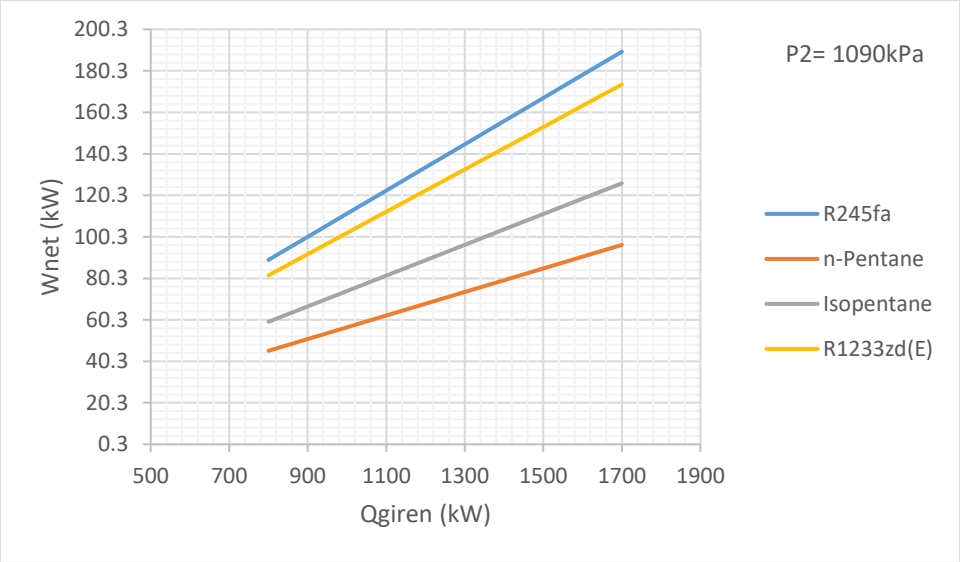


Kondenserdeki ekserji yitimi, pompaya çıkış basıncındaki değişime kayıtsız kalarak neredeyse yatay bir seyir izler. Bu davranış, kondenzasyonun izotermal karakteri ile ilişkilidir; basınç değişimi kondenzasyon sıcaklığını yalnızca sınırlı ölçüde etkilerken, ısı transferindeki sıcaklık potansiyeli büyük oranda aynı kalır. Ekserji yitiminin en yüksek olduğu n-pentan, yoğunlaşma entalpisi en yüksek akışkan olup, daha fazla "kullanışlı" enerjinin düşük sıcaklıkta atılmasıyla sonuçlanır. R245fa ise en düşük kondenser kaybıyla sistemin genel ekserji performansını

desteklemektedir. Dolayısıyla akışkan seçimi, kondenser tarafında düşük sıcaklıkta atılan ekserjinin minimize edilmesinde kritik rol oynar.

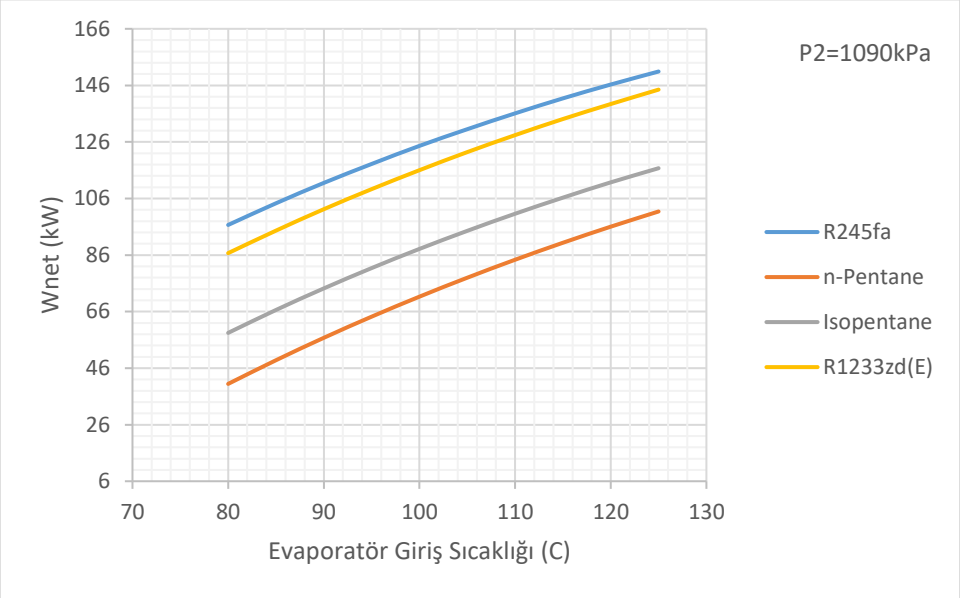


Evaporatörde ekserji yitimi basınçla birlikte artış eğilimi gösterir. Yüksek basınçta doygunlaşma sıcaklığındaki yükselme, atık gaz–çalışma akışkanı arasındaki sıcaklık farkını artırarak ısı transferindeki ekserji yitirimini büyütür. R245fa burada da en yüksek kaybı sergiler; bununla birlikte aynı akışkanın net güç ve verimde sağladığı üstünlükler, kaybın mutlak büyüklüğüne rağmen çevrim performansını dengelemektedir. Öte yandan R1233zd(E)'nin daha ılımlı ekserji kaybı, bu akışkanın daha düşük doygunluk sıcaklıklarında çalışabilmesine bağlanabilir. Tasarım açısından, yüksek basınç tercih edilecekse ısı değiştirici optimizasyonu veya ara ısı geri kazanım stratejileri (ör. regenerator) düşünülmelidir.



Isı girdisi arttıkça net işin doğrusal artışı, türbin çıkış gücünün girdiyle orantılı büyümesini; pompa işinin ise görece küçük ve sabit kalmasını yansıtır. Akışkanlar arasındaki güç farkları, ısıya dönüşen buharlaşma entalpileri ve izentropik verim farklılıklarından kaynaklanır; R245fa en yüksek, n-pentan en düşük eğime sahiptir. Bu grafik, atık ısı akışında potansiyel yükseltme

(ör. çoklu baca hatlarının birleştirilmesi) düşünüldüğünde hangi akışkanın ölçeklenebilir performans sunduğunu göstermesi bakımından önemlidir.



Evaporatör giriş sıcaklığındaki artış, doygun buhar sıcaklığını yükselterek türbin çıkışını termodinamik olarak zenginleştirir ve net işi artırır. Artış hızı, kritik sıcaklığı yüksek akışkanlarda daha belirgindir; bu nedenle ısı kaynağı sıcaklığının 80 °C'den 125 °C'ye çıkarılması durumunda R245fa ve R1233zd(E) performansta daha keskin bir yükseliş oluşturur. İlgili sıcaklık aralığında izopentan ve n-pentan da olumlu yanıt verse de mutlak güç çıktısı diğer iki akışkanın gerisinde kalır. Dolayısıyla, atık gaz sıcaklığı tesadüfi dalgalanmalar gösteren endüstriyel proseslerde, kritik sıcaklığı daha yüksek akışkanların seçimi güç üretiminde daha istikrarlı artış sağlar.

Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Bu çalışmada, fabrika bacasından çıkan düşük sıcaklıktaki atık ısının Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) ile değerlendirilip değerlendirilemeyeceği incelenmiştir. Bu amaçla R245fa, n-Pentane, Isopentane ve R1233zd(E) gibi dört farklı çevrim akışkanının sistem üzerindeki etkileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hem enerji verimliliği hem de ekserji açısından bu akışkanların performansını karşılaştırmalı biçimde ortaya koymuş, çevrim parametrelerinin sistem davranışı üzerindeki etkileri açıkça gözlemlenmiştir. Analizler sonucunda, pompa basıncının artmasının tüm akışkanlar için hem termal verimi hem de net enerji üretimini düşürdüğü görülmüştür. Bu durum, sistem tasarlanırken pompa basıncının çok dikkatli seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Dört akışkan arasında R245fa, en yüksek verimle çalışan ve en iyi ekserji performansını sergileyen akışkan olarak öne çıkmıştır. R1233zd(E) ise çevre dostu özellikleri ve tatmin edici enerji performansı sayesinde özellikle sürdürülebilirlik açısından dikkat çeken bir alternatif olmuştur. Bu bulgular, çevrim akışkanı seçiminin sadece enerji açısından değil, çevresel etkiler açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmanın önemli yönlerinden biri de, geleneksel akışkanların yanı sıra çevreye daha az zarar veren yeni nesil bir akışkan olan R1233zd(E)'nin sisteme entegrasyonunun detaylı şekilde incelenmiş olmasıdır. Her ne kadar R245fa kadar yüksek

verim sağlamasa da, R1233zd(E) özellikle çevresel kaygıların ön planda olduğu günümüzde enerji sistemlerinde değerlendirilebilecek güçlü bir aday olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, fabrika tipi atık ısı kaynaklarının geri kazanımına yönelik enerji verimliliği hedefleriyle doğrudan ilişkili olup sanayide dönüşüm sağlanmasına katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak Elde edilen veriler, ileride yapılacak deneysel çalışmalar, farklı sıcaklık ve debi koşullarının incelenmesi, yeni çevrim akışkanlarının denenmesi ve daha gelişmiş ORÇ sistemlerinin tasarımı için güçlü bir kaynak teşkil etmektedir. Aynı zamanda, bu sistemlerin ekonomik ve çevresel yönlerinin de incelenmesiyle çok daha kapsamlı çözümler geliştirilebilir. Bu sayede sadece teknik değil, sürdürülebilirlik açısından da katkı sağlayan enerji dönüşüm modelleri ortaya konabilir.

KAYNAKÇA

Bın, Mohd, Tahır, M., Yamada, N. (2009). Characteristics of Small ORC System for Low Temperature Waste Heat Recover, Graduate school of Energy and Environment Science, Nagaoka University of Technology. https://doi.org/10.1299/jee.4.375

Suchocki, T. Introduction to ORC–VCC Systems: A Review, *Energies* **2025**, *18*(1), 171; https://doi.org/10.3390/en18010171

Witanowski, L. (2024). Optimization of an Organic Rankine Cycle–Vapor Compression Cycle System for Electricity and Cooling Production from Low-Grade Waste Heat, *Energies*, 17(22), 5566. https://doi.org/10.3390/en17225566

Malwe, P, D., Gawali, B, S., Salunke, A., Sharma, K., Salunkge, A., Siddiqui, M, I, H., Mehta, B., Tejani, G. (2025). Performance investigation on Organic Rankine Cycle from a low-temperature heat source, *Case Studies in Thermal Engineering.* *https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.105841*

Şahin, R., Ata, S., Kahraman, A. (2018). Organik Rankine Çevriminde Farklı Tip Akışkanlarda Türbin Giriş Sıcaklığı ve Basıncının Sistem Bileşenlerindeki Tersinmezlik Değerlerine Etkisinin Belirlenmesi, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 33(2), pp. 225-236. https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.509861

Sun, J., Peng, B. (2025). Experimental study on the matching characteristics of working fluid types and heat sources based on the organic Rankine cycle system, *Case Studies in Thermal Engineering. Volume 72*. https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.106336

Zhang, L., Wang, L., Sun, X., Xia, L., Tao, S., Xiang, S., Jin, S. (2025). Multi-Objective Evaluation Strategy Based on Data Envelopment Analysis for Working Fluid Selection in the Organic Rankine Cycle, *Processes*, 3(4), 1013; https://doi.org/10.3390/pr13041013

Yu, H., Eason, J., Gundersen, T., Feng, X. (2018). Process integration of organic Rankine cycle (ORC) and heat pump for low temperature waste heat recovery, *Energy*. Volume 160 https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.028

Hu, B., Guo, J., Yang, Y., Shao,Y. (2022). Selection of working fluid for organic Rankine cycle used in low temperature geothermal power plant, *Energy Reports*. Volume 8, Supplement 3, June 2022, Pages 179-186. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.102

Gozdur, Borsukiewicz, A. (2013). Pumping work in the organic Rankine cycle, *Applied Thermal Engineering* 51 (2013) 781-786. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.10.033

Akçay, E. (2025). Katı yakıtlı kombine çevrimlerin performans ve ekserji analizi, (Yüksek Lisans Tezi), *Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü* (Tez No: 934611).

T BİRLEŞİMLİ BOŞLUKLU HAFİF ÇELİK ÇERÇEVELERİN MOMENT-DÖNME KARAKTERİSTİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Prof. Dr. ABDULKADİR CÜNEYT AYDIN
Atatürk Üniversitesi,
acaydin@atauni.edu.tr

NESLİŞAH GÜLOĞLU
Atatürk Üniversitesi,
neslisah.guloglu10@gmail.com

Doç. Dr. MAHYAR MAALİ
Erzurum Teknik Üniversitesi,
mahyar.maali@erzurum.edu.tr

NURULLAH ÇINAR
Erzurum Teknik Üniversitesi,
nurullahcnar78@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, soğuk şekillendirme yöntemiyle üretilmiş hafif çelik profiller kullanılarak oluşturulan T tipi birleşim detaylarının, tekrarlı/döngüsel yükler altındaki yapısal tepkilerini deneysel olarak araştırmayı amaçlamaktadır. Yapı sistemlerinde sıkça karşılaşılan bu birleşim türünün performansını etkileyen başlıca parametreler arasında guse levhası kalınlığı, profil kesit et kalınlığı ve kiriş gövdelerine uygulanan delik sayısı gibi geometrik değişkenler yer almaktadır. Bu doğrultuda, deneysel çalışmada farklı kombinasyonlara sahip toplam 5 adet birleşim numunesi hazırlanmış ve FEMA-350 döngüsel yükleme protokolü doğrultusunda test edilmiştir. Yük–yer değiştirme verileri temel alınarak her bir numunenin taşıma kapasitesi, rijitlik düzeyi, süneklik davranışı ve enerji yutma kapasitesi gibi temel performans göstergeleri değerlendirilmiştir. Deney bulguları, özellikle daha kalın guse levhalarının ve kesit et kalınlığının birleşim rijitliğini ve maksimum yük taşıma kapasitesini artırdığını; buna karşılık, artan delik sayısının süneklik üzerinde olumlu etkiler yaratsa da rijitlik ve dayanım üzerinde zayıflatıcı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Sonuçlar, güncel literatürde yer alan bulgularla karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve bu çalışmanın özellikle birleşim geometrisi ile performans kriterleri arasındaki ilişkiyi deneysel düzeyde ortaya koyarak hafif çelik yapıların tasarımına yönelik önemli katkılar sunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hafif çelik yapı, T birleşimi, döngüsel yükleme, deneysel analiz, rijitlik, süneklik

GİRİŞ VEYA BAŞLIK

Son yıllarda yapı teknolojilerindeki gelişmeler, taşıyıcı sistemlerin daha ekonomik, hafif ve hızlı uygulanabilir olmasını sağlayan alternatif çözümlerin ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda, hafif çelik yapılar, sundukları yüksek mukavemet-ağırlık oranı, düşük maliyet, kısa inşaat süresi ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı gibi avantajlarıyla modern inşaat sektöründe giderek daha fazla tercih edilmektedir. Özellikle konut, endüstriyel yapılar ve modüler sistemlerde hafif çelik profillerin yaygın şekilde kullanılmaya başlanması, bu yapı sistemlerinin mühendislik açısından daha detaylı incelenmesini gerekli kılmaktadır. Hafif çelik yapıların taşıyıcı performansında en belirleyici unsurlardan biri, birleşim detaylarının tasarımıdır. Bu birleşim noktaları, yapının yatay ve düşey yükler altındaki davranışını doğrudan etkilemekte; rijitlik, süneklik ve enerji yutma kapasitesi gibi temel performans kriterleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda, T tipi birleşimler, kiriş-kolon bağlantılarında sıklıkla tercih edilen ve özellikle moment aktarımının kritik olduğu sistemlerde öne çıkan düğüm noktalarıdır. Bu birleşimlerin davranışı, yapının genel sismik performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, farklı kesit kalınlıkları, guse levhası kalınlıkları ve delik detaylarına sahip T tipi birleşim numuneleri hazırlanmış ve FEMA-350 protokolü esas alınarak döngüsel yükleme altında test edilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar, birleşim rijitliği, taşıma kapasitesi, süneklik ve enerji yutma kapasitesi açısından değerlendirilmiş ve mevcut literatür ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı, T birleşim detaylarının geometrik ve yapısal özelliklerinin birleşim performansına etkilerini ortaya koymak ve bu doğrultuda benzer yapısal sistemlerin tasarımında rehber olabilecek mühendislik verileri sunmaktır.

Chen (2021) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, delikli ve deliksiz olmak üzere toplam 36 soğuk şekillendirilmiş çelik kiriş numunesi test edilmiştir. Çalışmada deliksiz numuneler, kenarları güçlendirilmemiş ağ delikleri ve kenarları güçlendirilmiş ağ deliklerine sahip numuneler olmak üzere üç grupta değerlendirme yapılmıştır. Değişken olarak ağ kalınlığı, delik boyutu, taşıyıcı kirişin uzunluğu ve kenar sertleştirici elemanların boyutu dikkate alınmıştır. Deney sonuçları, kenarları sertleştirilmiş ağ deliklerine sahip numunelerin daha yüksek taşıma kapasitesi sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, sonlu eleman modelleri ile yapılan analizlerin hem taşıma kapasitesi hem de göçme modları açısından deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında, Uzzaman ve ark önerdiği tasarım denklemleri, Amerikan (AISI), Avustralya-Yeni Zelanda (AS/NZS) ve Avrupa (EC3) standartlarıyla karşılaştırılmış; özellikle Uzzaman'ın kenar sertleştiricili deliklere yönelik önerdiği ağ sakatlama kapasitesi azaltma katsayısının, deneysel verilerle yüksek oranda örtüştüğü belirlenmiştir.

Roy (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, soğuk şekillendirilmiş çelik (CFS) T bağlantılarının çekme yükü altındaki mekanik davranışları deneysel ve sayısal yöntemlerle incelenmiştir. Çalışmada, farklı et kalınlıklarına sahip (0.55 mm, 0.75 mm ve 0.95 mm) toplam 30 adet numune kullanılmış ve her bir T tipi bağlantı, kendinden delici vidalar ile birleştirilmiştir. Deneyler sırasında numunelerin yük-deplasman ilişkileri, deformasyon şekilleri ve kopma noktaları detaylı şekilde kaydedilmiştir. Çekme testlerinin yanı sıra, ABAQUS sonlu elemanlar yazılımı ile yapılan nümerik modellemelerde malzeme doğrusal olmayanlığı, geometrik kusurlar ve vida bağlantı detayları da dikkate alınmıştır. Sayısal analiz sonuçları ile deneysel veriler arasında yüksek düzeyde uyum elde edilmiştir. Çalışma

sonuçlarına göre, numune kalınlığındaki artış çekme kapasitesini önemli ölçüde artırmakta; bağlantı başarısızlıkları ise çoğunlukla vidaların başlık kısmında deformasyon veya kopma şeklinde meydana gelmektedir. Bu bulgular, bağlantı elemanlarının geometrik ve malzeme özelliklerinin, birleşimin taşıma kapasitesi ve güvenli çalışma aralığı üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Cheng Yu (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, soğuk şekillendirilmiş çelik C kesitli elemanlarda yer alan kenarları sertleştirilmiş deliklerin elastik burkulma davranışı, hem deneysel hem de sonlu elemanlar yöntemi (FEA) kullanılarak ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Çalışmada, farklı delik çapları ve sertleştirici uzunluklarının burkulma kapasitesi üzerindeki etkileri araştırılmış ve birtakım yapısal parametrelerin davranış üzerindeki belirleyiciliği ortaya konmuştur. Araştırma bulgularına göre, kenar sertleştirici uzunluğunun artışı ile birlikte elemanın elastik burkulma dayanımının anlamlı düzeyde arttığı gözlemlenmiştir. Buna karşın, delik çapının büyümesi, burkulma kapasitesinde azalmaya yol açmaktadır. Yapılan analizler, en etkili sertleştirici uzunluğunun, kesit genişliğinin yaklaşık %6'sına karşılık geldiğini göstermektedir. Ayrıca, delik kenarlarının sertleştirilmesinin, düz yüzeyli elemanlara göre çok daha yüksek burkulma kapasitesi sağladığı vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, özellikle delikli elemanların tasarımında kenar sertleştiricilerinin göz ardı edilemeyecek düzeyde yapısal avantaj sağladığını ortaya koymakta; hafif çelik sistemlerde delik geometrisinin mühendislik tasarımına etkisini somut biçimde desteklemektedir.

Wang ve Young (2015) tarafından yürütülen çalışmada, ağ deliklerine sahip soğuk şekillendirilmiş çelik kirişlerin yapısal davranışı detaylı olarak incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı, bu tip elemanların eğilme altındaki taşıma kapasitesini ve deformasyon karakteristiklerini hem deneysel hem de sayısal yaklaşımlarla değerlendirmektir. Bu kapsamda, farklı delik boyutlarına ve düzenlerine sahip 12 adet kiriş numunesi imal edilmiştir. Numuneler eğilme etkisi altında test edilerek, delik konfigürasyonlarının kiriş performansı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Test sonuçlarına göre, delik çapı büyüdükçe taşıma kapasitesinde anlamlı azalmalar meydana gelmiştir. Ayrıca, deliklerin düzeni –örneğin simetrik ya da asimetrik yerleşim– kirişin rijitliği ve stabilitesi üzerinde belirleyici rol oynamıştır. Çalışmada ayrıca sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile sayısal analizler gerçekleştirilmiş; malzeme özellikleri, geometrik doğrusal olmayanlıklar ve deliklerin etkisi dikkate alınarak oluşturulan modeller, deneysel bulgularla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sayısal sonuçlar, deneylerle büyük oranda uyum göstermiş ve ağ delikli kiriş davranışlarının modellenmesinde sonlu elemanlar analizlerinin etkinliğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma, hafif çelik yapı tasarımında kullanılan ağ delikli kirişlerin geometrik parametrelerinin dikkatli biçimde seçilmesi gerektiğini vurgulamakta; özellikle delik çapı ve yerleşiminin taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerinin göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, hafif çelik yapı sistemlerinde yaygın olarak kullanılan soğuk şekillendirilmiş C profillerinden imal edilen T tipi birleşimlerin döngüsel yükler altındaki davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışma kapsamında, taşıma kapasitesi, rijitlik, süneklik ve enerji yutma kapasitesi gibi temel yapısal performans kriterlerinin çeşitli birleşim detaylarına bağlı olarak nasıl değiştiği araştırılmıştır. Hazırlanan deney numuneleri, birleşim bölgesindeki

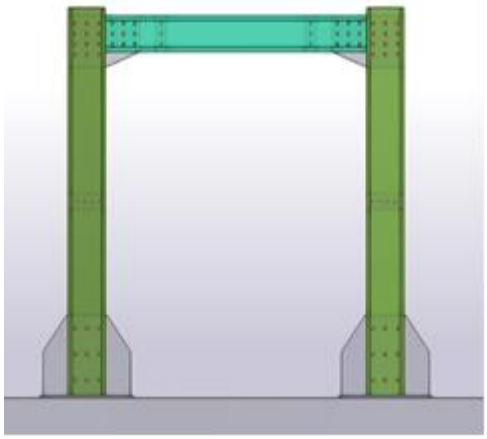
guse levhası kalınlığı (1,5 mm, 2 mm ve 3 mm), kesit et kalınlığı (1,5 mm ve 2 mm) ve kiriş gövdesinde yer alan delik sayısı (0, 1 ve 3 adet) gibi parametreler açısından farklılaştırılarak toplam beş adet T tipi birleşim üretilmiştir. Bu parametreler seçilirken, hem literatürde yer alan kritik geometrik özellikler hem de gerçek yapısal uygulamalarda karşılaşılan konfigürasyonlar dikkate alınmıştır.

2.1 Numune Özellikleri

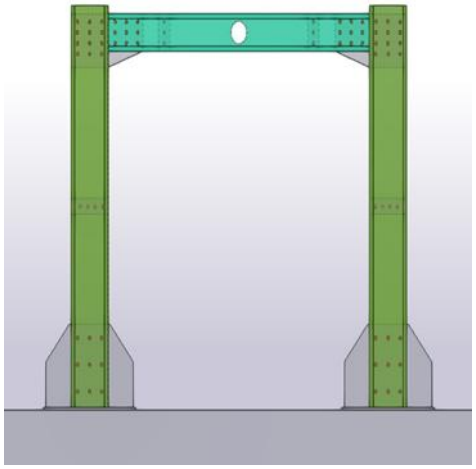
Deneysel çalışmada kullanılan her bir birleşim numunesi, belirli parametre kombinasyonlarıyla tasarlanarak imal edilmiştir. Numunelerin geometrik ve birleşimsel özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

EX-1: 1,5 mm kalınlığında guse levhası, deliksiz kiriş gövdesi
EX-2: 2 mm guse levhası, kiriş gövdesinde 1 adet dairesel delik
EX-3: 2 mm guse levhası, kiriş gövdesinde 3 adet dairesel delik
EX-4: 3 mm guse levhası, deliksiz kiriş gövdesi
EX-5: 3 mm guse levhası, kiriş gövdesinde 3 adet dairesel delik

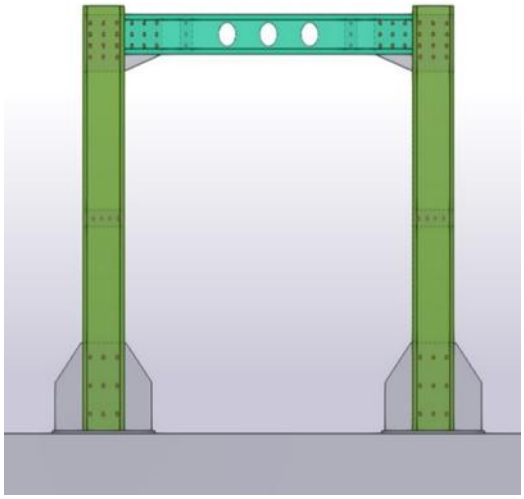
Numunelerde kullanılan C profiller, endüstride yaygın olarak kullanılan düşük karbonlu galvanizli hafif çelikten üretilmiştir. Kesit ölçüleri sabit tutulmuş, yalnızca et kalınlığı ve guse levhası kalınlığı farklılaştırılmıştır. Bu sayede her parametrenin yapısal davranış üzerindeki etkisi daha net bir şekilde gözlemlenebilmiştir.



Görsel 1. Deliksiz T Birleşim Numunesinin Teknik Çizimi, 2024



Görsel 2. 1 Deliki T Birleşim Numunesinin Teknik Çizimi, 2024



Görsel 3. 3 Deliki T Birleşim Numunesinin Teknik Çizimi, 2024

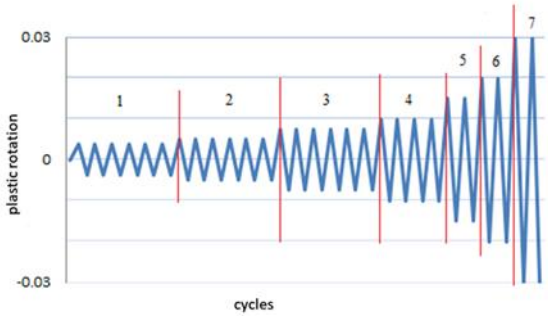
2.2 Yükleme Protokolü ve Ölçüm Sistemi

Tüm deneyler, FEMA-350 standartlarına uygun olarak belirlenen döngüsel yükleme protokolü kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu protokol, birleşimlerin tekrarlı yükleme altındaki davranışlarını değerlendirmek amacıyla, yer değiştirme kontrollü döngüler şeklinde uygulanmıştır. Her bir döngüde deplasman adımları artırılarak numunelerin plastikleşme eğilimleri ve enerji sönümleme kapasiteleri gözlemlenmiştir.

Yükleme işlemi, Besmak marka 150 ton kapasiteli hidrolik aktüatör aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Aktüatör, test düzeneğine yatay doğrultuda bağlanarak yük aktarımı sağlanmıştır. Yatay deplasmanlar, yüksek hassasiyetli LVDT (Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatör) cihazları ile anlık olarak ölçülmüş; yük verileri ise aktüatör üzerindeki yük hücreleri vasıtasıyla elde edilmiştir. Ayrıca, belirli numunelerde birleşim bölgesine yerleştirilen Strain Gauge (gerinim pulları) yardımıyla, lokal gerilme dağılımı ve birleşim bölgesinin deformasyon davranışı detaylı biçimde izlenmiştir. Gerinim pulları, özellikle gövde ve flanş bölgelerinde meydana gelen lokal şekil değişimlerini belirlemek amacıyla konumlandırılmıştır. Toplanan tüm veriler, bilgisayara entegre veri toplama sistemi ile senkronize şekilde kaydedilmiş ve her bir deney için yük-deplasman eğrileri oluşturulmuştur. Deneylerin tamamı kontrollü laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup, tüm numuneler stabilite kaybı ya da kırılma meydana gelene dek yüklenmiştir.



Görsel 4. EX-1 Deneyinde LVDT Yerleşiminin Genel Görünümü, 2024



Görsel 5. FEMA-350 Yükleme Protokolü, 2024

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, farklı kesit ve guse levhası kalınlıkları ile delik sayılarına sahip beş T tipi hafif çelik birleşim numunesinin taşıma kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen maksimum taşıma kapasitesi değerleri, birleşim detaylarının yapısal performans üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur.

En yüksek taşıma kapasitesi 42,04 kN ile EX-1 numunesinde elde edilmiştir. Bu numunede, hem guse levhası hem de kesit kalınlığı 1.5 mm olup, kiriş gövdesinde delik bulunmamaktadır. Delik içermemesi sayesinde yük aktarımı boyunca kesintisiz bir gerilme akışı sağlanmış, bu da rijitliği ve taşıma kapasitesini artırmıştır.

EX-2 ve EX-3 numunelerinde delik sayısının sırasıyla bir ve üçe çıkarılmasıyla birlikte, taşıma kapasitelerinde belirgin azalmalar gözlenmiştir. Bu numunelerde elde edilen taşıma kapasitesi sırasıyla 25,46 kN ve 22,53 kN'dir. Bu durum, delik sayısının artmasının birleşim bölgesindeki kesit zayıflamasını artırarak dayanımı düşürdüğünü göstermektedir.

EX-4 numunesinde guse levhası kalınlığı 3 mm'ye çıkarılmış ve delik bulunmamıştır. Bu numunede ölçülen taşıma kapasitesi 28,01 kN'dir. Kalın levhanın rijitliği artırdığı görülse de,

ince kesitli ve deliksiz EX-1 numunesine göre daha düşük performans sergilemesi, birleşimin tamamındaki etkileşimlerin önemli olduğunu ortaya koymuştur.

EX-5 numunesi ise hem 3 mm kalınlığında guse levhası içermekte hem de kiriş gövdesinde bir adet delik bulunmaktadır. Bu numunenin taşıma kapasitesi 24,19 kN olarak ölçülmüş ve delik varlığının taşıma kapasitesini azaltıcı etkisi bir kez daha doğrulanmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde:

Delik sayısının artışı, birleşim bölgesindeki rijitliği ve taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Guse levhası kalınlığının artışı, rijitlik üzerinde olumlu etki yaratmış; ancak deliklerin varlığı bu etkiyi sınırlamıştır.

Deliksiz birleşimlerde, yük aktarımı daha etkin sağlandığından daha yüksek performans sergilenmiştir.

Bu bulgular, birleşim tasarımında delik yerleşimi, çapı ve sayısı gibi detayların dikkatle optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, sadece birleşen elemanların kalınlığını artırmak yeterli olmayıp, birleşim geometrisinin bütünsel olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Çizelge 1. Deney Numunelerine Ait Yapısal Performans Sonuçları

Deney No	Kolon Boyutları	Kiriş Boyutları	Kolon-C Kesit Kalınlık t (mm)	Kolon-Guse Levhası Kalınlık (mm)	Kiriş- C Kesit Kalınlık t (mm)	kiriş-Guse Levhası Kalınlık (mm)	Delik sayisi	Delik capi	F max
EX-1	C-200*85*20	C-140*70*18	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	42,0437
EX-2			2	2	2	2	1	85	25,45891
EX-3			2	2	2	2	3		22,53161
EX-4			2	3	2	3	-	-	28,00951
EX-5			2	3	2	3	1	-	24,1895

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, soğuk şekillendirilmiş hafif çelik C profiller kullanılarak oluşturulan T tipi birleşim detaylarının döngüsel yükler altındaki yapısal davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel program kapsamında, guse levhası kalınlığı, kesit et kalınlığı ve kiriş gövdesindeki delik sayısı gibi parametreler değiştirilerek beş farklı numune test edilmiştir. Deneyler, FEMA-350 döngüsel yükleme protokolü çerçevesinde gerçekleştirilmiş; yük-deplasman eğrileri, maksimum taşıma kapasitesi, rijitlik ve süneklik gibi performans kriterleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, birleşim detaylarının yapısal performans üzerinde önemli etkiler yarattığını açıkça ortaya koymuştur. Özellikle delik sayısının artışıyla birlikte rijitlik ve taşıma kapasitesinde düşüşler gözlenmiş, buna karşılık süneklik eğiliminin arttığı belirlenmiştir.

Deliksiz numunelerin daha rijit davranışlar sergilemesi ve daha yüksek yükler taşıması, yük aktarım yolunun sürekliliği açısından önem arz etmektedir. Guse levhası kalınlığının artırılması ise birleşimin genel rijitliğini ve taşıma kapasitesini olumlu yönde etkilemiştir. Ancak bu etkinin, deliklerin neden olduğu kesit zayıflıklarıyla dengelenmesi gerekliliği göz ardı edilmemelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma, T tipi birleşimlerin yapısal performansının optimize edilmesinde sadece malzeme kalınlığı gibi parametrelerin değil; aynı zamanda delik geometrisi, yerleşimi ve sayısının da bütünsel olarak dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen deneysel bulgular, literatürle büyük ölçüde örtüşmekte ve hafif çelik yapı tasarımına yönelik değerli katkılar sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda, daha geniş bir parametre aralığında ve farklı bağlantı türleriyle benzer deneylerin yapılması, bu alandaki bilgi birikimini derinleştirecektir.

KAYNAKÇA

Chen, B., Roy, K., Fang, Z., Uzzaman, A., Raftery, G., Lim, J. B. P**.** Moment capacity of back-to-back cold-formed steel channels with edge-stiffened holes, un-stiffened holes, and plain webs, *Engineering Structures,* May, 243, 112725, 2021.

Roy, K., Rezaeian, H., Fang, Z., Lim, J. B. P. Experimental and numerical study of a novel cold-formed steel T-Stub connection subjected to tension force. Journal of Constructional Steel Research, 107179, United Kingdom, 2022.

Yu, C. *Cold-formed steel flexural member with edge-stiffened web openings: Behavior, optimization, and design*. Journal of Constructional Steel Research, (2012). 71**,** 210–218.

Wang, L., Young, B. Beam tests of cold-formed steel built-up sections with web perforations, *Journal of Constructional Steel Research*, 115, 18–33, 2015.

ON THE ALMOST INCREASING SEQUENCES

Prof. Dr. Hikmet Seyhan ÖZARSLAN
Erciyes University,
seyhan@erciyes.edu.tr - 0000-0002-0437-032X

Başak AKGÜL
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mathematics, Kayseri,
basaaakakgul@gmail.com - 0009-0007-5131-8878

ABSTRACT

In the paper, a result on $|C,\beta;\sigma|_k$ summability factors is obtained by using an almost increasing sequence.

Keywords: Almost increasing sequence, Summability factors, Cesàro mean

1. INTRODUCTION

Let (c_n) be a positive and increasing sequence. If a sequence (b_n) satisfies a condition $Ec_n \leq b_n \leq Fc_n$ depending on two positive constants E and F, then it is called an almost increasing sequence [1] . Let $\sum a_n$ be a given infinite series. We detone by l_n^β the nth Cesàro mean of order β. With $\beta > -1$, of the sequence (na_n), that is [2]

$$l_n^\beta = \frac{1}{A_n^\beta}\sum_{v=1}^{n} A_{n-v}^{\beta-1} v\, a_v \tag{1}$$

$$A_n^\beta = O(n^\beta) \tag{2}$$

Let (φ_n) be a sequence of complex numbers. The series $\sum a_n$ is said to be summable $\varphi - |C,\beta|_k$ for $k \geq 1$, if [3]

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-k} |\varphi_n l_n^\beta|^k < \infty \tag{3}$$

Moreover, if the constant $\varphi_n = n^{\sigma+1-\frac{1}{k}}$ are taken in the condition (3), then $|C,\beta;\sigma|_k$ summability is obtained for $k \geq 1$ and $\sigma \geq 0$, if [4]

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\sigma k-1} |l_n^\beta|^k < \infty \ . \tag{4}$$

2. KNOWN RESULTS

In this part, a know result in [5] is given as in the following form.

Theorem 2.1. Let $0 \leq \beta \leq 1$. Let (X_n) be a positive non-decreasing sequence and let there be sequences (γ_n) and (λ_n) such that

$$\left|\Delta\lambda_n\right| \leq \gamma_n \tag{5}$$

$$\gamma_n \to 0 \quad as \quad n \to \infty \tag{6}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} n\left|\Delta\gamma_n\right| X_n < \infty \tag{7}$$

$$\left|\lambda_n\right| X_n = O(1) \quad as \quad n \to \infty. \tag{8}$$

Suppose there exists an $\varepsilon > 0$ for which the sequence $\left(n^{\varepsilon-k}\left|\varphi_n\right|^k\right)$ is non-increasing, and let the sequence (ω_n^{β}) be defined by [6]

$$\omega_n^{\beta} = \begin{cases} \left|l_n^{\beta}\right| & (\beta = 1) \\ \max\limits_{1 \leq v \leq n} \left|l_v^{\beta}\right| & (0 < \beta < 1) \end{cases} \tag{9}$$

satisfies the condition

$$\sum_{n=1}^{m} \frac{\left(\left|\varphi_n\right| \omega_n^{\beta}\right)^k}{n^k} = O\left(X_m\right) \quad as \quad m \to \infty, \tag{10}$$

then the series $\sum a_n \lambda_n$ is summable $\varphi - \left|C, \beta\right|_k$ for $k \geq 1$ and $(\beta + \varepsilon) > 1$.

Another know result in [7] is given as in the following form.

Theorem 2.2. Let $0 \leq \beta \leq 1$. Let (X_n) be an almost increasing sequence. If the sequences (γ_n) and (λ_n) satisfy the conditions (5)-(8) of Theorem 2.1. Suppose there exists an $\varepsilon > 0$ for which the sequence $\left(n^{\varepsilon-k}\left|\varphi_n\right|^k\right)$ is non-increasing and if the sequence (ω_n^{β}) defined by (9) satisfies the condition

$$\sum_{n=1}^{m} \frac{\left(\left|\varphi_n\right| \omega_n^{\beta}\right)^k}{n^k X_n^{k-1}} = O\left(X_m\right) \quad as \quad m \to \infty, \tag{11}$$

then the series $\sum a_n \lambda_n$ is summable $\varphi - \left|C, \beta\right|_k$ for $k \geq 1$ and $(1 + \beta k + \varepsilon - k) > 1$.

Lemma 2.1. ([8]) If $0 < \beta < 1$ *and* $1 \leq v \leq n$, then

$$\left|\sum_{p=1}^{v} A_{n-p}^{\beta-1} a_p\right| \leq \max_{1 \leq m \leq v} \left|\sum_{p=0}^{m} A_{m-p}^{\beta-1} a_p\right|. \tag{12}$$

Lemma 2.2. ([9]) Given the assumptions on (X_n), (γ_n) and (λ_n) stated in the Theorem 2.2, the following conditions hold

$$n \gamma_n X_n = O(1) \quad as \quad n \to \infty, \tag{13}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n X_n < \infty. \tag{14}$$

3. MAIN RESULT

This paper aims to obtain a theorem on $\left|C, \beta; \sigma\right|_k$ summability method. The are some papers on different applications of absolute Cesàro summability methods (see [10-15]).

Theorem 3.1. Let $0 \leq \beta \leq 1$. Let (X_n) be an almost increasing sequence. If the sequences (γ_n) and (λ_n) satisfy the conditions (5)-(9) of Theorem 2.2. If

$$\sum_{n=1}^{m} n^{\sigma k} \frac{\left(\omega_n^{\beta}\right)^k}{n X_n^{k-1}} = O\left(X_m\right) \quad \text{as} \quad m \to \infty, \tag{15}$$

then the series $\sum a_n \lambda_n$ is summable $\left|C, \beta; \sigma\right|_k$ for $k \geq 1$ and $(\sigma - \beta + 1)k - 1 < 0$.

4. PROOF OF THEOREM 3.1

Let $\left(L_n^{\beta}\right)$ be the nth (C,β) mean of the sequence $\left(na_n\lambda_n\right)$. Then, according to condition (1), applying Abel's transformation and using Lemma 2.1, we obtain the following

$$L_n^{\beta} = \frac{1}{A_n^{\beta}}\sum_{v=1}^{n-1}\Delta\lambda_v\sum_{p=1}^{v}A_{n-p}^{\beta-1}\,p\,a_p + \frac{1}{A_n^{\beta}}\lambda_n\sum_{v=1}^{n}A_{n-v}^{\beta-1}\,v\,a_v.$$

Then,

$$\begin{aligned}\left|L_n^{\beta}\right| &\le \frac{1}{A_n^{\beta}}\sum_{v=1}^{n-1}\left|\Delta\lambda_v\right|\left|\sum_{p=1}^{v}A_{n-p}^{\beta-1}\,p\,a_p\right| + \frac{1}{A_n^{\beta}}\left|\lambda_n\right|\left|\sum_{v=1}^{n}A_{n-v}^{\beta-1}\,v\,a_v\right| \\ &\le \frac{1}{A_n^{\beta}}\sum_{v=1}^{n-1}\left|\Delta\lambda_v\right|A_V^{\beta}\left(\omega_V^{\beta}\right) + \left|\lambda_n\right|\left(\omega_n^{\beta}\right) \\ &= L_{n,1}^{\beta} + L_{n,2}^{\beta}.\end{aligned}$$

In order to complete the proof of the theorem, by Minkowski's inequality it suffices to demonstrate that

$$\sum_{n=1}^{\infty}n^{\sigma k-1}\left|L_{n.r}^{\beta}\right|^k<\infty, \quad for \quad r=1,2.$$

Now, when $k>1$, applying Hölder's inequality with indices k and k' where $\frac{1}{k}+\frac{1}{k'}=1$, we get that

$$\sum_{n=2}^{m+2}n^{\sigma k-1}\left|L_{n,1}^{\beta}\right|^k \le \sum_{n=2}^{m+2}n^{\sigma k-1}\left(A_n^{\beta}\right)^{-k}\left(\sum_{v=1}^{n-1}A_v^{\beta}\left(\omega_v^{\beta}\right)\left|\Delta\lambda_v\right|\right)^k$$

$$= O(1)\sum_{n=2}^{m+1}n^{\sigma k-1}n^{-\beta k}\left(\sum_{v=1}^{n-1}\left(A_v^{\beta}\right)^k\left(\omega_v^{\beta}\right)^k\gamma_v^k\right)\times\left(\sum_{v=1}^{n-1}1\right)^{k-1}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}v^{\beta k}\left(\omega_v^{\beta}\right)^k\gamma_v^k\sum_{n=v+1}^{m+1}\frac{1}{n^{-(\sigma-\beta+1)k+2}}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}v^{\beta k}\left(\omega_v^{\beta}\right)^k\gamma_v^k\int_v^{\infty}\frac{dx}{x^{-(\sigma-\beta+1)k+2}}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}\gamma_v\gamma_v^{k-1}v^{\sigma k}\left(\omega_v^{\beta}\right)^k v^k v^{-1} = O(1)\sum_{v=1}^{m} v\gamma_v v^{\sigma k}\frac{\left(\omega_v^{\beta}\right)^k}{vX_v^{k-1}}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\Delta\left(v\gamma_v\right)\sum_{r=1}^{v} r^{\sigma k}\frac{\left(\omega_r^{\beta}\right)^k}{rX_r^{k-1}} + O(1)m\gamma_m\sum_{v=1}^{m} v^{\sigma k}\frac{\left(\omega_v^{\beta}\right)^k}{vX_v^{k-1}}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\left|\Delta\left(v\gamma_v\right)\right| X_v + O(1)m\gamma_m X_m$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1} v\left|\Delta\gamma_v\right| X_v + O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\left|\gamma_{v+1}\right| X_v + O(1)m\gamma_m X_m$$

$$= O(1) \text{ as } m \to \infty.$$

By the hypotheses of the theorem and Lemma 2.2, we have that

$$\sum_{n=1}^{m} n^{\sigma k-1}\left|L_{n,2}^{\beta}\right|^k \le \sum_{n=1}^{m} n^{\sigma k-1}\left(\left|\lambda_n\right|\left(\omega_n^{\beta}\right)\right)^k$$

$$= O(1)\sum_{n=1}^{m} n^{\sigma k-1}\left|\lambda_n\right|\left|\lambda_n\right|^{k-1}\left(\omega_n^{\beta}\right)^k$$

$$= O(1)\sum_{n=1}^{m-1}\Delta\left|\lambda_n\right|\sum_{v=1}^{n} v^{\sigma k}\frac{\left(\omega_v^{\beta}\right)^k}{vX_v^{k-1}} + O(1)\left|\lambda_m\right|\sum_{n=1}^{m} n^{\sigma k}\frac{\left(\omega_n^{\beta}\right)^k}{nX_n^{k-1}}$$

$$= O(1)\sum_{n=1}^{m}\beta_n X_n + O(1)\left|\lambda_m\right| X_m$$

$$= O(1) \quad as \quad m \to \infty.$$

This completes the proof of Theorem 3.1.

REFERENCES

[1] Bari, N. K and Steckın, S. B. (1956). Best approximation and differential properties of two conjugate functions, Trudy. Moskov. Mat. Obść, 5, 483-522 (in Russian).

[2] Cesàro, E. (1890). Sur la multiplication des séries, Bull. Sci. Math. 14, 114-120.

[3] Balcı, M. (1980). Absolute φ- summability factors, Comm. Fac. Sci. Univ. Ankara, Ser. A_1, 29, 63-68.

[4] Flett, T. M. (1958). Some more theorems concerning the absolute summability of Fourier series, Proc. London. Math. Soc., 8, 357-387.

[5] Bor, H. (1993). Factors for genaralized absolute Cesàro summability methods, Publ. Math. Debrecen., 43, 297-302.

[6] Patı, T. (1954). The summability factors of infinite series, Duke Math. J., 21, 271-284.

[7] Bor, H. (2020). A new study on generalized absolute Cesàro summability methods, Quaest. Math., 43, 1429-1434.

[8] Bor, H. (2008). On a new application of quasi power increasing sequences, Proc. Est. Acad. Sci., 57, 205-209.

[9] Bor, H. (2000). An application of almost increasing sequences, Int. J. Math. Sci. 23, 859-863.

[10] Özarslan, H. S. (2007). On absolute Cesàro summability factors of infinite series, Commun. Math. Anal., 3 (1), 53–56.

[11] Özarslan, H. S. (2010). A note on generalized absolute Cesàro summability, J. Comp. Anal. Appl., 12 (3), 581–585.

[12] Bor, H. and Özarslan, H. S. (2011). A new application of quasi-monotone and almost increasing sequences, J. Comput. Anal. Appl., 13 (5), 886-891.

[13] Bor, H. (2013). Almost increasing sequences and their new applications, J. Inequal. Appl. 2013, 207, 5pp.

[14] Kartal, B. (2021). An application of almost increasing sequences, Russ. Math. 65 (11), 14-17.

[15] Özarslan, H. S. (2021). On the generalized absolute Cesàro summability methods, Russ. Math., 65 (11), 29-33.

A NOTE ON ABSOLUTE MATRIX SUMMABILITY METHOD

Prof. Dr. Hikmet Seyhan ÖZARSLAN
Erciyes University, seyhan@erciyes.edu.tr - 0000-0002-0437-032X

Assoc. Prof. Dr. Bağdagül KARTAL ERDOĞAN
Erciyes University, bagdagulkartal@erciyes.edu.tr - 0000-0001-6223-0838

ABSTRACT

In the present paper, a known result about absolute Riesz summability of an infinite series is generalized to the $\phi - |T;\gamma|_k$ summability method

Keywords : Absolute matrix summability, Infinite series, Riesz summability

1. INTRODUCTION

Let $\sum a_n$ be an infinite series with its partial sums (s_n). Let (ϕ_n)be any sequence of positive real numbers. The series $\sum a_n$is said to be summable $\phi - |T;\gamma|_k$, $k \geq 1, \gamma \geq 0$, if (see [1])

$$\sum_{n=1}^{\infty} \phi_n^{\gamma k+k-1} |T_n(s) - T_{n-1}(s)|^k < \infty$$

where (p_n) is a sequence of positive numbers such that

$$P_n = \sum_{v=0}^{n} p_v \to \infty as n \to \infty, (P_{-k} = p_{-k} = 0, k \geq 1)$$

and $T = (t_{nv})$ is a lower triangular matrix of non-zero diagonal entries. Then T defines the sequence-to sequence transformation, mapping the sequence $s = (s_n)$ to $Ts = (T_n(s))$, where

$$T_n(s) = \sum_{v=0}^{n} t_{nv}\, s_v \qquad n = 0,1,\ldots$$

In addition, $\overline{T} = (\bar{t}_{nv})$ and $\hat{T} = (\hat{t}_{nv})$ are two lower semimatrices defined as follows:

$$\bar{t}_{nv} = \sum_{i=v}^{n} t_{ni}, n, v = 0,1,\ldots$$

$$\hat{t}_{00} = \bar{t}_{00} = t_{00}, \hat{t}_{nv} = \bar{t}_{nv} - \bar{t}_{n-1,v}, n = 1,2,\ldots$$

$$\bar{\Delta} T_n(s) = T_n(s) - T_{n-1}(s) = \sum_{v=0}^{n} \hat{t}_{nv}\, a_v.$$

By assuming $\gamma = 0$, $\phi_n = \frac{P_n}{p_n}$ and $t_{nv} = \frac{p_v}{P_n}$, we get $\left|\overline{N}, p_n\right|_k$ summability (see [2]).

2. KNOWN RESULT

The following theorem is obtained in [3].

Theorem 2.1. Let (p_n) be a positive sequence such that $P_n \to \infty$ as $n \to \infty$ and the conditions

$$|\Delta \tau_n| \leq \mu_n, \qquad (1)$$

$$\mu_n \to 0 \ \ as \ \ n \to \infty, \tag{2}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} nP_n \left|\Delta\mu_n\right| < \infty, \tag{3}$$

$$P_n|\tau_n| = O(1) \ \text{ as } \ n \to \infty \tag{4}$$

are satisfied. If

$$\frac{1}{p_n} = O(n) \ \ as \ \ n \to \infty, \tag{5}$$

$$\sum_{n=1}^{m} p_n |t_n|^k = O(P_m) as \ \ m \to \infty,$$

where (t_n) is the n-th $(C,1)$ mean of the sequence (na_n), then the series $\sum a_n\tau_n$ is summable $|\bar{N}, p_n|_k$, $k \geq 1$.

3. MAIN RESULT

The aim of this paper is to get a theorem about $\phi - |T;\gamma|_k$summability. There are also some other results on this topic can be found in [4-9].

We will prove the following theorem.

Theorem 3.1. Let $\phi_n p_n = O(P_n)$ and $P_n = O(\phi_n p_n)$. Let $T = (t_{nv})$ be a positive normal matrix such that

$$\bar{t}_{n0} = 1, n = 0,1,\ldots,$$
$$t_{n-1,v} \geq t_{nv} \text{ for } \ n \geq v+1,$$
$$t_{nn} = O\left(\frac{p_n}{P_n}\right),$$
$$\left|\hat{t}_{n,v+1}\right| = O(v|\Delta_v(\hat{t}_{nv})|),$$
$$\sum_{n=v+1}^{\infty} \phi_n^{\gamma k} |\Delta_v(\hat{t}_{nv})| = O\left(\phi_v^{\gamma k-1}\right).$$

If the conditions (1)-(5) and

$$\sum_{v=1}^{m} \phi_v^{\gamma k} p_v |t_v|^k = O(P_m) \ \ as \ \ m \to \infty,$$

are satisfied, then the series $\sum a_n\tau_n$ is summable $\phi - |T;\gamma|_k$, $k \geq 1$, $0 \leq \gamma < 1/k$.

Lemma 3.1. ([10]) Under the conditions of Theorem 2.1, we have

$$nP_n\mu_n = O(1) \ \ as \ n \to \infty,$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} P_n \mu_n < \infty.$$

4. PROOF OF THEOREM 3.1

Let (U_n) denotes T -transform of the series $\sum a_n\tau_n$.

$$\bar{\Delta}U_n = \sum_{v=1}^{n-1}\Delta_v\left(\frac{\hat{t}_{nv}\tau_v}{v}\right)\sum_{r=1}^{v} ra_r + \frac{\hat{t}_{nn}\tau_n}{n}\sum_{r=1}^{n} ra_r$$

$$= \sum_{v=1}^{n-1}\frac{v+1}{v}\Delta_v(\hat{t}_{nv})\,\tau_v t_v + \sum_{v=1}^{n-1}\frac{v+1}{v}\hat{t}_{n,v+1}\Delta\tau_v t_v + \sum_{v=1}^{n-1}\frac{1}{v}\hat{t}_{n,v+1}\tau_{v+1}\,t_v + \frac{n+1}{n}t_{nn}\tau_n t_n$$

$$= U_{n,1} + U_{n,2} + U_{n,3} + U_{n,4}$$

by applying Abel's transformation. Now, we have to show that

$$\sum_{n=1}^{\infty}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left|I_{n,r}\right|^k < \infty \text{ for } r = 1,2,3,4.$$

From Hölder's inequality, we get

$$\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left|U_{n,1}\right|^k = O(1)\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left(\sum_{v=1}^{n-1}|\Delta_v(\hat{t}_{nv})||\tau_v||t_v|\right)^k$$

$$= O(1)\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left(\sum_{v=1}^{n-1}|\Delta_v(\hat{t}_{nv})||\tau_v|^k|t_v|^k\right)\left(\sum_{v=1}^{n-1}|\Delta_v(\hat{t}_{nv})|\right)^{k-1}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}|\tau_v||t_v|^k\sum_{n=v+1}^{m+1}\phi_n^{\gamma k}\,|\Delta_v(\hat{t}_{nv})| = O(1)\sum_{v=1}^{m}\phi_v^{\gamma k}p_v\frac{1}{P_v}|\tau_v||t_v|^k$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\Delta|\tau_v|\sum_{r=1}^{v}\phi_r^{\gamma k}p_r\,|t_r|^k + O(1)|\tau_m|\sum_{n=1}^{m}\phi_n^{\gamma k}p_n\,|t_n|^k$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\mu_v P_v + O(1)|\tau_m|P_m = O(1)as\, m\to\infty,$$

by the hypotheses of Theorem 3.1.

Again, using Hölder's inequality

$$\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left|U_{n,2}\right|^k = O(1)\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left(\sum_{v=1}^{n-1}\left|\hat{t}_{n,v+1}\right||\Delta\tau_v||t_v|\right)^k$$

$$= O(1)\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k+k-1}\left(\sum_{v=1}^{n-1}v\left|\Delta_v(\hat{t}_{nv})\right|\mu_v\left|t_v\right|^k\right)\left(\sum_{v=1}^{n-1}v|\Delta_v(\hat{t}_{nv})|\mu_v\right)^{k-1}$$

$$= O(1)\sum_{n=2}^{m+1}\phi_n^{\gamma k}\sum_{v=1}^{n-1}v|\Delta_v(\hat{t}_{nv})|\mu_v|t_v|^k$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}v\mu_v|t_v|^k\sum_{n=v+1}^{m+1}\phi_n^{\gamma k}|\Delta_v(\hat{t}_{nv})|$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m}v\mu_v|t_v|^k\,\phi_v^{\gamma k}p_v\frac{1}{P_v}$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\Delta(v\mu_v)\sum_{r=1}^{v}\phi_r^{\gamma k}p_r|t_r|^k + O(1)m\mu_m\sum_{v=1}^{m}\phi_v^{\gamma k}p_v|t_v|^k$$

$$= O(1)\sum_{v=1}^{m-1}v|\Delta\mu_v|P_v + O(1)\sum_{v=1}^{m-1}\mu_v P_v + O(1)m\mu_m P_m$$

$$= O(1)asm \to \infty,$$

by virtue of the hypotheses of Theorem 3.1 and Lemma 3.1.

Similarly,

$$\sum_{n=2}^{m+1} \phi_n^{\gamma k+k-1} \left|U_{n,3}\right|^k = O(1) \sum_{n=2}^{m+1} \phi_n^{\gamma k+k-1} \left(\sum_{v=1}^{n-1} |\Delta_v(\hat{t}_{nv})||\tau_{v+1}||t_v|\right)^k$$

$$= O(1)asm \to \infty$$

as in $U_{n,1}$.

Finally,

$$\sum_{n=1}^{m} \phi_n^{\gamma k+k-1} \left|U_{n,4}\right|^k = O(1) \sum_{n=1}^{m} \phi_n^{\gamma k+k-1} t_{nn}^k |\tau_n|^k |t_n|^k$$

$$= O(1) \sum_{n=1}^{m} \phi_n^{\gamma k-1} |\tau_n||t_n|^k$$

$$= O(1) \sum_{n=1}^{m} \phi_n^{\gamma k} p_n \frac{1}{P_n} |\tau_n||t_n|^k = O(1)asm \to \infty$$

as in $U_{n,1}$. This completes the proof of Theorem 3.1.

REFERENCES

[1] Özarslan, H. S. (2018). A new study on generalised absolute matrix summability methods, Maejo Int. J. Sci. Tech., 12 (3), 199-205.

[2] Bor, H. (1985). On two summability methods, Math. Proc. Cambridge Philos Soc., 97 (1), 147-149.

[3] Bor, H. (1991). Absolute summability factors for infinite series, Math. Japon., 36 (2), 215-219.

[4] Karakaş, A. (2018). On absolute matrix summability factors of infinite series, J. Class. Anal., 13 (2), 133-139.

[5] Özarslan, H. S. and Kartal, B. (2020). Absolute matrix summability via almost increasing sequence, Quaest. Math., 43 (10), 1477-1485.

[6] Kartal, B. (2021). Factors for generalized matrix summability, Erc. Unv. J. Inst. Sci and Tech., 37 (3), 462-467.

[7] Özarslan, H. S. (2021). Generalized almost increasing sequences, Lobachevskii J. Math., 42 (1), 167-172.

[8] Özarslan, H. S. (2023). A new theorem on generalized absolute matrix summability, Azerb. J. Math., 13 (1), 3–13.

[9] Özarslan, H. S. and Erdoğan, B. K. (2025). Generalized absolute matrix summability factors, Publ. Inst. Math. (Beograd) (N.S.), 117 (131), 77-82.

[10] Bor, H. (1988). On the $|\bar{N}, p_n|$ summability factors of infinite series, Proc. Indian Acad. Sci. Math. Sci., 98 (1), 53-57.

AISI 1020 ÇELİĞİNİN YÜZEYİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN NİKEL SÜLFAMAT KAPLAMALARA BORİK ASİT İLAVESİNİN, KAPLAMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ömercan SİVRİ

Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı, Esentepe Kampüsü, Serdivan Sakarya

Omercan.sivri2@ogr.sakarya.edu.tr - 0000-0003-4936-3470

Prof. Dr. Uğur ŞEN

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı, Esentepe Kampüsü, Serdivan Sakarya

ugursen@sakarya.edu.tr - 0000-0001-7759-3623

ÖZET

Endüstride yaygın olarak kullanılan AISI 1020 yapı çeliğinin korozyon direncini ve yüzey özelliklerini artırmak amacıyla, bu çalışmada elektro-kimyasal kaplamanın avantajlarından yararlanılarak, Nikel sülfamat çözeltisi ile elde edilen Nikel esaslı kaplamalara çeşitli oranlarda ilave edilen Borik Asit'in kaplama performansı ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla Nikel Sülfamat çözeltisi içerisine 5, 10, 20, 40 ve 60 gr/lt oranlarında Borik Asit ilavesi yapılarak 45 °C sıcaklıkta 40 dk süreyle kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama DC güç kaynağı kullanılarak, 4 A/dm^2 akım değerinde gerçekleştirilmiştir. Üretilen Ni esaslı kaplamaların morfolojisi, sertliği ve potansiyodinamik korozyon testleri; taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını difraksiyon analizi (XRD), Enerji dağılım spektroskopisi (EDS) ve Vickers mikrosertlik testleri gerçekleştirilmiştir. Kaplama kalınlıkları 8 µm ile 26 µm değerleri arasında değişm göstermektedir. Kaplamaların sertlik değerleri Borik asit katkısına bağlı olarak 185 ile 357 $HV_{0.1}$ değerleri arasında değişim göstermiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda; borik asit ilavesinin kaplama kalitesi üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermiştir. Borik asit içermeyen banyolarda gözlenen pürüzlü, düzenli olmayan ve gözenekli yapıların aksine, borik asit içeren çözeltilerle yapılan kaplamalarda çok daha düzgün, çatlak içermeyen ve homojen kaplama tabakası elde edilmiştir. Ayrıca Borik asit ilave edilen kaplama banyolarından elde edilen Nikel esaslı kaplamaların sertliklerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir. XRD çalışmalarında Nikel haricinde Ni_3B fazının varlığı da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nikel Sülfamat Kaplama, AISI 1020 Çeliği, Borik Asit, Korozyon

THE EFFECT OF BORIC ACID ADDITION ON THE PROPERTIES OF NICKEL SULFAMATE COATINGS APPLIED TO THE SURFACE OF AISI 1020 STEEL

ABSTRACT

In this study, the effects of boric acid (H_3BO_3) additions on the performance and quality of nickel-based coatings were investigated to enhance the corrosion resistance and surface properties of widely used AISI 1020 structural steel. Electrochemical deposition was carried out using a nickel sulfamate electrolyte, with boric acid added at concentrations of 5, 10, 20, 40, and 60 g/L. The coatings were deposited at 45 °C for 40 minutes under a constant current density of 4 A/dm² using a DC power supply.

The morphology, microhardness, and corrosion resistance of the produced Ni-based coatings were characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Diffraction (XRD), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), and Vickers microhardness tests. The coating thicknesses ranged from 8 µm to 26 µm, while the hardness values varied between 185 and 357 $HV_{0.1}$ depending on the amount of boric acid. The results indicated that boric acid played a critical role in improving coating quality. Compared to the rough, irregular, and porous structures observed in coatings produced without boric acid, smoother, crack-free, and homogeneous coating layers were obtained from baths containing boric acid. Furthermore, significant improvements in hardness were observed in boric acid-containing coatings. XRD analysis also revealed the presence of the Ni_3B phase in addition to the nickel matrix.

In conclusion, the incorporation of boric acid into the nickel sulfamate bath was found to be a key parameter in enhancing both the mechanical and corrosion properties of the electroplated nickel-based coatings.

Key words: Nickel Sulfamate Coating, AISI 1020 Steel, Boric Acid, Corrosion

1. GİRİŞ

Malzeme yüzeylerinin işlevsel ömürlerini artırmak, korozyon ve aşınma gibi çevresel etkilere karşı daha dayanıklı hâle getirmek amacıyla gerçekleştirilen yüzey mühendisliği uygulamaları, özellikle düşük karbonlu çeliklerde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Endüstride yüksek hacimde kullanılan AISI 1020 çeliği, düşük karbon içeriğine sahip olması nedeniyle, iyi şekillendirilebilirlik ve makul işlenebilirlik özellikleri sunarken, aşınma ve korozyona karşı sınırlı direnç göstermektedir [2]. Bu nedenle söz konusu çelik yüzeylerine uygulanan kaplama işlemleri hem mekanik performansı hem de kullanım ömrünü artırmak adına kritik bir öneme sahiptir [3].

Elektrolitik nikel kaplamalar, iyi yapışma kabiliyeti, yüksek sertlik, estetik görünüm ve korozyon direnci gibi üstün özellikleri nedeniyle çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir [4]. Özellikle nikel sülfamat ($Ni(SO_3NH_2)_2 \cdot 4H_2O$) bazlı banyolar, düşük iç gerilimli, çatlak içermeyen ve homojen kristal yapılar sunmaları nedeniyle hassas kaplama gerektiren uygulamalarda ön plana çıkmaktadır [5,6]. Sülfamat banyoları, nikel sülfat veya klorür içeren sistemlere kıyasla daha kararlı ve kontrollü bir kaplama sunar [7].

Kaplama çözeltisinin performansı, sadece ana elektrolit bileşeniyle değil, aynı zamanda içerdiği yardımcı katkı maddeleri ile de doğrudan ilişkilidir. Bu katkı maddeleri arasında borik asit

(H_3BO_3), çözeltinin pH stabilitesini sağlamada ve kaplama sürecinde oluşabilecek hidrojen kabarcıklarının yüzeyde tutunmasını engelleyerek yüzey kalitesini iyileştirmede önemli rol oynamaktadır [8]. Literatürde yapılan bazı çalışmalar, borik asit katkısının yüzey pürüzlülüğünü azalttığını, kaplama yapısını homojenleştirdiğini ve kristal büyümesini optimize ettiğini ortaya koymuştur [9,10].

Wang ve arkadaşları (2021), borik asit konsantrasyonunun nikel kaplamaların mikrosertlik ve tane yapısı üzerindeki etkisini incelemiş ve artan borik asit miktarıyla birlikte kristal yapının daha sıkı ve homojen hâle geldiğini rapor etmiştir [11]. Benzer şekilde Chen et al. (2019), nikel sülfamat kaplamalarda borik asit katkısının hem iç gerilimi azalttığını hem de yüzeyde çatlak oluşumunu minimize ettiğini belirtmiştir [12]. Ayrıca, sıcaklık ve süre gibi parametrelerin de kaplama kalınlığı, mikroyapı bütünlüğü ve sertlik değerleri üzerinde doğrudan etkili olduğu çok sayıda çalışmada vurgulanmıştır [13,14].

Bu çalışmada, AISI 1020 çeliği yüzeyine nikel sülfamat kaplama uygulanmış ve özellikle farklı oranlarda borik asit ilavesinin, sabit süre ve sıcaklık altında kaplama kalınlığı, Vickers mikrosertlik değeri, mikroyapısı ve morfolojisi üzerindeki etkileri ve yine tuz püskürtme korozyon testi ile korozyon özellikleri detaylı olarak araştırılmıştır. Böylelikle borik asit katkısının kaplama performansı üzerindeki belirleyici rolü nicel verilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Numune Hazırlığı

Bu çalışmada kaplama altlığı olarak kullanılan numuneler, AISI 1020 çeliği olup, 15×15 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Numunelerin yüzey hazırlığı, kaplama kalitesini doğrudan etkileyen bir unsur olduğundan, yüzeyler sırasıyla 200, 400, 600, 800, 1000 ve 2000 mesh zımpara ile zımparalanarak düzgün hâle getirilmiştir. Ardından numuneler, yüzey oksitlerinden ve kirleticilerden arındırmak amacıyla %5'lik hidroklorik asit (HCl) çözeltisinde 30 saniye bekletilmiş ve takiben saf su ile durulanarak kurutulmuştur.

2.2.Kaplama Banyosunun Hazırlanması

Kaplama işlemleri için kullanılan elektrolit banyo, laboratuvar ortamında 2 litrelik cam beher içerisinde hazırlanmıştır. Banyoda kullanılan kimyasal bileşenler aşağıda verilmiştir:

Nikel sülfamat ($Ni(SO_3NH_2)_2 \cdot 4H_2O$): 630 mL/L

Nikel klorür ($NiCl_2 \cdot 6H_2O$): 15 gr/L

Nemlendirici katkı (SNAPL): 4 mL/L

Borik asit (H_3BO_3): 0, 5, 10, 20, 40, 60 gr/L (değişken parametre)

Tüm bileşenler homojen hâle getirilene kadar karıştırılmış ve çözelti hacmi saf (demineralize) su ile 2 litreye tamamlanmıştır.

2.3. Kaplama Prosedürü

Kaplama işlemleri, sabit sıcaklık ve sabit akım koşullarında gerçekleştirilmiştir. Anot olarak %99,9 saflıkta elektrolitik nikel levhalar, katot olarak ise AISI 1020 çeliği numuneleri kullanılmıştır. Elektrotlar, DC güç kaynağına (redresör) yüksek iletkenlikli bakır kablolarla bağlanmış ve elektrolit hücresine 3–4 cm mesafeyle paralel olarak yerleştirilmiştir. Tüm

işlemler, 4 A/dm² akım yoğunluğu altında, 45 °C sabit sıcaklık ve 40 dakika sabit süre ile gerçekleştirilmiştir.

Deneyler iki aşamada gerçekleştirilmiştir:

Borik asit içermeyen banyo ile kaplama işlemi.

Borik asit içeren banyolarla (5, 10, 20, 40, 60 g/L) kaplama işlemleri.

Her bir deney setinde, kaplama sonrası numuneler saf su ile durulanarak kurutulmuş ve karakterizasyon için hazırlanmıştır. Kaplama süresince çözelti homojenliğini sağlamak amacıyla düşük devirli bir manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Ayrıca hidrojen kabarcıklarının yüzeye tutunarak kusur oluşturmasını engellemek amacıyla çözeltiye SNAPL tipi yüzey aktif katkı maddesi ilave edilmiştir.

2.4. Karakterizasyon Yöntemleri

Kaplama sonrası elde edilen numuneler, aşağıdaki yöntemlerle analiz edilmiştir:

Optik mikroskop (OM): Kaplama kalınlıkları, numune kesitleri üzerinden mikroskobik büyütme altında ölçülmüştür.

Vickers mikrosertlik testi ($HV_{0.1}$): Yüzey sertliği, 100 gr yük altında belirlenmiştir.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM): Yüzey morfolojisi detaylı olarak incelenmiş; kaplamalardaki gözeneklilik, çatlaklar ve kristal yapı gözlemlenmiştir.

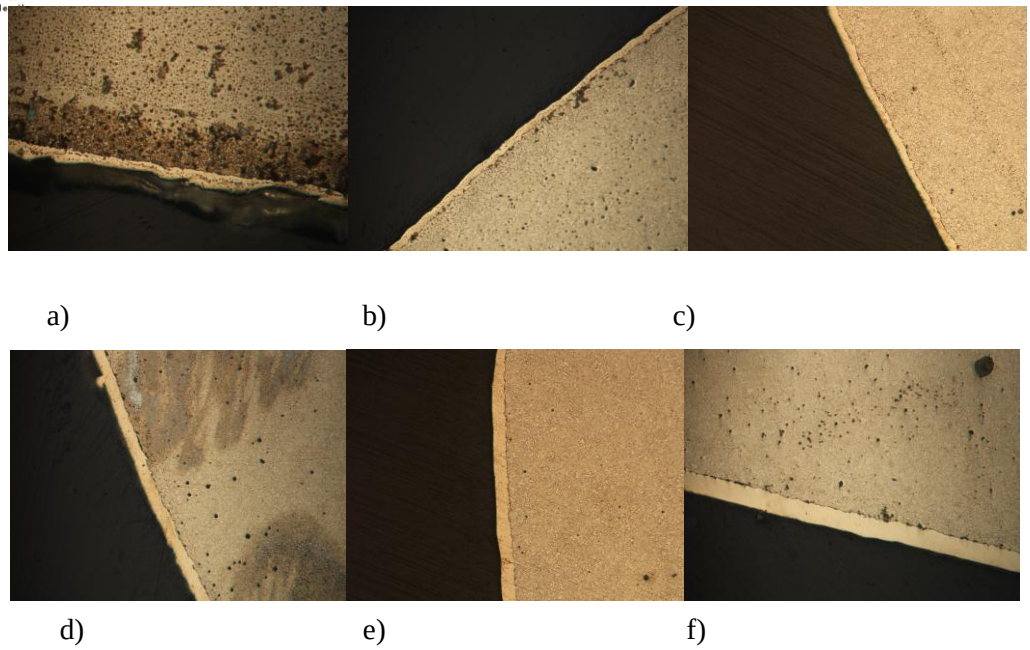
EDS Analizi: SEM cihazı ile entegre edilen enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS) ile kaplama yüzeyinin elementel kimyasal bileşimi analiz edilmiştir.

XRD Analizi: Kaplama tabakasında oluşan kristalin faz yapılarının analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tuz Korozyon Testi: Kaplamanın tuz korozyon testi ASTM B117 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

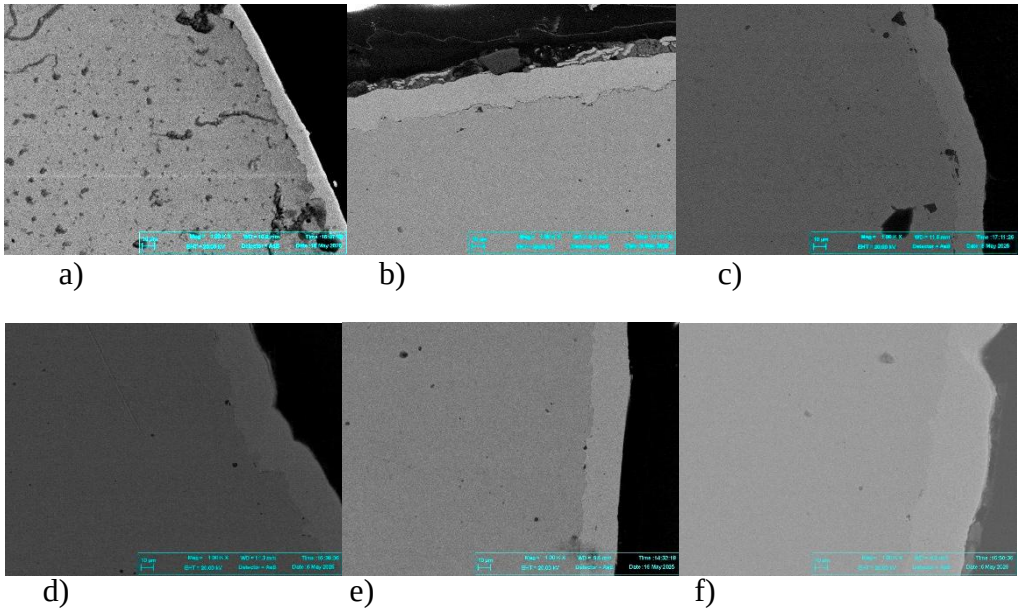
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu deneysel araştırmada, AISI 1020 çeliği yüzeyine elektrolitik yöntemle uygulanan nikel kaplamalara, farklı oranlarda borik asit (H_3BO_3) ilavesinin kaplama kalitesi üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Borik asit içermeyen banyolarda, kaplama kalınlığı düşük ve yüzey morfolojisi düzensiz, gözenekli ve çatlaklı yapılar göstermiştir. Borik asit ilavesiyle birlikte kaplama kalınlığı değerlerinde belirgin artışların olduğu Görsel 1'de gösterilmiştir.

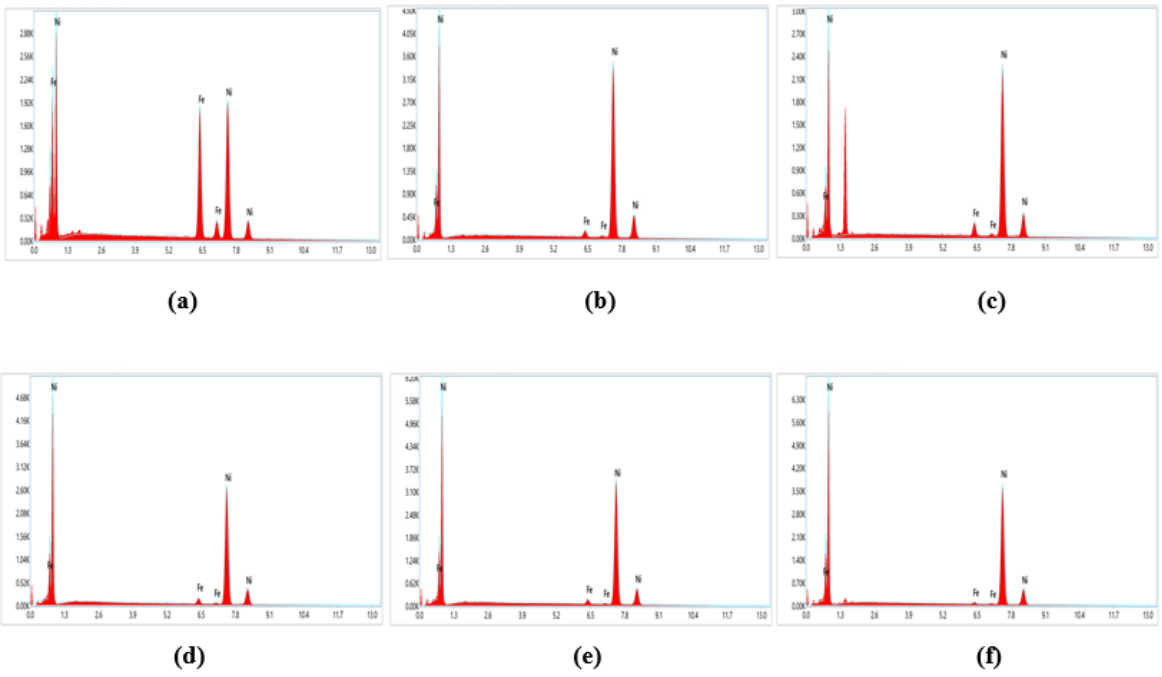


Görsel 1. AISI 1020 çeliği üzerinde Nikel Sülfamat banyolarında oluşturulan Kaplamaların borik asit ilavelerine bağlı olarak a) Borik asitsiz, b) 5 gr/L borik asit, c) 10 gr/L borik asit, d) 20 gr/L borik asit, e) 40 gr/L borik asit ve f) 60 gr/L borik asit ilaveli kaplamalrın optik mikroyapı fotoğrafları

SEM (Görsel 2) ve EDS (Görsel 3) ile gerçekleştirilen yüzey morfolojisi incelemelerinde, borik asit miktarının artışına paralel olarak kaplamalarda daha homojen, çatlak içermeyen ve kompakt yapılar gözlemlenmiştir. Borsuz ve düşük borik asit oranlarında yüzeylerde düzensiz dağılımlı gözenekler ve zayıf yapışma eğilimleri gözlenmiş bor miktarı arttıkça düzgün kristal yapılar oluşmuş, kaplama kalitesi üst seviyelere ulaştığı Görsel 2'de gösterilmiştir. Görsel 4'de XRD analizi görülmektedir. XRD sonuçlarına göre kaplama tabakası Nikel sülfamat çözeltilerinden elde edilmesi durumunda Nikel ve borik asit ilavesiyle Nikel ve Ni_3B fazlarını içermektedir. Tambe ve arkadaşları [15] yapmış olduklar nikel sulfamat çözeltisine borik asit ilavesinde nikel fazını tespit etmişlerdir. Ancak bu çalışmada Nikel haricinde Ni_3B fazının da varlığı tespit edilmiştir. Bu da sertlikteki artışı açıklamak için gerekli olabilecek bir sebep olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine EDS analizlerinde (Görsel 3) kalitatif olarak bor elementinin piki görülmektedir. Bu durum kaplama tabakası içerisinde bor elementinin varlığı açısından yine belirleyici bir delil niteliğindedir.



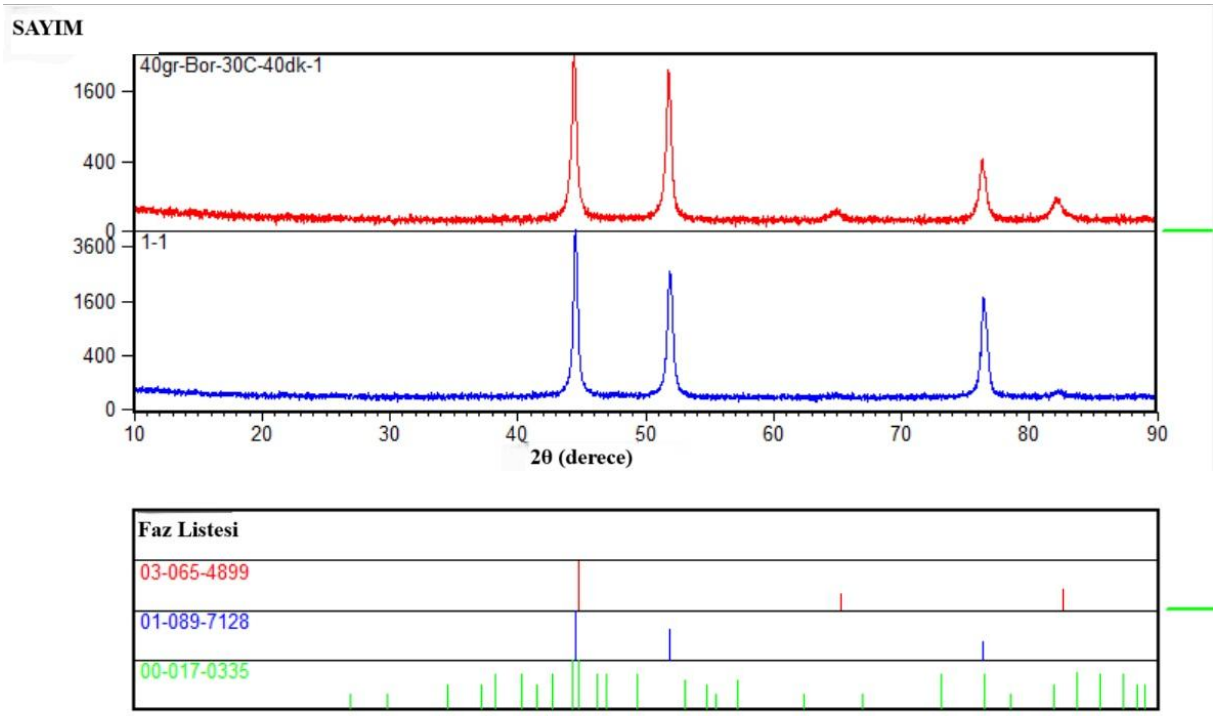
Görsel 2. AISI 1020 çeliği üzerinde Nikel Sülfamat banyolarında oluşturulan Kaplamaların borik asit ilavelerine bağlı olarak a) Borik asitsiz, b) 5 gr/L borik asit, c) 10 gr/L borik asit, d) 20 gr/L borik asit, e) 40 gr/L borik asit ve f) 60 gr/L borik asit ilaveli kaplamalrın SEM mikroyapı fotoğrafları.



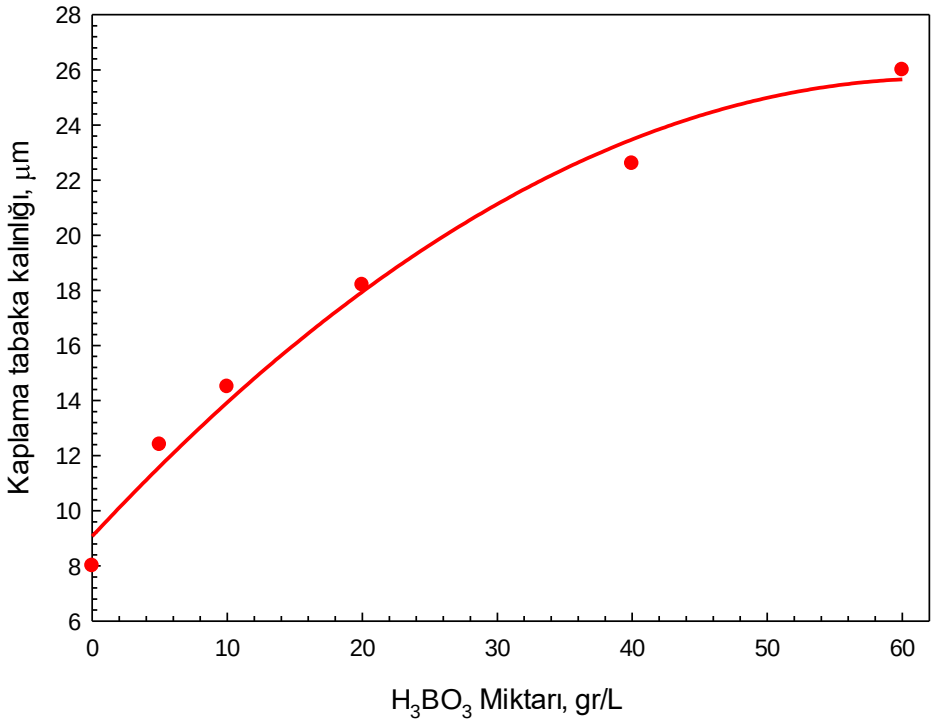
Görsel 3. AISI 1020 çeliği üzerinde Nikel Sülfamat banyolarında oluşturulan Kaplamaların borik asit ilavelerine bağlı olarak a) Borik asitsiz, b) 5 gr/L borik asit, c) 10 gr/L borik asit, d) 20 gr/L borik asit, e) 40 gr/L borik asit ve f) 60 gr/L borik asit ilaveli kaplamalrın SEM-EDS analizleri

Bu çalışmada incelendiği üzere, borik asit oranının arttırılması hem kaplama kalınlığını hem de Vickers sertlik değerlerini artırmaktadır. Borik asit ilavesinin kaplama kalınlığını 8 µm değerinden 26 µm değerine kadar arttırdığı (Görsel 5), Kaplamaların sertlik değerleri ise 185 $HV_{0.1}$ değerinden 357 $HV_{0.1}$ sertliğine kadar artırarak daha dayanıklı yüzeyler oluşturduğu (Görsel 6) ortaya çıkmıştır. Yine bu çalışmada nikel sülfamat banyolarına ilave edilen borik

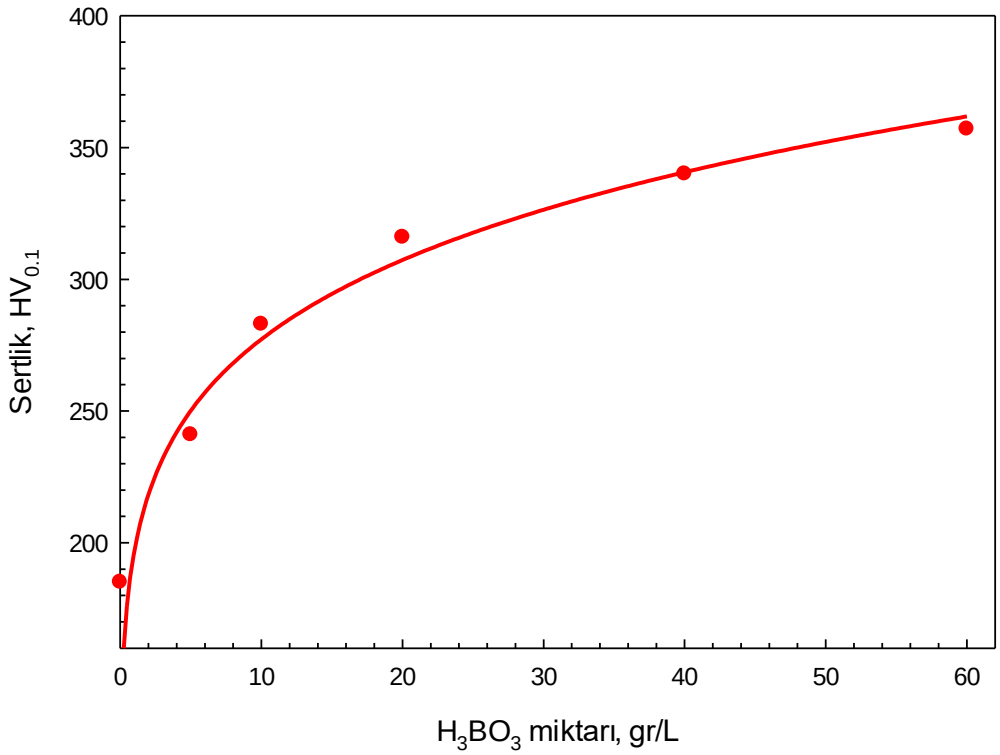
asit miktarındaki artış ile oluşan kaplamanın kalınlığının parabolik olarak artış gösterdiği görülmektedir. Benzer sonuçlar C.E. Dávalos ve arkadaşları [8] ve Yutaka Tsuru ve arkadaşları tarafından da tespit edilmiştir [16]. Yine Borik asit ilavesinin sülfamat banyosunda artışına bağlı olarak kaplama tabakasının sertlik değerinin parabolik olarak artış gösterdiği ve 60 gr/L değerinde %92.92 oranında sertlik artışının olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Esmar Budi ve arkadaşları tarafından da tespit edilmiştir [17].



Görsel 4. 40 gr/L borik asit içeren Nikel sulfamat çözeltisinde 30°C de 40 dk süre ile gerçekleştirilen kaplamanın XRD analizi



Görsel 5. AISI 1020 çeliği üzerinde oluşturulan Nikel Sülfamat Kaplamaların borik asit ilavelerine bağlı olarak tabaka kalınlığındaki değişim.

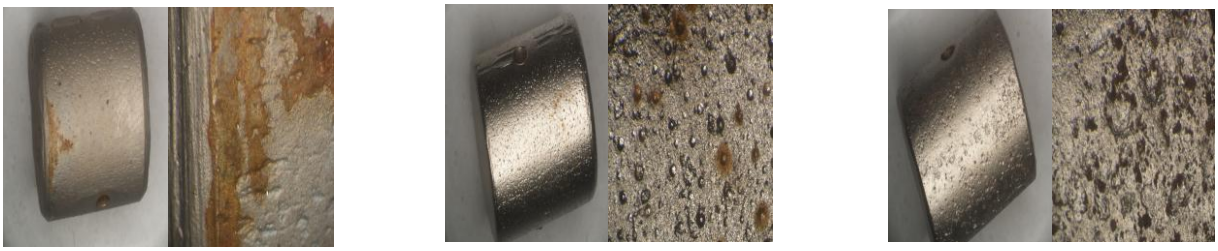


Görsel 6. AISI 1020 çeliği üzerinde oluşturulan Nikel Sülfamat Kaplamaların borik asit ilavelerine bağlı olarak mikrosertlik değerindeki değişim.

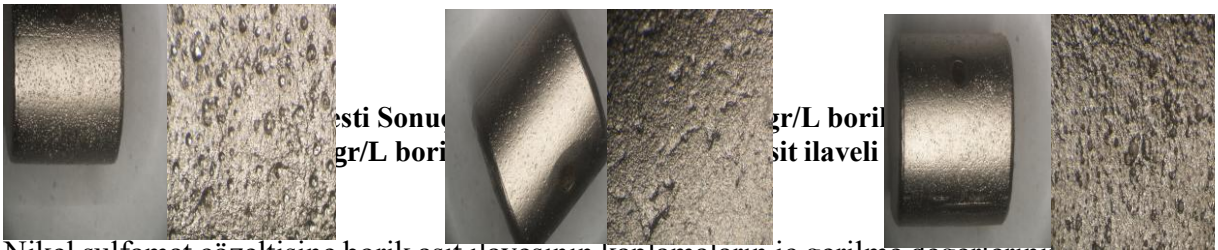
Tuz korozyonu testinde tuz test kabininde 35 derecede %5 NaCl (sodyum klorür) çözeltisi ile numunelerin her yerine eşit şekilde etkileyecek şekilde eğimli bir yapıda konumlandırarak yapılan 72 saatlik korozyon deneyi sonucunda:

Borik asit içermeyen kaplamalarda kenar bölgelerde noktasal paslanma izleri gözlemlenmiştir. Yine düşük borik asit katkılı numunelerde (5–10 gr/L) çok az miktarda kısmi paslanma izleri gözlemlenmiştir. 20, 40 ve 60 gr/L bor katkısı ile kaplanan numunelerde korozyon izine rastlanmamıştır. Kaplama yüzeyleri bütünlüğünü korumuş ve gözle görülür bozulma göstermemiştir (Görsel 7).

a) b) c)



d) e) f)



sti Sonu gr/L boril
gr/L bori sit ilaveli

Nikel sulfamat çözeltisine borik asit ilavesinin kaplamaların iç gerilme değerlerinin azalmasına sebep olduğunu Vakuda ve arkadaşları [18] ve Tsuru ve arkadaşları [16] yapmış oldukları bu alandaki önemli çalışmalarında belirtmişlerdir. Borik asit miktarının artmasıyla birlikte kaplamanın korozyon direncinin artış sebebinin kaplamada oluşan iç gerilmelerdeki azalma sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

4. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, AISI 1020 çeliği yüzeyine uygulanan elektrolitik nikel kaplamalara farklı oranlarda borik asit (H_3BO_3) ilavesinin kaplama özellikleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Deneysel bulgular, borik asidin kaplama performansı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ve özellikle mekanik ve korozyona karşı direnç özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymuştur.

Borik asit katkısı, kaplama kalınlığında belirgin bir artış sağlamıştır. Kaplama kalınlığı, katkısız banyoda 8 µm iken, 60 g/L borik asit içeren banyoda 26 µm'ye ulaşmıştır. Bu artış, çözelti stabilitesinin artması ve hidrojen kabarcıklarının yüzeye tutunmasının engellenmesiyle ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, Vickers mikrosertlik değerleri de katkı miktarına bağlı olarak önemli ölçüde artmış; 185 $HV_{0.1}$'den 357 $HV_{0.1}$'ye yükselmiş ve %92,92 oranında sertlik artışı elde edilmiştir.

SEM ve EDS analizleri, borik asidin yüzey morfolojisi üzerinde olumlu etkilerini açıkça göstermiştir. Borik asit katkısı ile elde edilen kaplamalar daha yoğun, çatlak içermeyen ve homojen bir yapıya sahipken, katkısız kaplamalarda düzensiz, gözenekli ve yapışma kabiliyeti düşük tabakalar gözlemlenmiştir. XRD analizleri ise yüksek borik asit konsantrasyonlarında nikel matrisine ek olarak Ni_3B fazlarının da oluştuğunu göstermiştir. Bu durum, bor katkısının kristal yapı üzerinde faz dönüşümünü tetiklediğini ortaya koymaktadır.

Tuz püskürtme korozyon testleri (ASTM B117, 72 saat, %5 NaCl çözeltisi) sonucunda; borik asit katkısı arttıkça korozyon direncinin anlamlı düzeyde yükseldiği tespit edilmiştir. Katkısız ve düşük oranlı (5–10 gr/L) örneklerde yer yer noktasal pas izleri gözlenirken, 20, 40 ve 60 gr/L borik asit ilavesiyle kaplanan örneklerde hiçbir gözle görülür bozulma veya paslanma izine rastlanmamıştır. Bu durum, kaplama bütünlüğünün ve koruyucu performansın borik asit ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, borik asit ilavesi sadece kaplama çözeltisinin pH stabilitesini sağlamakla kalmamış, aynı zamanda kaplama kalınlığını, yüzey sertliğini ve korozyon direncini artırarak Ni sülfamat kaplamaların genel performansını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Bu bulgular, literatürde yer alan Dávalos ve arkadaşları [8], Tsuru ve arkadaşları. [16] ile Budi ve arkadaşları. [17] tarafından yapılan benzer çalışmalarla da uyum içerisindedir.

KAYNAKÇA

Matar M. S., Yousef A., Bastaweesy A.M., Qudsieh I.Y., Maafa I. M. (2024). Enhancement in Corrosion Resistance of Low-Carbon Steel via Surface Modification Coatings 2024, 14(12), 1518.

N. Marcuz, R.P. Ribeiro, E.C. Rangel, N.C. Cruz , L.G. Possato, K.S. Coan , C.R. Grandini , D.R.N. Correa (2020). Exploiting the effect of PEO parameters on the surface of AISI 1020 low-carbon steel treated in a TaOH-rich electrolyte. Surface and Coatings Technology, 477, 130374.

Özdemir, M. & Yılmaz, E. (2015). Surface modification of AISI 1020 steel and its effect on corrosion resistance. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 24(7), 2742–2750.

Eliaz, N. (2019). Nickel electroplating for corrosion resistance: A review. *Corrosion Reviews*, 37(1), 1–18.

Lelevic, A. (2018). Ni-P coatings electroplating – A review, Part I: Pure Ni-P alloy. arXiv.

Fayyaz, O., Khan, A., Shakoor, R. A., Hasan, A., Yusuf, M. M., Montemor, M. F., Rasul, S., Khan, K., Faruque, M. R. I., & Okonkwo, P. C. (2021). Enhancement of mechanical and corrosion resistance properties of electrodeposited Ni–P–TiC composite coatings. Scientific Reports, 11(1), Article 5327.

Próchniak, M., & Grdeń, M. (2022, November 11). Electrochemical deposition of nickel from aqueous electrolytic baths prepared by dissolution of metallic powder. Journal of Solid State Electrochemistry, 26, 431–447.

C.E. Dávalos, J.R. López, H. Ruiz, Alia Méndez, R. Antaño-López, G. Trejo. (2013). Study of the Role of Boric Acid During the Electrochemical Deposition of Ni in a Sulfamate Bath. Int. J. Electrochem. Sci., 8 (2013) 9785 - 9800

Liu, Q., Wang, J., & Li, C. (2021). Optimization of Ni-coatings using boric acid: Microstructure and properties. *Electrochimica Acta*, 378, 138100.

Wang, J., Liu, T., & Zhang, H. (2021). Influence of boric acid on microstructure and hardness of electroplated nickel coatings. *Materials Today Communications*, 29, 102894.

Chen, Y., Zhao, Q., & Huang, L. (2019). Study on the internal stress and adhesion of Ni coatings in sulfamate baths. *Surface Engineering*, 35(2), 157–165.

Shrestha, S., Rajbhandari, R., & Shrestha, S. (2022). Effect of deposition parameters on nickel electrodeposition from sulfamate bath. *Engineering Journal*, 26(1), 101–112.

Lin, Y., & Yu, J. (2018). Influence of temperature and time on nickel plating layer properties. *Journal of Coating Science and Technology*, 5(3), 199–205.

Tambe, C. E., Green, T. A., & Roy, S. (2024, October 8). The multifaceted role of boric acid in nickel electrodeposition and electroforming. Journal of the Electrochemical Society, 171(10), Article 102503.

Tsuru Y., Nomura M., Foulkes F.R. (2002). Effects of boric acid on hydrogen evolution and internal stress in films deposited from a nickel sulfamate bath. Journal of Applied Electrochemistry, 32, 629–634.

Budi E., Theresia R., Sugihartono I., Indrasari W., Ermadiana Y., Syafindra D. (2019). Electrodeposition of nickel-nitride composite coating: Effects of boric acid on structure and mechanical properties. AIP Conference Proceedings, 2169, 060005.

Wakuda, Y., Yoshida, K., Tashiro, K., & Honma, H. (2011). Physical properties of plating films from boric acid-free nickel sulfamate bath. Journal of the Surface Finishing Society of Japan, 62(2), 131–137.

POLİVİNİLPROLİDON (PVP) MİKTAR VE MOLEKÜL AĞIRLIĞININ PLATİN NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi FATİH TURAN
Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği
fatih.turan@deu.edu.tr– ORCID: 0000-0002-9969-0405

Prof. Dr. AYLİN M. DELİORMANLI
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
aylin.deliormanli@cbu.edu.tr – ORCID: 0000-0001-7877-7635

ÖZET

Platin nanopartikülleri (PtNP'ler), yüksek biyouyumlulukları, reaktiviteleri ve elektrokimyasal özellikleri nedeniyle biyomedikal uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca PtNP'lerin yüksek katalitik aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Diğer yandan toksik ve iyonik olmayan bir polimer olan polivinilpirolidon (PVP), metal NP'lerin sentezinde yaygın olarak kullanım bulmaktadır. PVP bir yüzey sabitleyici, büyüme düzenleyici, nanopartikül dağıtıcı ve indirgeyici ajan olarak nanopartikül sentezinde görev almaktadır. Bu çalışmada PtNP sentezi kloroplatinik asit hidrat ve farklı molekül ağırlıklarında (10.000, 40.000 ve 1.300.000) PVP kullanılarak etil alkol varlığında 110 °C'de gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan nanopartiküllerin karakterizasyon çalışmaları X-ışınları difraktometresi (XRD), Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR), UV-vis spektrofotometresi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. PtNP'lerin ayrıca fosfat tamponlu salin (PBS) içerisinde CaO_2 nanopartikülleri varlığında oluşan H_2O_2'den oksijen üretilmesi sırasındaki katalitik etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, ilgili sistemde 110 °C'de 1 saat sonunda Pt^{4+}'ün indirgenerek Pt^0 oluşturduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında kullanılan PVP'lerin artan miktar ve molekül ağırlığına bağlı olarak PtNP dispersiyonlarının UV absorbans değerlerinde artış gözlenirken, aynı örneklerin FTIR spektrumunda PVP'ye ait fonksiyonel grupların şiddetinde azalma olduğu anlaşılmıştır. CaO_2 nanopartiküllerinin PBS ortamında, katalizör olarak PtNP varlığında O_2 oluşturma miktarı, PtNP olmadığı duruma göre çok daha yüksek elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Platin, nanopartiküller, PVP, biyomedikal uygulamalar.

1. GİRİŞ

Platin nanopartikülleri (PtNP'ler), özellikle biyoteknoloji, nanotıp ve farmakoloji uygulamalarında kullanım alanına sahip malzemelerdir. PtNP'lerin antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır [1-3]. Geçmişte yapılan çalışmalar,

platin nanopartiküllerinin glioma U87 ve U251, kolorektal HT29, MCF-7 meme, HepG-2 karaciğer ve U937 lenfoma gibi çeşitli kanser hücre hatlarına karşı antikanser aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur [3, 4]. Ancak, PtNP'lerin genotoksik etkisi kanserli olmayan hücre hatlarında da gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu malzemeler geniş yüzey alanları ve katalitik aktiviteleri nedeniyle endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır [1].

NP'lerin sentezinde genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 farklı yaklaşım mevcuttur [3, 5, 6]. Kimyasal sentez, suda çözünen katyonların metal monomerlere indirgenmelerini tetiklemek için öncül olarak kullanıldığı, nükleasyon olarak tanımlanan bir süreci içermektedir. İndirgenmiş metal atomlarının kümelendiği parçacıkların büyümesi, indirgeyici madde/kaplama ajanı tarafından kontrol edilebilir ve parçacıklar termal olarak kararlı olan belirli bir boyuta ulaşır [6].

PtNP'lerin de kimyasal sentezi için uygun çözücü, sıcaklık ve indirgeyici/kapatıcı madde seçimi gibi bazı parametreler dikkate alınmalı, uygulanan sentez yöntemi ayrıca kümeleşmeyi de önlemelidir. Kimyasal yöntemler ile PtNP'lerin sentezlenmesinin avantajı yüzey kimyasında değişiklik yapma imkanı, kolay işlevselleştirme, yüksek verim, boyut kontrolü, termal kararlılık ve düşük dispersitedir [1, 7]. iteratürde, PtNP'lerin sentezi için kimyasal depositleme [5], kimyasal indirgeme [7], mikroemülsiyon [8], elektro indirgeme [9], sono-kimyasal sentez [10], kimyasal buhar biriktirme [11] gibi çok sayıda kimyasal yöntem kullanılmıştır.

Sentez için kullanılan bileşenler metal öncülleri, kaplama/stabilize edici madde ve indirgeyici madde olarak üç grupta ele alınmaktadır. Öncül genellikle sulu veya organik bir sıvı malzemede çözülmekte, çözünmüş öncülün katı NP'lere dönüştürülmesi, kimyasal dönüşüm adımına yol açan bir indirgeyici madde eklenerek yapılmaktadır [12]. Kloroplatinik asit, H_2PtCl_6, PtNP'lerin kimyasal ve biyolojik sentezinde kullanılan yaygın öncüllerden biridir. Sulu ortamda çözünen bu bileşiğin dekompozisyon sıcaklığı 350 ºC'dir. Alternatif olarak kullanılan Pt öncülleri platin klorürler $PtCl_2$ ve $PtCl_4$, oda sıcaklığında suda çözünmez ve sırasıyla 550 ve 370 ºC'lik dekompozisyon sıcaklıklarına sahiptirler [13, 14].

H_2PtCl_6 indirgemesi için en yaygın kullanılan indirgeyici maddeler sodyum borohidrat, metoksi polietilen glikol, trisodyum sitrat dihidrattır [1]. Ayrıca, metanol ve etanolün etilen glikol ve gliserola alternatif olarak indirgeyici madde olarak kullanılabileceği raporlanmıştır [15]. H_2PtCl_6'nın PtNP'lere indirgenmesinden hemen sonra, NP'lerin yüzey sabitleyici maddeler veya yüzey aktif maddelerle stabilize edilmesi gerekmekte olup, bu adım, PtNP'lerin boyutunu ve şeklini kontrol etmek için kritik öneme sahiptir [12].

Kaplama ajanları arasında, toksik ve iyonik olmayan bir polimer olan polivinilpirolidon (PVP), metal NP'lerin poliol sentezinde yaygın olarak kullanılmaktadır. PVP'nin pirolidin halkasında bulunan yüksek polariteli amid grubu ve hidrojen bağlayıcı mevcut karboksil grubu, çözücü moleküllerle etkileşime girerek hem suda hem de birçok susuz sıvıda yüksek dispersiyon sağlamaktadır [12, 16]. Ek olarak, PVP'nin alkil zinciri, sterik kuvvetler yoluyla NP'lerin aglomerasyonunu önleyen bir hidrofobik grup olarak işlev görmektedir. PVP'nin ayrıca geniş bir pH aralığında inert fizikokimyasal özelliklere sahip ve oldukça kararlı bir molekül olması avantaj sağlamaktadır [16].

PVP varlığında alkol indirgeme işlemi yoluyla PtNP'lerinin sentezine ilişkin geçmişte yapılan çalışmalar mevcuttur [17]. Karbonil gruplarının oksijen atomlarının ve PVP'nin nitrojen

atomlarının, NP'leri stabilize etmek için metal NP'nin yüzeyiyle etkileşime girdiği belirtilmiştir [18].

Bu çalışmada, biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere PtNP'lerin sentezi kimyasal olarak H_2PtCl_6 indirgemesi yoluyla yapılmıştır. Sentez esnasında kaplama ajanı olarak farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler kullanılmış olup, sistemde kullanılan PVP miktarı ve PVP molekül ağırlığının sentezlenen malzemelerin özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan kloroplatinik asit hidrat, $H_2PtCl_6.xH_2O$ (~38% Pt, powder), polivinilpirolidon (Ürün No PVP10- M_w: 10.000, PVP40- M_w: 40.000 ve 437190-M_w: 1.300.000) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir.

2.2. PtNP Sentezi

İlgili nanopartiküllerin sentezi Wu vd. [19] tarafından raporlanan yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 0.62 mL, 19.3 mM kloroplatinik asit, 1.83 mL deiyonize su ve farklı miktarlarda PVP (7, 14, 21 mg; sırasıyla PVPx1, PVPx2 ve PVPx3 olarak kodlanmıştır) 18 mL etanol çözeltisine eklenip 110°C'de reflaks yapılmıştır. Çözelti koyu kahverengine döndüğünde (1 saat) reaksiyon sonlandırılmıştır. Oluşan Pt nanopartiküllerini içeren solvent 40 °C'de kurutma yolu ile uzaklaştırılmıştır. Elde edilen Pt tozları karakterizasyonlar için desikatörde saklanmıştır.

2.3. Karakterizasyonlar

Çalışma kapsamında sentezlenen PtNP'lerin morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss Gemini 500) ile yapısal ve optik özellikleri FTIR-ATR spektrometresi (Thermo Nicolet, IS20) ve UV-Vis spektrofotometresi (Thermo Evolution 201) ile incelenmiştir. Hazırlanan partiküllerin, kristal yapısı X-ışını difraktometresi (Thermo Scientific ARL X'TRA) ile analiz edilmiştir.

Hazırlanan nanopartiküllerin katalizör olarak CaO_2 nanopartiküllerinin degredasyon ve O_2 üretimi reaksiyonundaki etkinliğini araştırmak için, kristal boyutu 50-100 nm aralığında olan CaO^2 nanopartikülleri pH değeri 7.4 olan 3 ml fosfat tamponlu salin (PBS) içerisinde tutularak zaman bağlı olarak PBS'in çözünmüş oksijen seviyesindeki değişim O_2 metre (WTW 9310, FDO 925 probu ile) kullanılarak ölçülmüştür. Aynı deneyler eşit miktarda CaO_2: PtNP (1:1) kullanılarak tekrarlanmıştır. Ayrıca, CaO_2: PtNP (1:1) içeren PBS'in inverted mikroskop (Nikon TS2-FL) ile görüntüleri alınmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen PtNP sentezine ilişkin fotoğraflar Görsel 1a-b'de verilmektedir. Buna göre indirgeme reaksiyonu öncesi açık sarı renkli solüsyonda, 110 °C'de gerçekleştirilen indirme reaksiyonu sonrası koyu kahverenge dönüşüm gözlenmiştir. Sarıdan koyu kahverengiye olan renk dönüşümünün Pt^0 nanopartikül oluşumunun göstergesi olduğu raporlanmıştır [20]. Görsel 1-c, sentezde kullanılan malzeme ve PtNP solüsyonlarının UV spektrumlarını göstermektedir. 262 nm'deki bant (Görsel 1-a), Pt^{4+} iyonlarının absorbansına karşılık gelmektedir. Pt^{4+}'ün indirgenmesinden sonra, 262 nm'deki tepe noktası gözlenmezken, tepe noktasının olmaması, Pt^{4+} iyonlarının tamamen indirgendiğini ifade etmektedir [21].

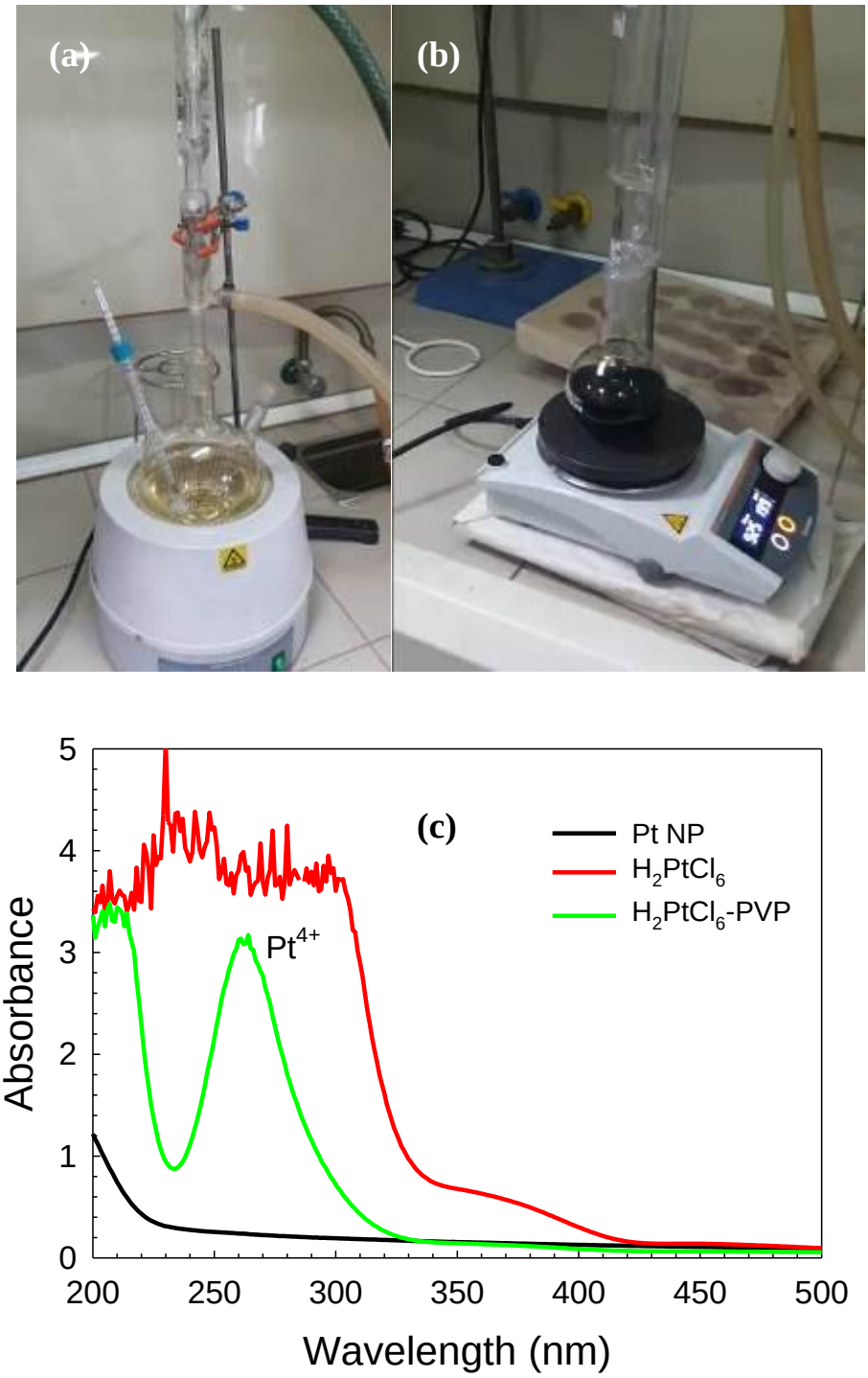
Çalışmada kullanılan farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'lerin FTIR spektrumları ve PtNP sentezinde kullanılan malzemelerin ve sentezi yapılan PtNP'lerin FTIR spektrumları, sırasıyla Görsel 2 (a) ve (b)'de verilmektedir. Farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'lerin FTIR spektrumlarında O-H gerilmesini gösteren 3424 cm^{-1}'de geniş bir bant mevcuttur. 2950 cm^{-1} ve 1650 cm^{-1}'deki pikler, sırasıyla CH_2'nin asimetrik gerilmesinin ve C-O'nun gerilmesinin varlığını göstermektedir. C-H bükülmesi ve CH_2 salınımı sırasıyla 1421 cm^{-1}'de ve 1275 cm^{-1}'de yer almaktadır [22].

Sentezlenen PtNP'lerin de FTIR spektrumu kaplama ajanı olarak kullanılan PVP'ye ait fonksiyonel grupların olduğunu göstermektedir. Kloroplatinik asit hidrata ait FTIR spektrumunda 3400 cm^{-1}'lik bant OH gerilme titreşimine, 1640 cm^{-1}'lik tepe noktası ise HOH eğilme titreşimine atfedilmiştir.

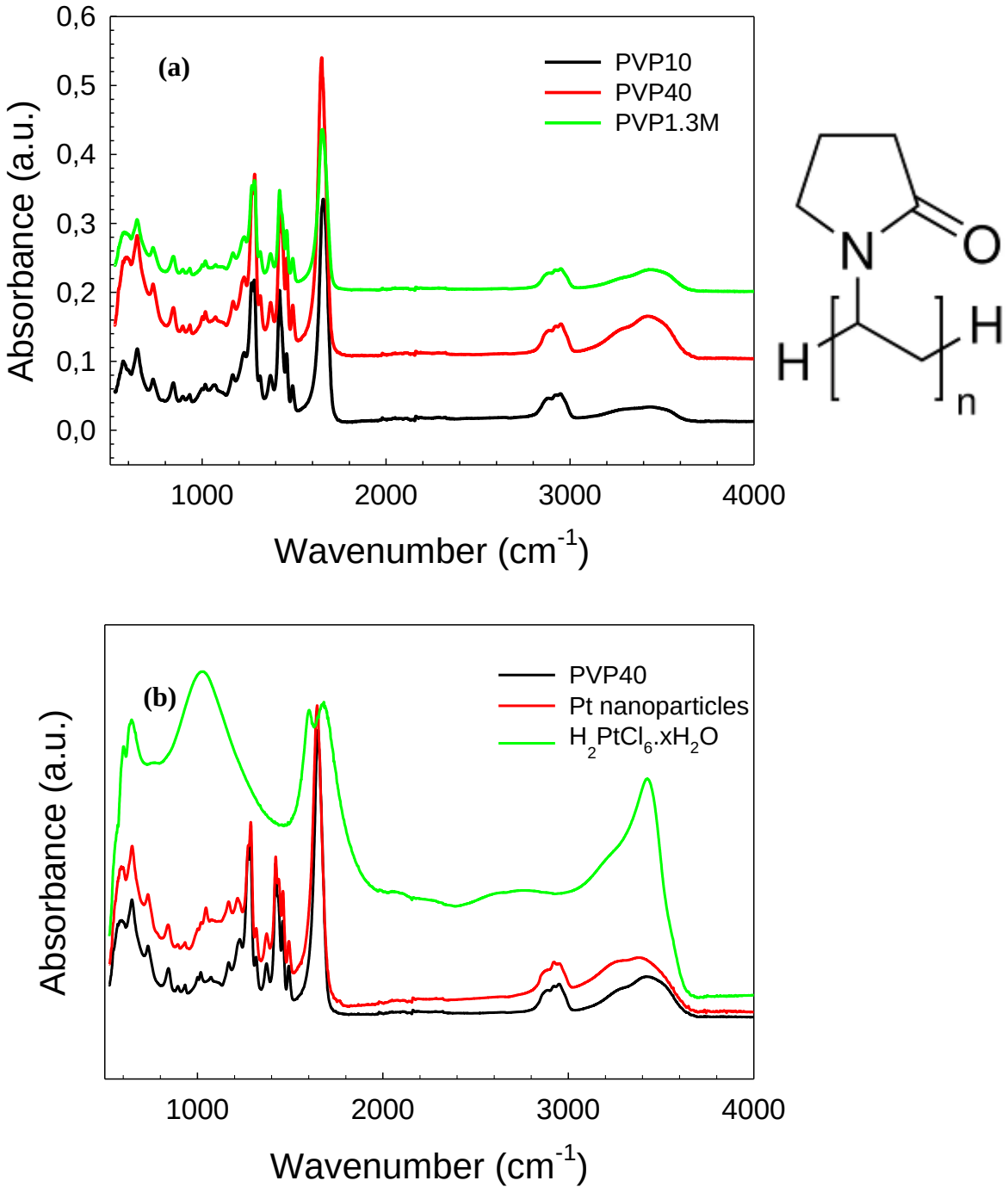
Çalışma kapsamında farklı molekül ağırlıklarına ve konsantrasyona sahip PVP'ler ile hazırlanan sentez solüsyonlarının 25 °C'de 24 saat ve 96 saat bekletildikten sonraki ve aynı solüsyonların ek olarak 110 °C'de 1 saat tutulması ile oluşan PtNP'lerin UV spektrumları Görsel 3' de gösterilmektedir. 262 nm civarında görülen keskin tepe, $PtCl6^{2-}$'dan gelen karakteristik absorbansına aitken, 230 nm civarındaki tepe, PVP'den gelen n–π* geçişinin absorbansına atfedilebilir [16]. Buna göre, oda sıcaklığında 24 saat bekletilen solüsyonlarda Pt^{4+} iyonlarının absorbansına karşılık gelen 262 nm'deki bant mevcutken bekleme süresi 96 saata çıkarıldığında bant şiddetinde azalma olmuştur. Bu durum, 96 saat bekletilen örneklerde indirgenme reaksiyonunun başladığını göstermektedir. Aynı solüsyonlar 110 °C'de 1 saat bekletilerek Pt^{4+} 'ün indirgenmesinden sonra, 262 nm'deki tepe noktası gözlenmemesi Pt iyonlarının tamamen indirgendiğini ifade etmektedir.

Farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler ile hazırlanan kloroplatinik asit- etanol solüsyonlarının oda sıcaklığında 30 dakika karıştırılması sonrası UV-Vis spektrumlarında 262 nm'de görülen pik şiddetinde önemli bir değişiklik olmadığı anlaşılmıştır. Sonuçlar PVP molekül ağırlığının veya PVP miktarının $PtCl_6^{2-}$'nin indirgeyici dinamiğini önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Çalışma kapsamında farklı miktarlarda ve molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler kullanılarak sentezlenen (110 °C'de 1 saat) PtNP'lerin UV spektrumları Görsel 4'de verilmiştir. PVP10 ile hazırlanan örneklerde tepe noktasının kademeli olarak dağıldığı görülebilir. Bu değişim, PVP yapısının $PtCl6^{2-}$ indirgendikçe değişmesine ve PtNP'lerin oluşmasına bağlanabilir [16].

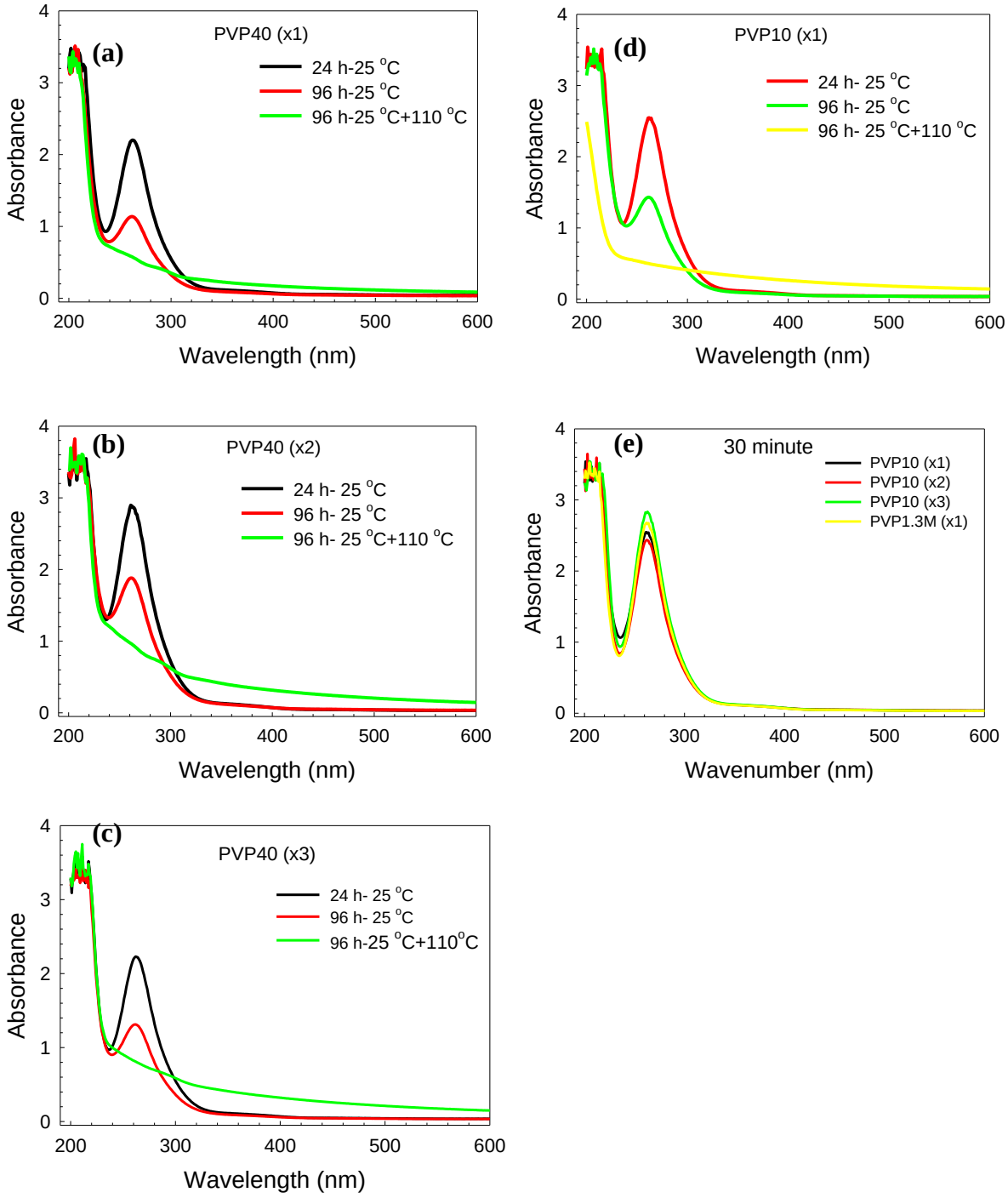
Görsel 5'de farklı miktarlarda ve molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler kullanılarak sentezlenen PtNP'lerin FTIR spektrumları ve X-ışını kırınım deseni yer almaktadır. Sentezlenen PtNP'lerin FTIR spektrumlarında PVP'ye ait fonksiyonel gruplar bulunmakla birlikte artan molekül ağırlığı ve PVP miktarına bağlı olarak pik şiddetlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.



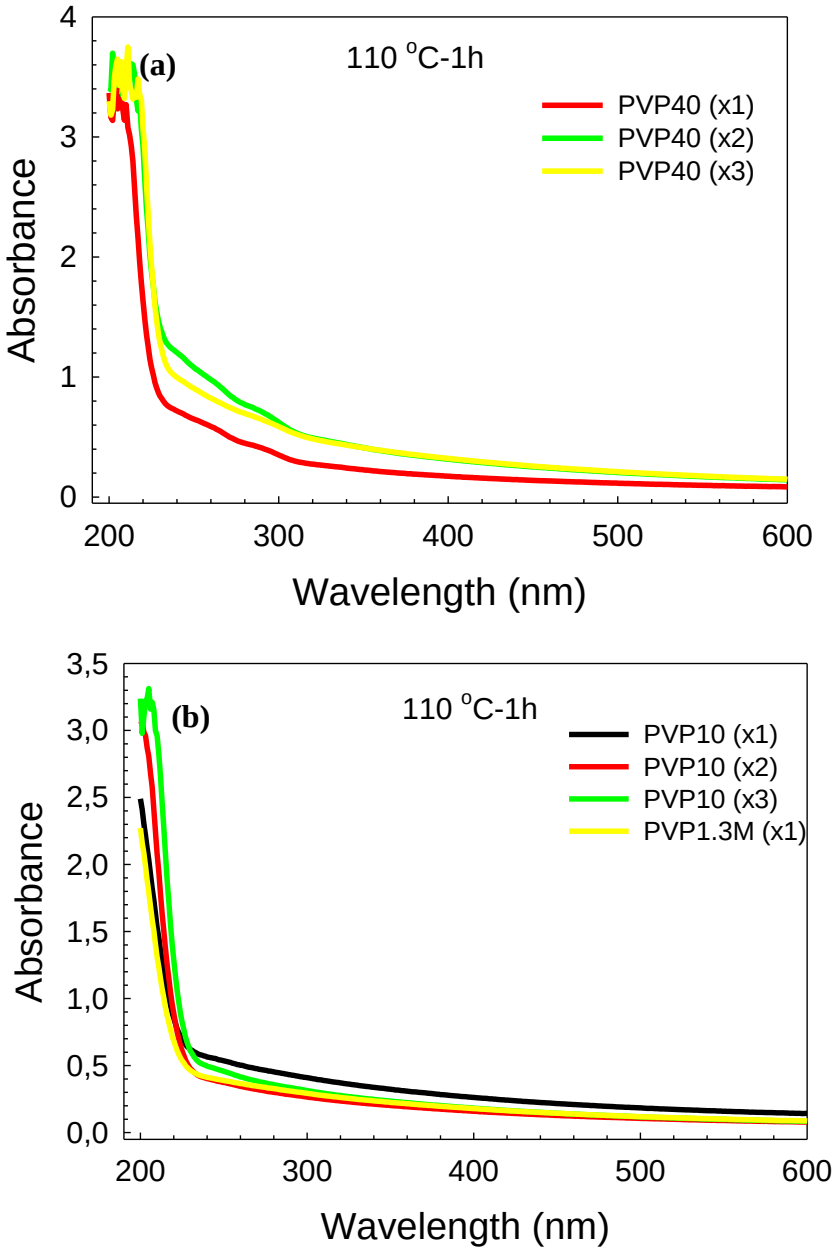
Görsel 1. PtNP sentezine ilişkin görseller (a) indirgeme reaksiyonu öncesi, (b) 110 °C'de gerçekleştirilen indirme reaksiyonu sonrası, (c) sentezde kullanılan malzeme ve PtNP solüsyonlarının UV spektrumları.



Görsel 2. (a) Çalışmada kullanılan farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'lerin FTIR spektrumları ve PVP'nin kimyasal yapısı, (b) PtNP sentezinde kullanılan malzemelerin ve sentezi yapılan PtNP'lerin FTIR spektrumları.



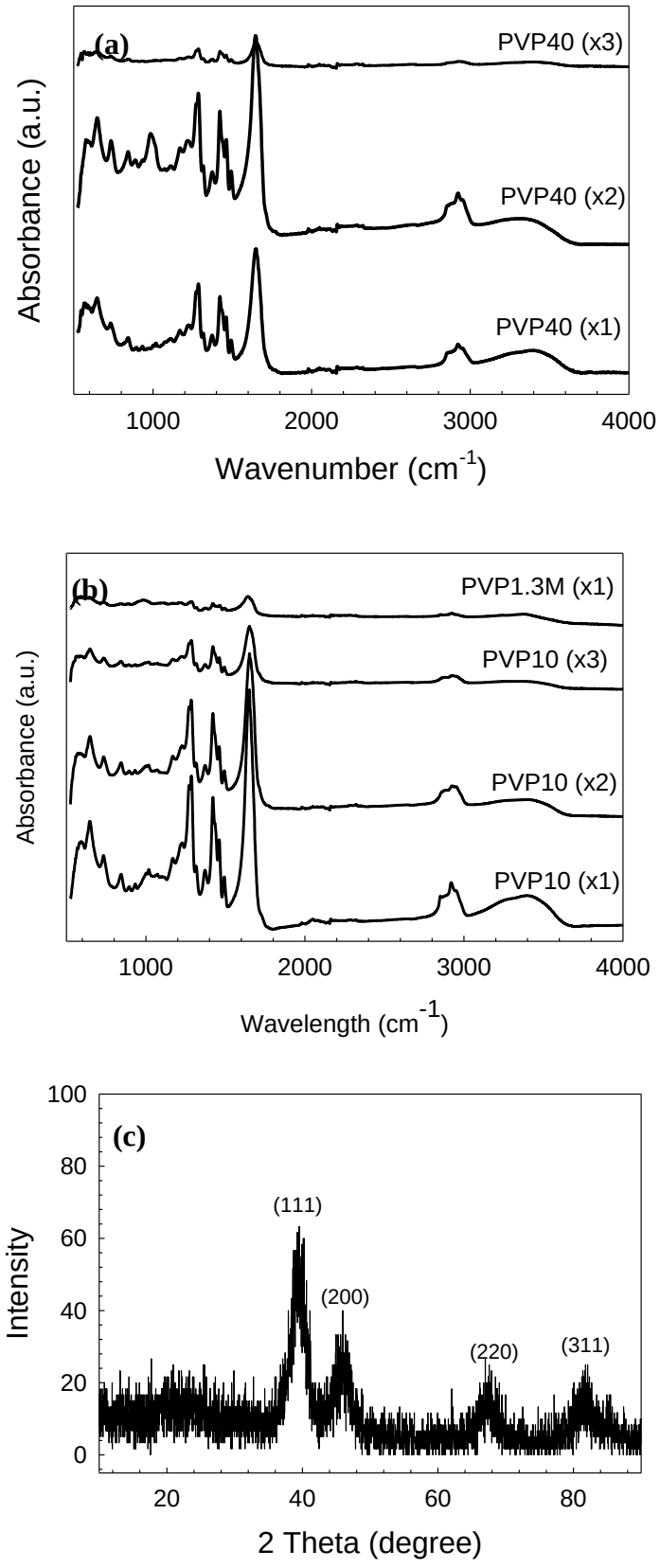
Görsel 3. Farklı molekül ağırlıklarına ve konsantrasyona sahip PVP'ler ile hazırlanan sentez solüsyonlarının 25 °C'de 24 saat ve 96 saat bekletildikten sonraki ve aynı solüsyonların ek olarak 110 °C'de 1 saat tutulması ile oluşan PtNP'lerin UV spektrumları. (a) PVP40 x1, (b) PVP40x2, (c) PVP40x3, (d) PVP10x1, (e) başlangıç solüsyonları 25 °C'de 30 dakika tutulduktan sonraki UV spektrumları.



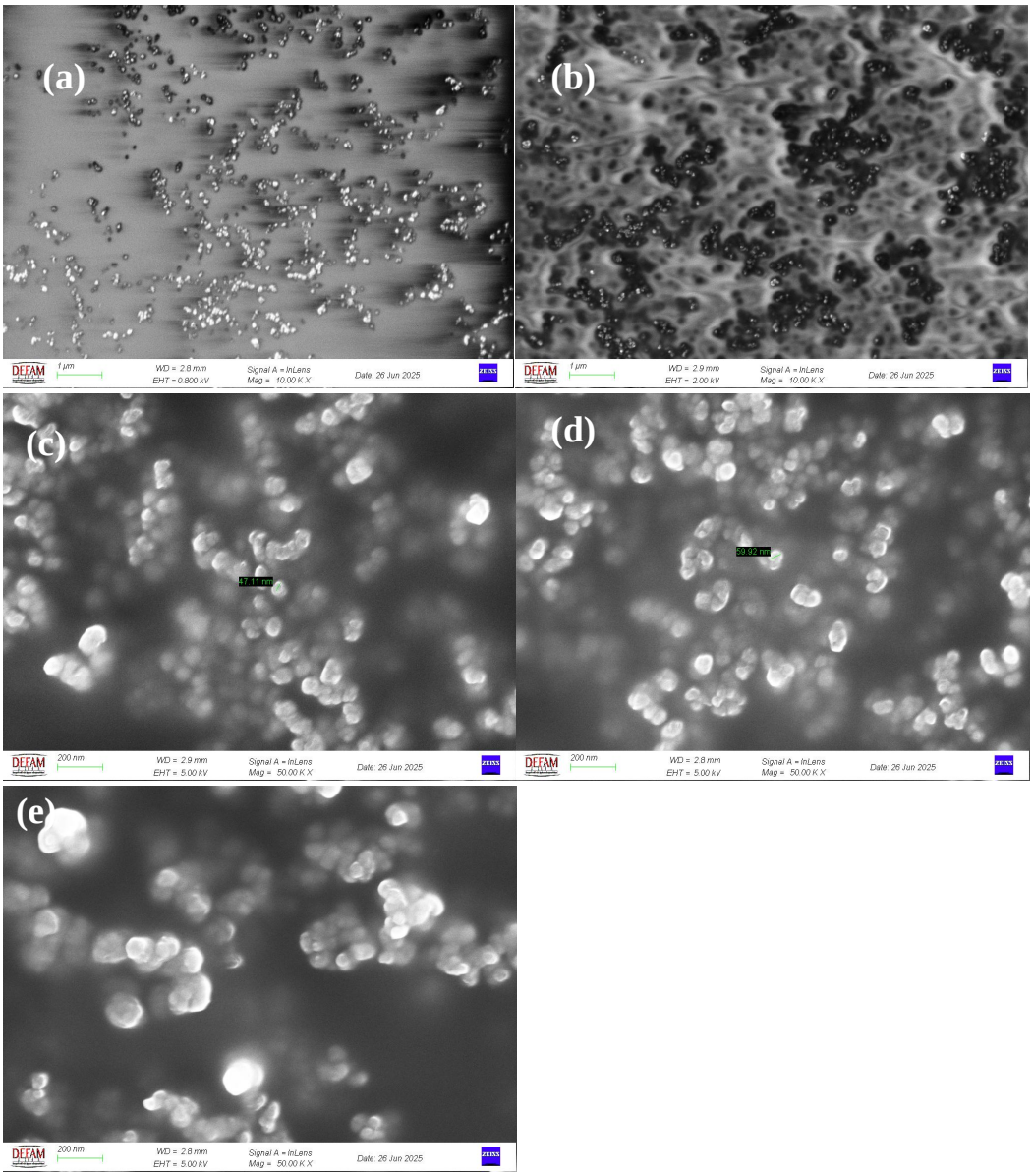
Görsel 4. Çalışma kapsamında farklı miktarlarda ve molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler (a) PVP40, (b) PVP10 ve PVP1.3M kullanılarak sentezlenen (110 °C'de 1 saat) PtNP'lerin UV spektrumları.

PVP40 (x1) ile hazırlanan platin nanopartiküllerinin XRD deseni Görsel 5-c'de gösterilmektedir. Buna göre, 2θ = 39.6, 46.0, 67.6, ve 81.8'deki kırınım tepeleri sırasıyla platinin fcc yapısıyla tutarlı olan (111), (200), (220), ve (311) düzlemlerine ((JCPDS# 00-04-0802) karşılık gelmektedir [18, 23]. Sentezlenen PtNP'lerin ortalama kristalit boyutu, Debye-Scherrer denklemine (denklem 1) göre XRD deseninden [(111) düzlemi, 2θ: 39.6] belirlenmiştir:

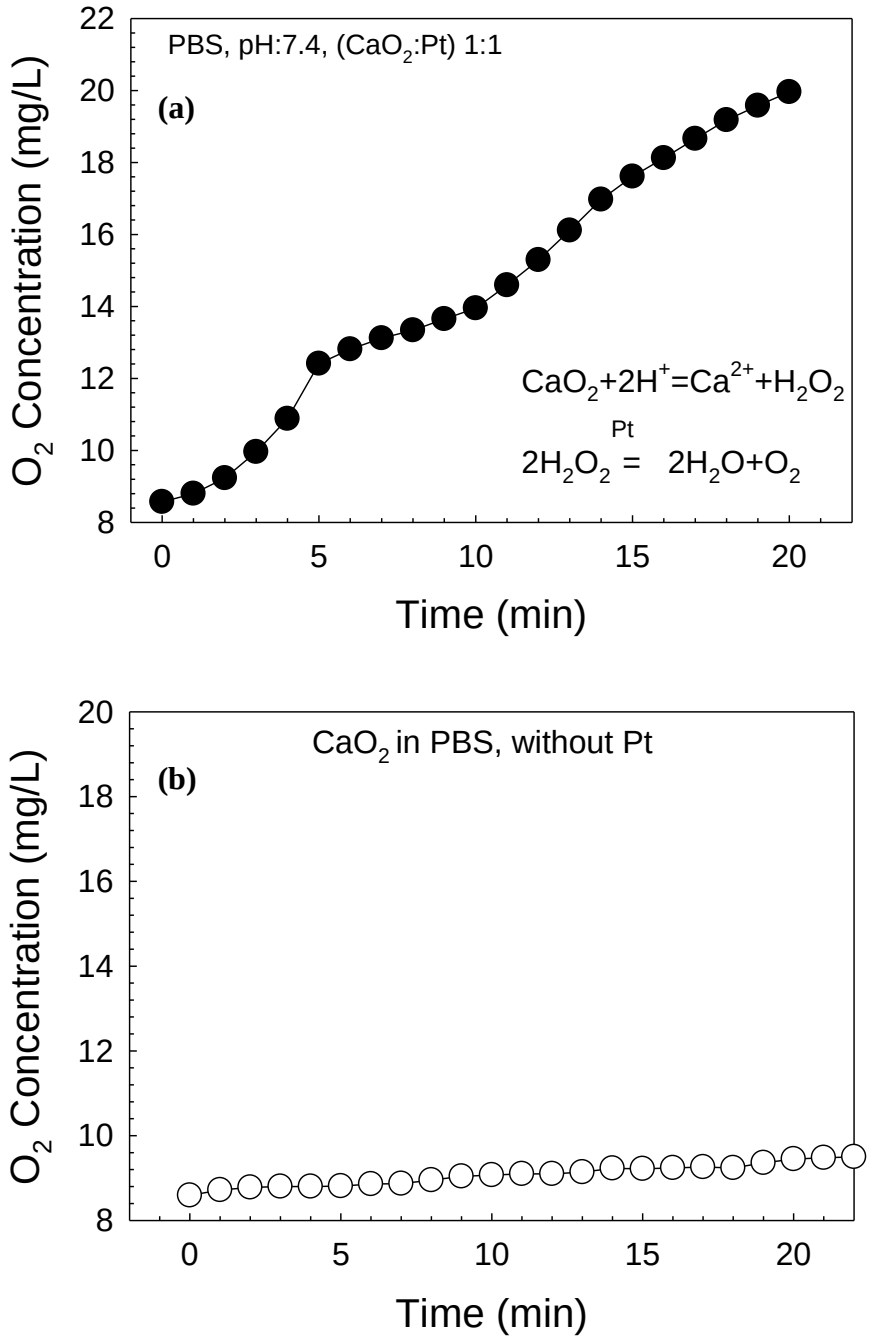
$$D=K\lambda/\beta.\cos\theta \quad \ldots\ldots\ldots\



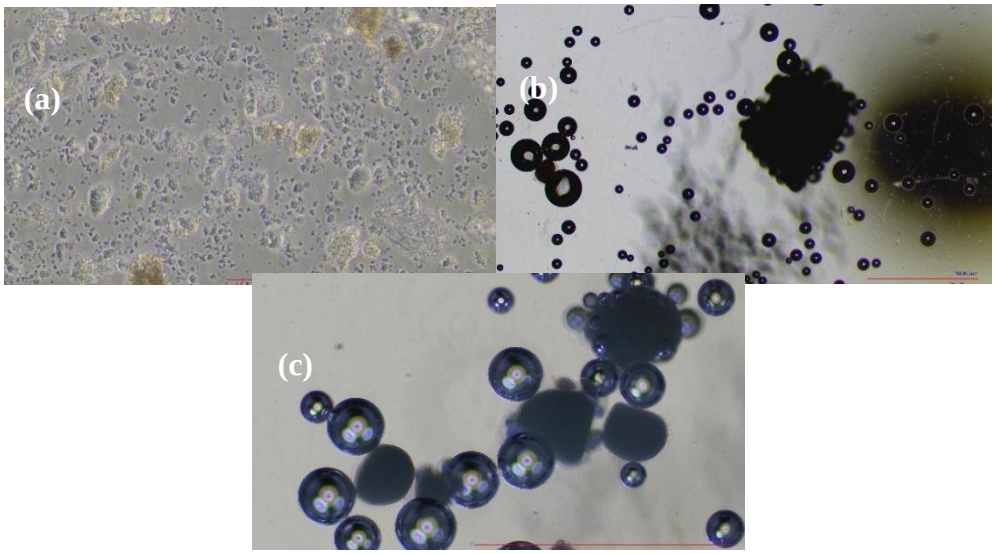
Görsel 5. Çalışma kapsamında farklı miktarlarda ve molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler (a) PVP40, (b) PVP10 ve PVP1.3M kullanılarak sentezlenen PtNP'lerin FTIR spektrumları, (c)XRD deseni (PVP40x1).



Görsel 6. Farklı molekül ağırlıklarında ve konsantrasyonda PVP kullanılarak sentezlenen PtNP'lerin SEM mikrografları (a) PVP40x1, (b),(c) PVP10x1, (d) PVP10x3, (e) PVP1.3Mx1



Görsel 7. (a) Eşit miktarda CaO_2: PtNP içeren, (b) katalizör olarak PtNP içermeyen PBS solüsyonlarının çözünmüş oksijen seviyelerindeki zamana bağlı değişimi gösteren grafikler.



Görsel 8. (a) Eşit miktarda CaO_2: PtNP içeren PBS içerisinde (b) CaO_2 degradasyonu ve (c) oksijen üretimini gösteren optik mikroskop (inverted) görüntüleri.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere PtNP'lerin sentezi etanol içerisinde $H_2PtCl_6.H_2O$'nun indirgenmesi yoluyla yapılmıştır. 110 °C'de gerçekleştirilen sentez esnasında kaplama ajanı olarak farklı molekül ağırlıklarına sahip PVP'ler kullanılmış olup, sistemde kullanılan PVP miktarı ve PVP molekül ağırlığının sentezlenen malzemelerin özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. XRD analizi sonuçları, PVP10 ve PVP40 kullanılarak sentezlenen PtNP'lerin kristalit boyunun ~3-4 nm civarında olduğunu göstermiştir. SEM mikrografları çok yüksek molekül ağırlıklı PVP kullanıldığında PtNP'lerin kristal boyutlarında artış olduğunu ifade etmektedir. PtNP içermeyen PBS'in çözünmüş O_2 seviyesinin 20 dakika sonunda 9.60 mg/L olduğu görülürken PtNP katalizör varlığında bu değer 20 mg/L'ye yükselmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 223M255 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

[1] Jeyaraj, M., Gurunathan, S., Qasim, M., Kang, M.-H., & Kim, J.-H. A Comprehensive Review on the Synthesis, Characterization, and Biomedical Application of Platinum Nanoparticles. Nanomaterials, 9(12), 1719, 2019. https://doi.org/10.3390/nano9121719.
[2] Hall, M.D., Mellor, H.R., Callaghan. R., Hambley, T.W. Basis for design and development of platinum (IV) anticancer complexes. J. Med. Chem. 50, 3403-3411, 2007.

[3] Gutiérrez de la Rosa, S.Y., Muñiz Diaz, R., Villalobos Gutiérrez, P.T., Patakfalvi, R., Gutiérrez Coronado, Ó. Functionalized Platinum Nanoparticles with Biomedical Applications. Int J Mol Sci. 20, 23(16), 9404, 2022. https://doi.org/10.3390/ijms23169404.

[4] Kutwin, M., Sawosz, E., Jaworski, S., Wierzbicki, M., Strojny, B., Grodzik, M., Sosnowska, M.E., Trzaskowski, M., Chwalibog, A. Nanocomplexes of Graphene Oxide and Platinum Nanoparticles against Colorectal Cancer Colo205, HT-29, HTC-116, SW480, Liver Cancer HepG2, Human Breast Cancer MCF-7, and Adenocarcinoma LNCaP and Human Cervical Hela B Cell Lines. Materials. 12,909, 2019. https://doi.org/10.3390/ma12060909.

[5] Hiramatsu, M., Hori, M. Preparation of dispersed platinum nanoparticles on a carbon nanostructured surface using supercritical fluid chemical deposition. Materials (Basel). 3, 1559-1572, 2010.

[6] Stepanov, A.L., Golubev, A.N., Nikitin, S.I., Osin, Y.N. A Review on the fabrication and properties of platinum nanoparticles. Rev. Adv. Mater. Sci. 38, 160–175, 2014.

[7] Yamada, M., Foote, M., Prow, T.W. Therapeutic gold, silver, and platinum nanoparticles. Wiley Interdiscip. Rev. Nanomed. Nanobiotechnol. *7*, 428–445, 2015.

[8] Liu, Z.L., Lee, J.Y., Han, M., Chen, W.X., Gan, L.M. Synthesis and characterization of PtRu/C catalysts from microemulsions and emulsions. J. Mater. Chem. 12, 2453–2458, 2002.

[9] Kyung Tae, K., Sung-Ho, J., Seung-Cheol, C., Deog-Su, P. Green Synthesis of Platinum Nanoparticles by Electroreduction of a K_2PtCl_6 Solid-State Precursor and Its Electrocatalytic Effects on H_2O_2 Reduction. Bull. Korean Chem. Soc. 34, 3835–3839, 2013.

[10] Fujimoto, T., Terauchi, S., Umehara, H., Kojima, I., Henderson, W. Sonochemical preparation of Single-Dispersion metal nanoparticles from metal salts. Chem. Mater. 13, 1057–1060, 2001.

[11] Machino, T., Takeuchi, W., Kano, H., Hiramatsu, M., Hori, M. Synthesis of platinum nanoparticles on two-dimensional carbon nanostructures with an ultrahigh aspect ratio employing, supercritical fluid chemical vapor deposition process. Appl. Phys. Exp. 2(2), 025001, 2009.

[12] Kumar, V., Gautam, A., Guleria, P. Platinum Nanoparticles: Synthesis Strategies and Applications. Nanoarchitectonics. 70-86, 2020. https://doi.org/10.37256/nat.122020286.70-86

[13] Beyrdbey, B., Çorbacıoğlu, B., Altın, Z. Synthesis of Platinum Particles from H2PtCl6 with Hydrazine as Reducing Agent, G.U. Journal of Science, 22(4), 351-357, 2009.

[14] Verde, Y., Alonso, G., Ramos, V., Zhang, H., Jacobson, A.J., Keer, A. Pt/C Obtained from Carbon with Different Treatments and $(NH_4)_2PtCl_6$ as a Pt Precursor, Applied Catalysis A: General, 277(1-2), 201-207, 2004.

[15] Quinson, J., Nielsen, T.M., Escudero-Escribano, M., Jensen, K.M.Ø. Room temperature syntheses of surfactant-free colloidal gold nanoparticles: The benefits of mono-alcohols over polyols as reducing agents for electrocatalysis, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 675, 131853, 2023. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.131853.

[16] Xin, Y., Nagata, T., Kato, K., Xu, Y., Shirai, T. Role of polyvinylpyrrolidone in the polyol synthesis of platinum nanoparticles, Nanoscale Adv., 6, 3034-3040, 2024. https://doi.org/10.1039/D4NA00118D.

[17] Narayanan, R. El-Sayed M.A. Effect of catalytic activity on the metallic nanoparticle size distribution: electron-transfer reaction between Fe(CN)6 and thiosulfate ions catalyzed by PVP–platinum nanoparticles. J. Phys. Chem. B 107, 12416–12424, 2003.
[18] Dandapat, A., Mitra, A., Gautam, P.K., De G. A Facile Synthesis of Pt Nanoflowers Composed of an Ordered Array of Nanoparticles. Nanomaterials and Nanotechnology, 3, 2013. https://doi.org/10.5772/56868.
[19] Wu, Y., Song, Z., Deng, G., Jiang, K., Wang, H., Zhang, X., Han, H. Gastric Acid Powered Nanomotors Release Antibiotics for In Vivo Treatment of Helicobacter pylori Infection. Small, 17, 2006877, 2021.
[20] Riddin, T., Gericke, M., Whiteley, C. G. Biological synthesis of platinum nanoparticles: effect of initial metal concentration. Enzyme and microbial technology, 46(6), 501-505, 2010.
[21] Sheny, D.S., Philip, D., Mathew, J. Synthesis of platinum nanoparticles using dried Anacardium occidentale leaf and its catalytic and thermal applications, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 114, 267-271, 2013. https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.05.028.
[22] Rahma, A., Munir, M.M., Khairurrijal, Prasetyo A., Suendo, V., Rachmawati, H. Intermolecular Interactions and The Release Pattern of Electrospun Curcumin Polyvinyl(Pyrrolidone) Fiber. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 39, 2, 163-173, 2016.
[23] Mavukkandy, M., Chakraborty, S., Abbasi, T., Abbasi, S. A. A clean-green synthesis of platinum nanoparticles utilizing a pernicious weed lantana (Lantana camara). American Journal of Engineering and Applied Sciences. 9, 84-90, 2016. https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.84.90.

BİYOMEDİKAL UYGULAMALARDA KULLANILMAK ÜZERE CaO_2 NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi FATİH TURAN
Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği
fatih.turan@deu.edu.tr– ORCID: 0000-0002-9969-0405

Prof. Dr. AYLİN M. DELİORMANLI
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
aylin.deliormanli@cbu.edu.tr – ORCID: 0000-0001-7877-7635

ÖZET

Kalsiyum peroksit (CaO_2), antitümör ve antibakteriyel özellikleri nedeniyle biyomedikal uygulamalarda ilgi gören bir malzemedir. CaO_2 partikülleri su ile reaksiyona girerek, kalsiyum iyonu (Ca^{2+}), oksijen (O_2) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) üretmektedir. Bu çalışmada gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmak üzere CaO_2 nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentez çalışmalarında kalsiyum hidroksit ve polivinil alkol kullanılmıştır. Hazırlanan nanopartiküllerin karakterizasyon çalışmaları X-ışınları difraktometresi (XRD), Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR), UV spektrofotometresi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir. Nanopartiküllerin ayrıca farklı fizyolojik sıvılar (fosfat tamponlu salin, PBS ve simüle mide sıvısı, SGF) içerisinde oksijen üretme davranışı incelenmiştir. Sonuçlar sentezlenen nanopartiküllerin kristalit boyutunun ~11 nm olduğunu göstermektedir. Farklı miktarlardaki (5, 10, 20 mg) CaO_2 nanopartiküllerinin, 3 ml fosfat tamponlu salin (pH: 7.4) ve simüle mide sıvısı (pH 1.2) içerisindeki O_2 üretme davranışının aynı olmadığı görülmüştür. Sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin PBS içerisinde statik koşullar altında 30 dk bekletilmesi sonucu PBS'de çözünmüş O_2 konsantrasyonu 10.2 mg/L seviyesinde ölçülmüştür. Diğer yandan pepsin içermeyen SGF içerisinde 20 mg CaO_2 nanopartiküllerinin varlığında çözünmüş O_2 seviyesi 1.5 dakikada 20 mg/L değerine ulaşmıştır. Kullanılan SGF'nin pepsin içermesi durumunda O_2 üretme seviyesinde bir miktar düşüş olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar, ayrıca çalışma kapsamında sentezlenen nanopartiküllerin hem PBS hem de SGF içerisinde O_2 üretme kapasitesinin 45 güne dek devam ettiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalsiyum peroksit nanopartikülleri, O_2 üretimi, biyomedikal uygulamalar.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, kalsiyum peroksit (CaO_2), antibakteriyel ve antitümör özellikleri nedeniyle biyomedikal alanda öne çıkan bir malzeme haline gelmiştir. CaO_2, su (H_2O) ile reaksiyona girerek kalsiyum iyonu (Ca^{2+}), oksijen (O_2) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) üretmektedir. Üretilen O_2 ve H_2O_2, kanser tedavisinde (reaktif O_2-bazlı kemodinamik terapi, fotodinamik terapi) [1] kullanılabildiği gibi H_2O_2 ek olarak bakteriyel enfeksiyonları tedavi etmek için antibakteriyel ajan olarak da işlev görmektedir [2, 3].

Ayrıca, hidrojel ve polimer bazlı matrisler içerisine yerleştirilen CaO_2 nanopartiküllerin yara iyileşmesinde etkin rol oynadığı raporlanmıştır [4, 5]. Oksijen terapisinin yara iyileşmesini desteklemede etkinliği kanıtlanmış olsa da, sürdürülemez oksijenasyon nedeniyle terapötik etkisi yetersiz kalmaktadır. Li vd. [6] tarafından yapılan bir çalışmada, herhangi bir ek koşul gerektirmeden 7 gün boyunca oksijeni sürdürülebilir şekilde serbest bırakan, polietilen glikol ile modifiye edilmiş kalsiyum peroksit mikropartikülleri içeren bir hidrojel yara örtüsü hazırlanmıştır. Bu şekilde serbest bırakılan oksijenin, hücre göçünü ve anjiyogenezi hızlandırdığı raporlanmıştır [6].

Diğer yandan, steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçların tüketimi ve *Helicobacter pylori* (*H. pilori*) enfeksiyonunun gastrik ülserlere ve mide kanserine yol açtığı bilinmektedir [7, 8]. Yüksek asitli gastrik ortam, *H. Pilori'*nin etkili bir şekilde tedavi edilmesinde antibiyotikler ve proteinler de dahil olmak üzere bazı terapötik ajanların verilmesi için fizyolojik engellere yol açmaktadır. Yüksek asidik ortamı geçici olarak nötralize etmek ve yerel fizyolojik parametreleri ayarlamak için yeni bir strateji ilacın etkinliğinin azalmasını engelleyebilir ve geri döndürülemez hasarı önleyebilir. Wu vd. [9] tarafından gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisi üzerine yapılan bir çalışmada mikromotorlarda kullanılan CaO_2 ile gastrik sıvı arasındaki kimyasal reaksiyon, protonların hızlı bir şekilde tüketilmesine yol açarak gastrik asidi geçici olarak nötralize etmiştir [9].

Biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere kalsiyum peroksit sentezi, öncelikle kalsiyum tuzu yöntemi, kalsiyum oksit (CaO) yöntemi ve kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) yöntemi olarak sınıflandırılan farklı yaklaşımları içermektedir. Kalsiyum hidroksit yöntemi içinde geleneksel yöntem, püskürtmeli kurutma yöntemi ve hava katot yöntemi olmak üzere üç yaklaşım bulunmaktadır [2, 3].

Kalsiyum tuzu yöntemi, CaO_2 hazırlamak için en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem tipik olarak öncül kalsiyum klorür veya kalsiyum nitrat gibi çözünür kalsiyum tuzlarının kullanımını, suda çözünmeyen CaO_2'yi çökeltmek için kalsiyum tuzlarının alkali sulu çözeltisine bir dengeleyici ile hidrojen peroksit (H_2O_2) eklenmesini içermektedir. Prosedür, yan ürün olan hidroklorik asidi nötralize etme ve reaksiyon sürecini hızlandırma gibi ikili etkiye sahip alkali bir ortam yaratmak için amonyağın da sisteme eklenmesini gerektirir [10]. Ancak, bu yöntemde bir stabilizatörün olmaması reaksiyonların düşük sıcaklıkta oluşmasını gerektirmekte, bu durum da sürece karmaşıklık eklemektedir.

Kalsiyum hidroksit yönteminde ise CaO_2 kalsiyum hidroksitin H_2O_2 ile doğrudan reaksiyonu yoluyla sentezlenmektedir. Katkı maddesi olmadan yüksek ürün verimi ve saflığı elde etmek, reaksiyonun 0–5 °C' lik düşük bir sıcaklıkta yürütülmesini gerektirmektedir [11, 12]. Bununla birlikte, amonyum klorür, fosfat, karbonat veya sodyum silikat gibi stabilizatörlerin dahil edilmesi, ürünün ortam koşullarında hazırlanmasına yardımcı olmaktadır [12, 13].

Bu çalışmada gastrik ülser gibi gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmak üzere CaO_2 nanopartikülleri, kalsiyum hidroksit yöntemi ile sentezlenmiştir. Nanopartiküllerin stabilitesini ve dispersiyonunu arttırmak için polivinil alkol (PVA) yüzey modifiye edici ajan olarak kullanılmıştır. Hazırlanan nanopartiküllerin fosfat tamponlu salin ve simüle mide sıvısı içerisinde O_2 üretme yetenekleri zamana bağlı olarak incelenmiştir.

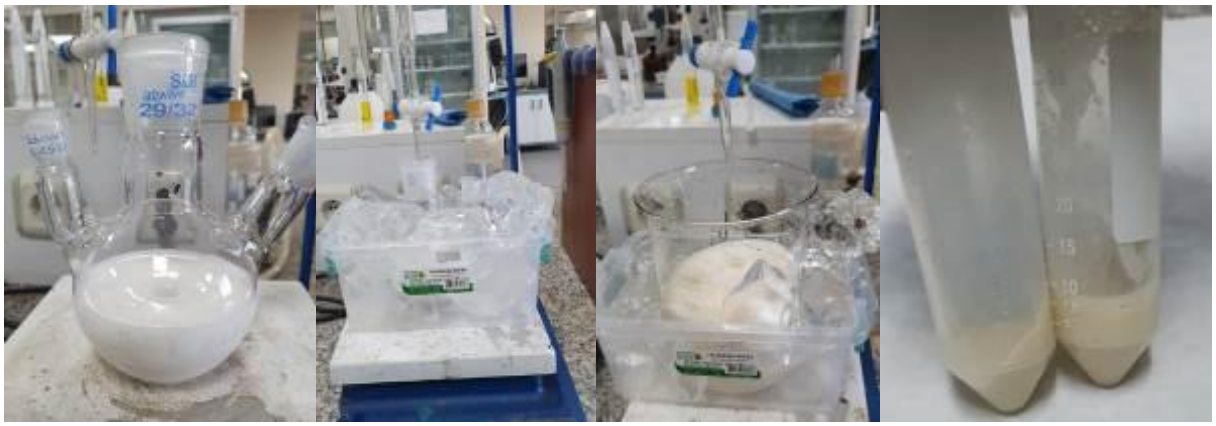
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan $Ca(OH)_2$, polivinil alkol (87-90% hidrolize, M_w 30.000-70.000) ve H_2O_2 solusyonu (30 wt. % H_2O, ACS reagent) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. SGF hazırlamada kullanılan sodyum klorür (NaCl), hidroklorik asit (HCl), pepsin (domuz mide mukozasından elde edilmiş, ≥400 units/mg protein) Sigma-Aldrich'ten alınmıştır.

2.2. CaO_2 Sentezi

İlgili nanopartiküllerin sentezi Wu vd. [9] tarafından raporlanan yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 6 g $Ca(OH)_2$ 120 mL deiyonize su içinde çözülerek 0.096 g polivinil alkol (PVA) bu çözeltiye eklenip oda sıcaklığında 1 saat karıştırılmıştır. Ardından 63.46 mL %30 H_2O_2 sulu çözeltisi sürekli karıştırılarak yavaşça bu karışıma damla damla eklenmiş ve 15 dakika boyunca buz banyosunda CaO_2 nanopartikülleri oluşana dek karıştırılmaya devam edilmiştir. Reaksiyon tamamlandığında, karışımda katı-sıvı ayrımı için santrifüj uygulanmış ve oluşan nanopartiküller deiyonize su ve izopropanol ile yıkanarak kurutulmuştur (Görsel 1).



Görsel 1. CaO_2 nanopartikül sentezi aşamalarını gösteren fotoğraflar.

2.3. Karakterizasyonlar

Çalışma kapsamında sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss Gemini 500) ile yapısal ve optik özellikleri FTIR-ATR spektrometresi (Thermo Nicolet, IS20) ve UV-Vis spektrofotometresi (Thermo Evolution 201) ile incelenmiştir. Hazırlanan partiküllerin, kristal yapısı X-ışını difraktometresi (Thermo Scientific ARL X'TRA) ile analiz edilmiştir.

Hazırlanan nanopartiküller farklı konsantrasyonlarda (5, 10, 20 mg), pH değeri 7.4 olan 3 ml fosfat tamponlu salin (PBS) ya da pH değeri 1.2 olan simüle mide sıvısı (SGF) içerisinde tutularak zaman bağlı olarak fizyolojik sıvıların çözünmüş oksijen seviyelerindeki değişim O_2 metre (WTW 9310, FDO 925 probu ile) kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca, CaO_2 nanopartikülleri içeren fizyolojik sıvıların inverted mikroskop (Nikon TS2-FL) ile görüntüleri alınmıştır.

Çalışmada SGF hazırlanmasında 2 gr NaCl ve 7 ml HCl kullanılmış olup pepsin içerecek şekilde hazırlanması durumunda 3.2 gr pepsin ilave edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin FTIR ve UV spektrumları Göresl 2 (a-c)' de verilmektedir. FTIR spektrumlara göre, 855 ve 875 cm^{-1} civarındaki pikler CaO_2'nin O–O grubuna karşılık gelmektedir. Ayrıca, CaO_2'nin 590 cm^{-1}'deki piki ve 1487 cm^{-1}'deki geniş band O–Ca–O titreşimlerine [14] atfedilmiştir. İlaveten, O–H gerilme bandını temsil eden 3640 cm^{-1} civarında keskin bir pik de gözlenmiştir.

PVA'nın FTIR spektrumuna bakıldığında 1085–1150 cm^{-1} arasındaki band C–O–C bağlarına aittir. 1461–1417 cm^{-1} arasında band CH_2, 1750–1735 cm^{-1} arasındaki band C=O gruplarını temsil etmektedir. 2840–3000 cm^{-1}'deki band C-H alkil gruplarına atfedilmiştir [15]. Görsel 2-c'ye göre, sentezlenen CaO_2 nanopartikülleri için karakteristik bir UV-vis absorpsiyon piki tespit edilememiştir.

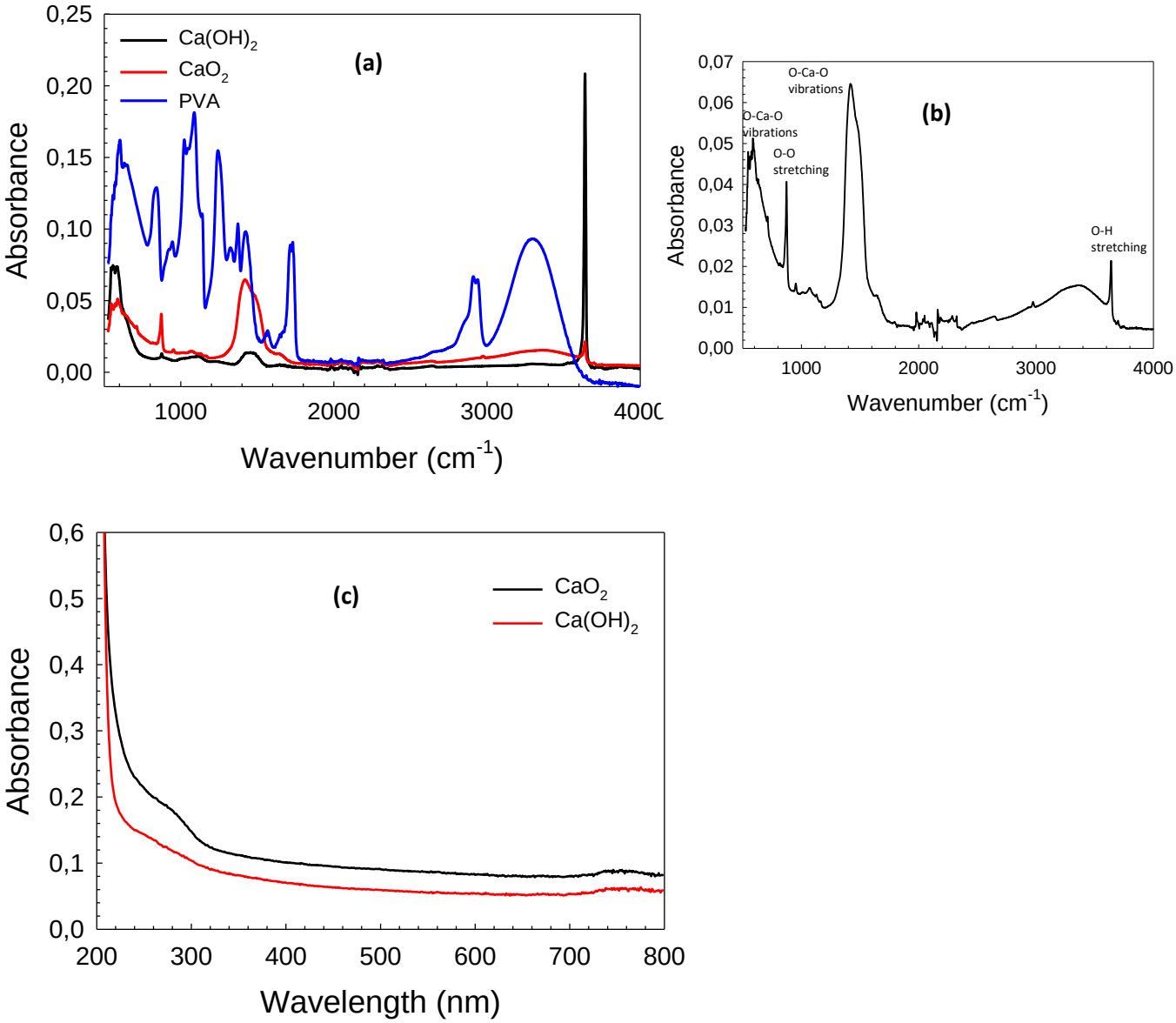
CaO_2'nin X-ışını kırınım deseni Görsel 3'de gösterilmektedir. Buna göre, ilgili patternde (002), (110), (112), (103) ve (202) düzlem yansımaları mevcuttur ve CaO_2 ilgili JCPDS dosyası (No:03-0865) için referans desenlerle eşleşmektedir. Sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin ortalama kristalit boyutu, Debye-Scherrer denklemine (denklem 1) göre XRD deseninden [(110) düzlemine göre, 2θ: 35.38] belirlenmiştir:

$$D=K\lambda/\beta.\cos\theta \quad \text{.....(1)}$$

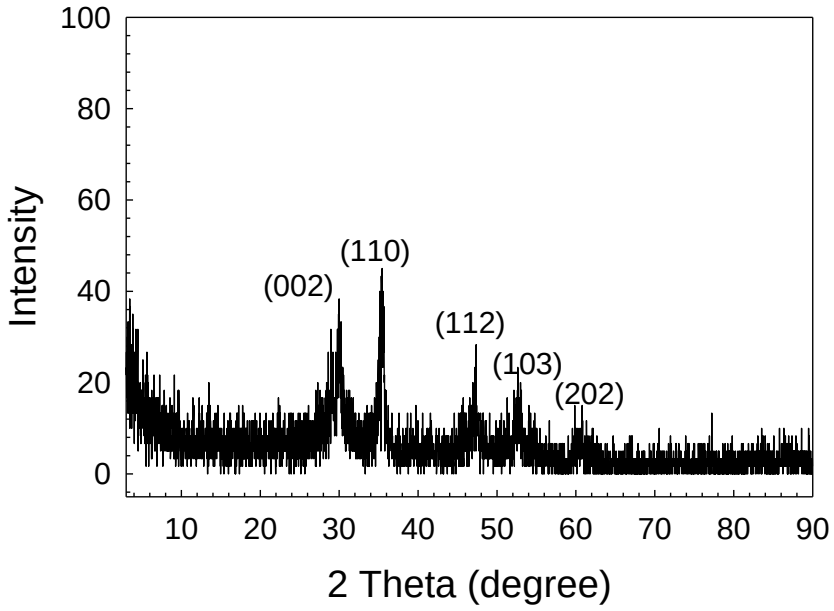
burada K, 0.89'a eşit Debye-Scherrer sabitidir, β, (110) pikinin yarı maksimumundaki tam genişliktir (FWHM), θ Bragg açısıdır (radyan cinsinden) ve λ , X-ışını dalga uzunluğuna eşittir 1,5406 Å. Scherrer denkleminden ortalama kristalit boyutu (110) düzlemine göre **10.89 nm** olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Ancak, sulu çözeltilerde hazırlanan CaO_2 nanopartikülleri, CaO_2'nin suda hidrolizi nedeniyle aglomerasyona meyillidir ve genellikle küresel aglomeratlar oluşturmaktadır [16] . Sentez esnasında PVA'nın kullanılması ile topaklanma sorunu bir miktar azaltılsa da elde edilen

nanopartiküller nispeten düzensiz bir morfoloji ve geniş boyut dağılımına sahip olmuştur. SEM mikrograflarına göre hazırlanan nanopartiküllerin kristal boyutunun yaklaşık 50-100 nm aralığında olduğu anlaşılmaktadır.



Görsel 2. Sentezlenen CaO_2 nanopartikülleri ve başlangıç malzemelerinin (a), (b) FTIR spektrumları (c) UV-Vis spektrumları.



Görsel 3. Sentezlenen nanopartiküllerin XRD deseni.

Çizelge 1. Nanopartiküllerin XRD analiz sonuçlarına göre elde edilen kristal özellik parametreleri.

Miller indisleri (hkL)	Pik pozisyonu (2θ)	FWHM (Pik yarı yükseklik)	Kristalit büyüklüğü (nm)
(002)	29.80	2.890	4.960
(110)	35.38	0.800	10.89
(112)	47.18	1.142	7.920
(103)	52.68	0.857	9.640

İlaca dirençli bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde metal ya da metal oksit nanopartiküllerin kullanılma potansiyellerinin olduğu bilinmektedir [17]. Bu nanopartiküllerin antimikrobiyal kabiliyetini etkinleştirmede en önemli parametre reaktif oksijen türleri (ROS) tarafından oluşturulan oksidatif strestir. Ancak, anaerobik bir ortamda düşük oksijen konsantrasyonu, ROS oluşumunu önlemekte ve çoğu metal ve metal oksit nanopartikülünün anaerobik bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesini azaltmaktadır. Oksijen yokluğunda etkili bir şekilde hidrojen peroksit (H_2O_2) üretebilen CaO_2, bu nedenle bu soruna potansiyel bir çözüm sunmaktadır [16]. Su ile temas ettiğinde CaO_2, sırasıyla aşağıdaki reaksiyonlara göre H_2O_2 ve O_2 üretmek üzere hidrolize olmaktadır [16]:

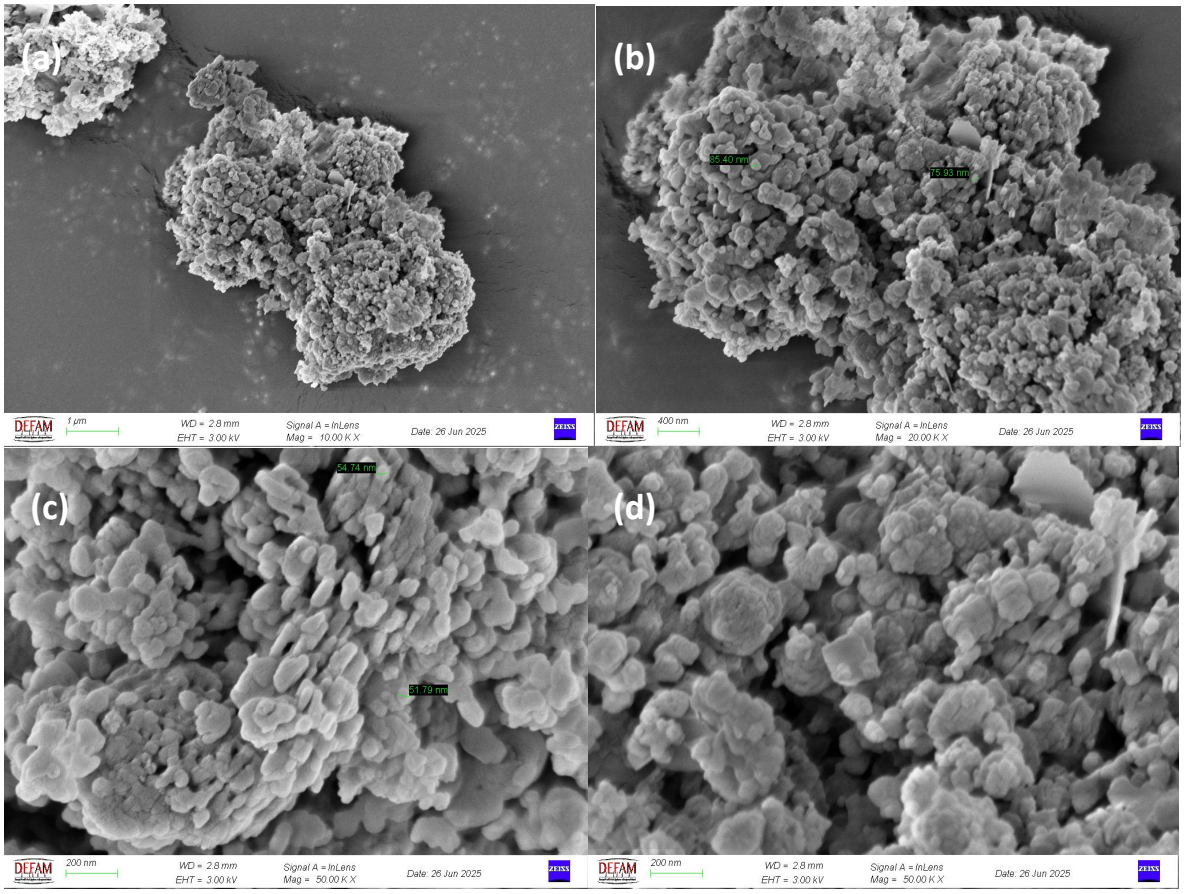
$$CaO_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2O_2$$
$$2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$$

Görsel 5, içerisinde CaO_2 nanopartikülleri bulunan fizyolojik sıvıların çözünmüş oksijen konsantrasyonlarındaki değişimi ifade eden grafikleri göstermektedir. Buna göre, 30 dakika

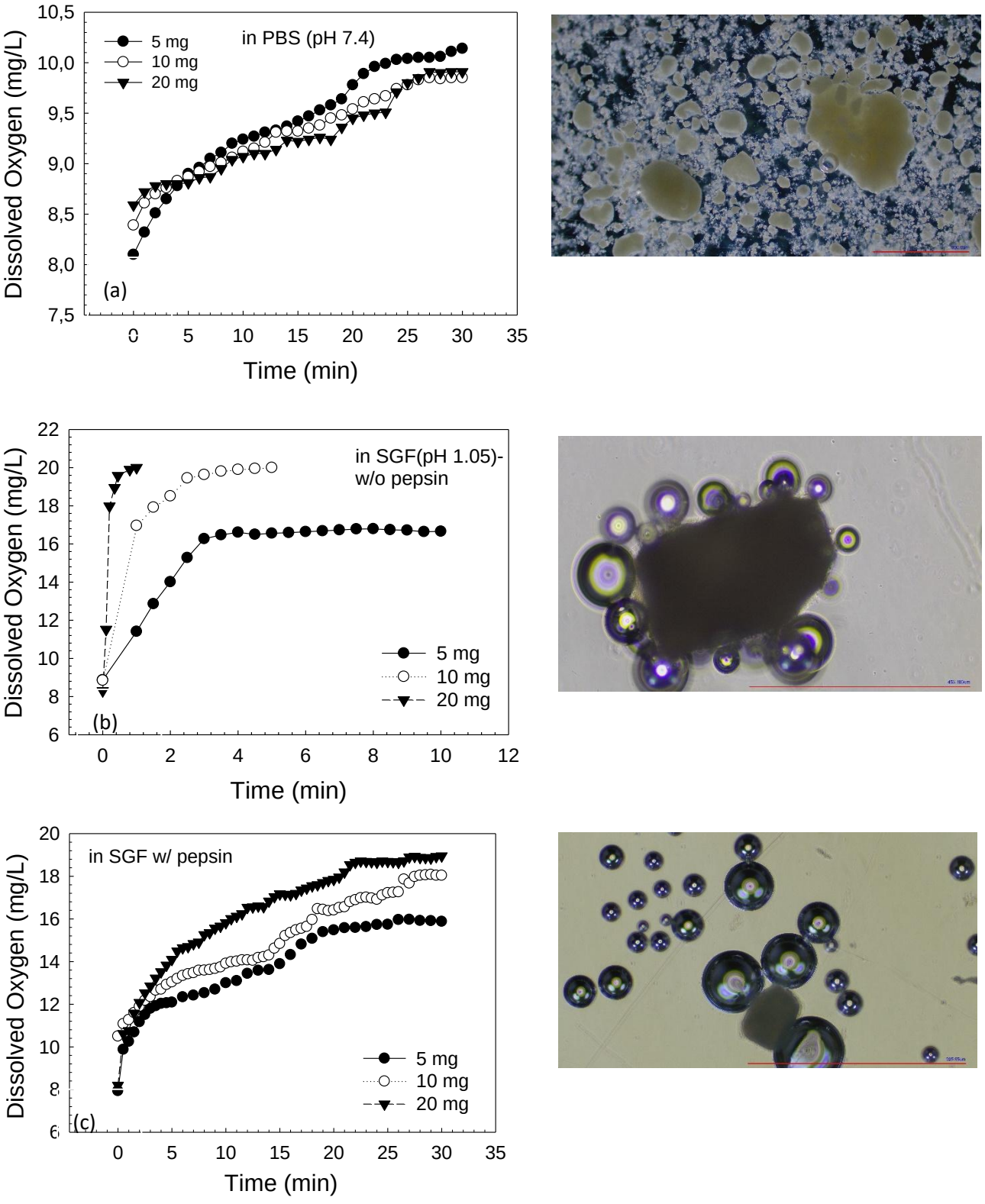
sonunda PBS ortamında (pH 7.4) çözünmüş oksijen konsantrasyonu 9.8-10.2 mg/L seviyesine ulaşırken, CaO_2 miktarının oluşan O_2 üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Diğer yandan pepsin içermeyen SGF içerisinde 20 mg CaO_2 nanopartiküllerinin varlığında çözünmüş O_2 seviyesi 90 saniyede, 10 mg nanopartikül varlığında ise 5 dakikada 20 mg/L değerine ulaşmıştır.

Kullanılan SGF'nin midede salgılanan bir enzim olan pepsin [18] içermesi durumunda, ortamın pH seviyesinde yükselmeye (pH 1.41) ve viskozite değişikliğine bağlı olarak O_2 üretme hızında düşüş olduğu gözlenmiştir.

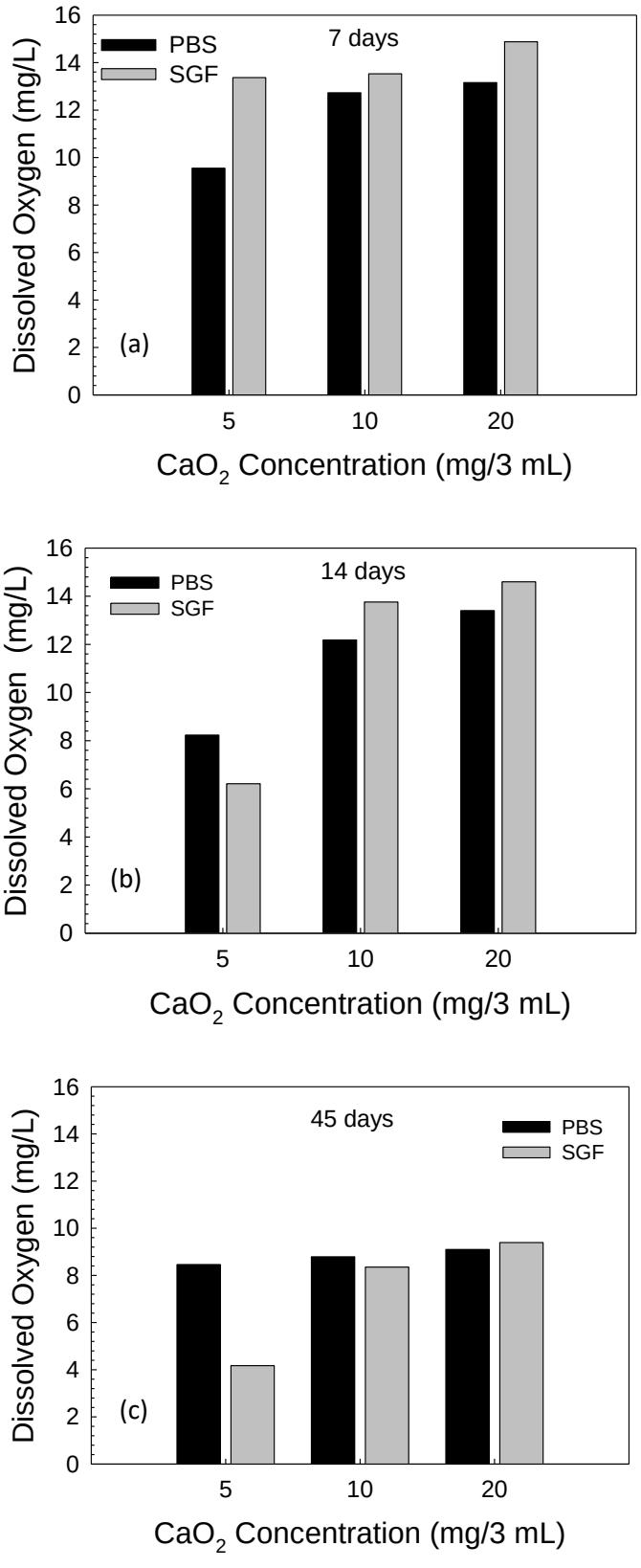
Sonuçlar, ayrıca çalışma kapsamında sentezlenen nanopartiküllerin hem PBS hem de SGF içerisinde O_2 üretme kapasitesinin 45 güne dek devam ettiğini göstermiştir (Görsel 6). Oksijenin sudaki çözünürlüğü suyun sıcaklığına ve havaya maruz kalmasına bağlıdır. Ancak, deiyonize suyun ortam sıcaklığında açıkta durması durumunda, dengeye ulaştıktan sonra yaklaşık 6.6 ppm çözünmüş oksijen içerdiği raporlanmıştır [19]. İçerisinde 20 mg CaO_2 nanopartiküllerinin bulunduğu fizyolojik sıvılar ağzı kapalı bir şekilde 14 gün ve 45 gün bekletildiğinde çözünmüş O_2 konsantrasyonunun sırasıyla 14.5 mg/L ve 9.4 mg/L seviyesinde olduğu anlaşılmıştır.



Görsel 4. Sentezlenen örneklerin farklı büyütmelerdeki SEM mikrografları, skala bar: (a) 1µm, (b) 400 nm, (c),(d) 200 nm.



Görsel 5. İçerisinde CaO_2 nanopartikülleri bulunan fizyolojik sıvıların çözünmüş oksijen konsantrasyonlarındaki değişimi gösteren grafikler (a) PBS, (b) SGF-pepsinsiz, (c) SGF-pepsinli. İlgili sıvılar içerisinde CaO_2 degredasyonu ve O_2 oluşumuna ait optik mikroskop görüntüleri.



Görsel 6. İçerisinde farklı miktarlarda CaO_2 nanopartikülleri bulunan PBS ve SGF'nin çözünmüş oksijen konsantrasyonlarındaki değişimi gösteren grafikler; (a) 7 gün, (b) 14 gün, (c) 45 gün.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada gastrointestinal sistem rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmak üzere CaO_2 nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, $Ca(OH)_2$'nin PVA varlığında sulu bir çözeltide H_2O_2 ile reaksiyona sokulmasıyla, CaO_2 mikropartikülleri elde edilmiştir. Sonuçlar sentezlenen nanopartiküllerin kristalit boyutunun ~11 nm, kristal boyutunun ~50-100 nm aralığında olduğunu ve nanopartiküllerin su bazlı ortamda biraraya gelerek aglomeratlar oluşturduğunu göstermektedir. Sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin PBS içerisinde statik koşullar altında 30 dakika bekletilmesi sonucu PBS'de çözünmüş O_2 konsantrasyonu 10.2 mg/L seviyesinde ölçülmüştür. Diğer yandan pepsin içermeyen SGF içerisinde 20 mg CaO_2 nanopartiküllerinin varlığında çözünmüş O_2 seviyesi 1.5 dakikada 20 mg/L değerine ulaşmıştır. Sonuçlar, ayrıca çalışma kapsamında sentezlenen nanopartiküllerin hem PBS hem de SGF içerisinde O_2 üretme kapasitesinin 45 güne dek devam ettiğini göstermiştir. Sentezlenen CaO_2 nanopartiküllerinin *H. Pilori* kaynaklı mide enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılma potansiyeli olabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 223M255 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

[1] Tomioka, D., Fujita, S., Matsusaki, M. Controlled Release of Oxygen from Calcium Peroxide in a Weak Acidic Condition by Stabilized Amorphous Calcium Carbonate Nanocoating for Biomedical Applications. ACS Omega. 25, 9(5), 5903-5910, 2024. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09406.

[2] Wu, X., Han, X., Guo, Y., Liu, Q., Sun, R., Wen, Z. & Dai, C. Application prospect of calcium peroxide nanoparticles in biomedical field. Reviews on Advanced Materials Science, 62(1), 20220308, 2023. https://doi.org/10.1515/rams-2022-0308.

[3] Zhang, S., He, C., Zhu, Y. The Progress and Prospect of calcium peroxide nanoparticles in antibacterial activity, Colloid and Interface Science Communications, 61, 100793, 2024. https://doi.org/10.1016/j.colcom.2024.100793.

[4] Yu, H., Sun, J., She, K., Lv, M., Zhang, Y., Xiao, Y., Liu, Y., Han, C., Xu, X., Yang, S., Wang, G., Zang, G. Sprayed PAA-CaO_2 nanoparticles combined with calcium ions and reactive oxygen species for antibacterial and wound healing. Regenerative Biomaterials 10, rbad071, 2023. https://doi.org/10.1093/rb/rbad071.

[5] Lee, S., Kang, J.I., Kim, Y., Park, K.M., Oxygen-generating tissue adhesives via CaO_2-mediated oxygen generation and in situ catechol oxidation for wound management, Composites Part B: Engineering, 266,110951, 2023. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.110951.

[6] Li, N., Lu, X., Yang, Y., Ning, S., Tian, Y., Zhou, M., Wang, Z., Wang, L., Zang, J. Calcium Peroxide-Based Hydrogel Patch with Sustainable Oxygenation for Diabetic Wound Healing. Advanced Healthcare Materials, 13, 2303314, 2024. https://doi.org/10.1002/adhm.202303314.
[7] Papatheodoridis, G.V., Sougioultzis, S., Archimandritis, A.J. Effects of Helicobacter pylori and Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs on Peptic Ulcer Disease: A Systematic Review, Clinical Gastroenterology and Hepatology, 4, 2, 130-142, 20226. https://doi.org/10.1016/j.cgh.2005.10.006.
[8] Ji, K.Y., Hu, F.L. Interaction or relationship between Helicobacter pylori and non-steroidal anti-inflammatory drugs in upper gastrointestinal diseases. World Journal of Gastroenterology, 28, 12(24), 3789-92, 2006. https://doi.org/10.3748/wjg.v12.i24.3789.
[9] Wu, Y., Song, Z., Deng, G., Jiang, K., Wang, H., Zhang, X., Han, H. Gastric Acid Powered Nanomotors Release Antibiotics for In Vivo Treatment of Helicobacter pylori Infection. Small, 17, 2006877, 2021.
[10] Ali, M., Farooq, U., Lyu, S., Sun, Y., Li, M., Ahmad, A., Shan, A., Abbas, A., Synthesis of controlled release calcium peroxide nanoparticles (CR-nCPs): Characterizations, H_2O_2 liberate performances and pollutant degradation efficiency, Separation and Purification Technology, 241, 116729, 2020. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116729.
[11] Qian, Y., Zhou, X., Zhang, Y., Zhang, W., Chen, J. Performance and properties of nanoscale calcium peroxide for toluene removal. Chemosphere, 91, 717–723, 2013.
[12] Ji, C., Lu, Z., Xu, Y., Shen, B., Yu, S., Shi, D. Self-production of oxygen system CaO_2/MnO_2@PDA-MB for the photodynamic therapy research and switch-control tumor cell imaging. Journal of Biomedical Materials Research: Part B Applied Biomaterials, 106 (7), 2544-2552, 2018.
[13] Amerhaider Nuar, N. N., Jamil, S. N. A., Choong, T. S. Y., Mat Azmi, I. D., Abdul Romli, N. A., Abdullah, L. C., Chiang, P.-C., Li, F. Synthesis of Calcium Peroxide Nanoparticles with Starch as a Stabilizer for the Degradation of Organic Dye in an Aqueous Solution. Polymers, 15(5), 1327, 2023. https://doi.org/10.3390/polym15051327.
[14] Li, F., Choong, T.S.Y.,Soltani, S., Chuah Abdullah, L., Jamil, S.N.A., Amerhaider Nuar, N.N. Investigation of Glyphosate Removal from Aqueous Solutions Using Fenton-like System Based on Calcium Peroxide. Processes 10, 2045, 2022.
[15] Herman, S. Mansur, Carolina M. Sadahira, Adriana N. Souza, Alexandra, A.P. Mansur, FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde, Materials Science and Engineering: C, 28, 4, 539-548, 2008. https://doi.org/10.1016/j.msec.2007.10.088.
[16] Shen, S., Mamat, M., Zhang, S., Cao, J., Hood, Z.D., Figueroa-Cosme, L., Xia, Y. Synthesis of CaO_2 Nanocrystals and Their Spherical Aggregates with Uniform Sizes for Use as a Biodegradable Bacteriostatic Agent. Small, 15, 1902118, 2019. https://doi.org/10.1002/smll.201902118
[17] Li, X., Robinson, S.M., Gupta, A., Saha, K., Jiang, Z., Moyano, D.F., Sahar, A., Riley, M.A., Rotello, V.M. Functional Gold Nanoparticles as Potent Antimicrobial Agents against Multi-Drug-Resistant Bacteria. ACS nano, 8, 10682, 2014.
[18] Fruton, J.S. A History of Pepsin and Related Enzymes, The Quarterly Review of Biology, 77:2, 127-147, 2002.

[19] Sidhu, A. Testing For Dissolved Oxygen Levels, pH, and Nitrate and Phosphate Concentration in a Water Sample from the American River. American Journal of Biomedical Science and Research, 19(5), 683-688, 2023, AJBSR.MS.ID.002637.

WHAT IS THE NONDESTRUCTIVE TESTING?

Doç. Dr. NECİP ÜNLÜ
İstanbul Teknik Üniversitesi
unlu@itu.edu.tr - https://orcid.org/0000-0001-5850-6272

ABSTRACT

Nondestructive testing (NDT) is an examination, test, or evaluation performed on any type of test object without changing that object in any way, to determine the absence or presence of conditions or discontinuities that may affect the usefulness or serviceability of that object. Non-destructive testing (NDT) is a mechanism used by engineers to detect defects in materials and structures, either during manufacturing or while in service. In the current study, the historical developments of the nondestructive techniques, their limitations, and benefits have been presented in detail. The destructive testing methods are also discussed. The important conditions for effective NDT are given.

Key Words: Nondestructive Testing, Visual Testing, Penetrant Testing, Radiographic Testing, Destructive Testing

1. INTRODUCTION – DEFINITION OF THE NDT

Each industrial product presents a specific function. The customers purchase those products with the expectation of problem-free service, indicating the reliability. The reliability of any product is directly related to its quality degree, which can be described by the absence of any possible defects and imperfections. Therefore, achieving higher product quality leads to increased product reliability, which in turn improves economic returns for users. However, the methods that allow products to be examined for defects without affecting their performance are of great importance [1]. According to the American Society of Nondestructive Testing (ASTN), Non-Destructive Testing (NDT), Non-Destructive Evaluation (NDE), and Non-Destructive Inspection (NDI) are the terminologies used to present the techniques for examining any product with technology that does not affect its future usefulness [2]. Another definition is given by Robert A. Smith as follows ‘Non-destructive testing (NDT) is a mechanism used by engineers to detect defects in materials and structures, either during manufacturing or while in service’ [3]. NDT is an examination, test, or evaluation of any type of industrial product without

changing or altering that product in any way, to detect the absence or presence of defects that cause significant consequences on the usefulness or serviceability of that product [4, 5].

The NDT is not only used in industry or science, but it is a process that we use unconsciously in our daily lives [5-7]. For example, when a coin is dropped into the slot of the vending machine, and the selection is made, then we can reach down for our candy bar, or bottled drinks. During that short stage, such as in a few seconds, the coin is subjected to a series of nondestructive tests. The coin is examined for size, shape, and magnetic properties, and sometimes weight and elastic properties. At the end of these quickly performed tests, the coin is still in good condition and useful [5-7]. Another good example of nondestructive testing is selecting melons at the shopping malls. We can just pick one of the melons, then look at the flaws, tailor color – these are visual inspections. Also, we try to decide the ripeness by tapping the surface of the melon, and listening for the hollow echoes – that is, the acoustic nondestructive testing. We would easily slice the melon, then check the taste, thus its ripeness, but that type of examination would certainly change its future usefulness (**Figure 1**).



Figure 1. Are You Picking The Right Watermelon? [8].

It should be noted that the nondestructive testing never changes the physical properties of the test specimen [6]. Besides, many nondestructive tests may change the test specimen without affecting its service functions. For example, to evaluate submicron cracking formation due to the pressure in gas, and liquid containers, and pressurizing tanks, acoustic emission is regularly used. Changing the tank structure in some level due to the acoustic emission does not affect its usefulness as a pressurizing tank [6].

Furthermore, one of the most exclusive nondestructive testing instruments is the human body, and all the human senses provide the most accomplished and unique nondestructive testing path. In the industry, usage of nondestructive testing covers the following works, such as examining raw materials before processing, evaluating materials during processing, examining final finished products, and evaluating the products during their service time [5].

Generally, the nondestructive testing methods used are X-ray radiography, ultrasonics, magnetic particle, eddy current, dye penetrant, and visual examinations [3].

2. HISTORY OF NONDESTRUCTIVE TESTING

While thinking about the historical point of nondestructive testing, there is a keynote that 'In the beginning, God created the heavens and the earth, and God saw that it was good'. (**Figure 2**). Identification that 'the heaven and the earth were good' is the beginning of a nondestructive test – a visual test [5].



Figure 2. Earth from the space [5].

In antique times, the audible tone produced by cooling Damascus steel due to the thermal contraction, and microstructural transition would be an interesting 'sonic' test. The blacksmiths used that 'sonic' technique while shaping the different metals. This method was also used by early bell-makers [5]. **Table 1** presents chronologically the fundamental events in the nondestructive testing [5]. The development of the fundamental nondestructive testing methods is shown in **Figure 3** [7]. It is clear that till World War II, the growth of the NDT methods was significantly slow due to the unusually large safety factors in many industrial products such as pressure vessels, and complex components of that time [7]. After World War II, the significance of discontinuities and imperfections of any industrial product became more important. By the time, an indicative growth of all the NDT methods in both industrial and scientific applications has been observed [7].

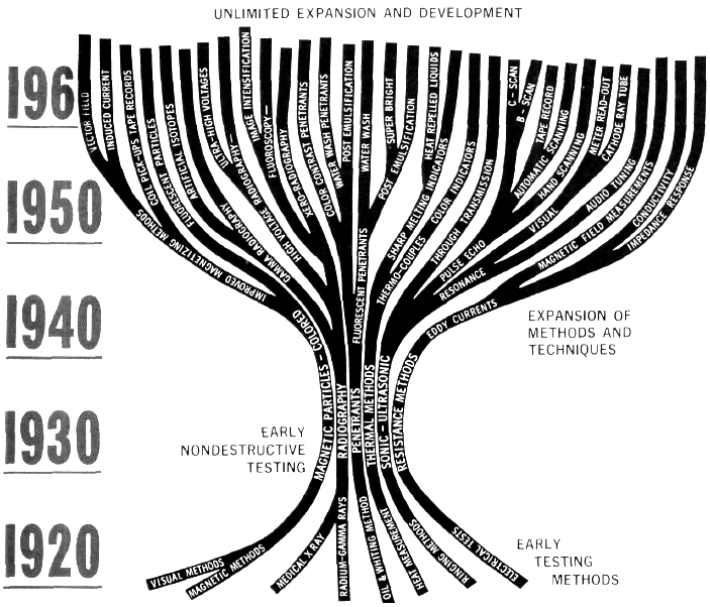


Figure 3. The growth of the fundamental nondestructive testing methods [7].

Table 1. The fundamental events in the nondestructive testing are listed chronologically [5].

BC	Visual testingis the first NDT method. God creates the heaven and earth ans sees that is good !
1800	First thermography observationsby Sir William Herschel
1831	First observation of electromagnetic induction by Michael Faraday
1840	First infrared image produced by Herschel's son.
1868	First reference to magnetic particle testing reported by S.H. Saxby by observing how magnetized gun barrels affect a compass
1879	Early use of eddy currents to detect differences in conductivity, magnetic permeability, and temperature initiated by E. Hughes
1880-1920	Oil and whiting technique, forerunner of present-day penetrant test, used railroad axles and boilerplates
1895	X-rays were discovered by Wilhelm Conrad Roentgen
1898	Radium was discovered by Marie and Pierre Curie
1922	Industrial Radiography for metal was developed by Dr. H.H. Lester
1927-1928	An electric current induction/magnetic field detection system has been developed by Dr. Elmer Sperry and H.C. Drake for the inspection of railroad track
1929	Magnetic particle test/equipment pioneered by a.V. de Forest and F.B. Doane

1929	First experiment using quartz transducers to create ultrasonic vibrations in materials were conducted by S.Y. Sokolov in Russia
1930	Practical uses for gamma radiaography using radium were demonstrated by Dr. Robert F. Mehl
1935-1940	Penetrant techniques developed by Betz, Doane, and DeForest
1935-1940s	Eddy current instrument developments by H.C. Knerr, C. Farrow, Theo Zuschlag, and Dr. F. Foerster
1940-1944	Ultrasonic test method developed in the USA by Dr. F. Firestone
1942	First ultrasonic flaw detector using pulse-echo introduced by D.O. Sproule (United Kingdom)
1946	First portable ultrasonic thickness measuring instrument, the Audigage, was introduced by Branson
1950	Acoustic emission introduced as an NDT method by J. Kaiser
Mid-1950s	First ultrasonic immersion B and C scan instruments developed by Donald C Erdman

3. SELECTION OF THE NDT METHODS

In **Table 2**, the selection of the NDT methods is listed for metallurgical-related defects [9].

Table 2. Selection of the NDT methods [9].

Defect	Method	Defect	Method
Bursts (wrought metals)	Ultrasonic testing	Inclusions (wrought metals)	Eddy current, Ultrasonic testing
Cold shuts (castings)	Liquid penetrant inspection	Laminations (wrought metals)	Ultrasonic testing
Fillet cracks (bolts) (wrought metals)	X-radiography, Ultrasonic testing, Liquid penetrant inspection	Laps and seams (rolled metals)	Liquid penetrant inspection, magnetic particle inspection (ferrous)
Grinding cracks	Liquid penetrant inspection	Laps and seams (wrought metals)	Magnetic particle inspection (ferrous), liquid penetrant inspection, Ultrasonic testing, Eddy current
Heat treat cracks (near areas of stress)	Liquid penetrant inspection, Magnetic particle inspection	Microshrinkage (magnesium casting)	X-radiography, Liquid penetrant inspection
Tubing cracks (non ferrous)	Eddy current	Gas porosity (welds)	X-radiography, Ultrasonic testing, Eddy current

Hydrogen flake (ferrous)	Ultrasonic testing, Magnetic particle inspection	Unfused porosity (Aluminum)	Ultrasonic testing, Liquid penetrant inspection
Hydrogen embrittlement (ferrous)	Magnetic particle inspection	Stress corrosion cracking	Liquid penetrant inspection
Inclusions (welds)	X-radiography	Hot tears (ferrous castings)	X-radiography, Magnetic particle testing

Basic NDT applications, such as the X-ray radiography of welds, eddy current testing of heat exchanger tubing, ultrasonic thickness measurements on piping and pressure vessels, or dye penetrant inspection of flaws and defects indicates that the NDT is a valuable technological tool for all engineering disciplines involving process control, instrument development, nuclear power, laser technology. Further, the NDT as a highly valuable tool for the Biblical experts or art evaluators would be acceptable [10]. Robert I. Johnson published a series of articles on the 'Shroud of Turin' in the 1979s. From the death of Christ till now, 43 burial shrouds of Christ have been found unexpectedly. All of those linens except the Shroud of Turin have been found out as fakes. However, the authenticity of the Shroud of Turin was evaluated as doubtful. As shown in **Figure 4**, the Shroud of Turin has an unclear image of a crucified man. **Figure 5** presents a negative form of the crucified man on the shroud. A group of scientists and researchers, equipped with NDT techniques of light microscopy, electron microscopy, radiographic examination, X-ray fluorescent spectroscopy, infrared ultraviolet, and visible photography, and computer enhancement techniques, have reported the following observations: There were no any pigments, paints, or stains on the fibers of the shroud. The thread and pollen specimens taken from the shroud exhibited that its origin was from Turkey and Palestine near Jerusalem. In 1978, the scientists decided that the Shroud has an image of a scourged, crucified man, and it is not an artist's work. Besides, the biggest mystery was about the formatiıon of that image on the Shroud. Additionally, the scientists stated that no clue was observed whether that crucified man was Christ [10].

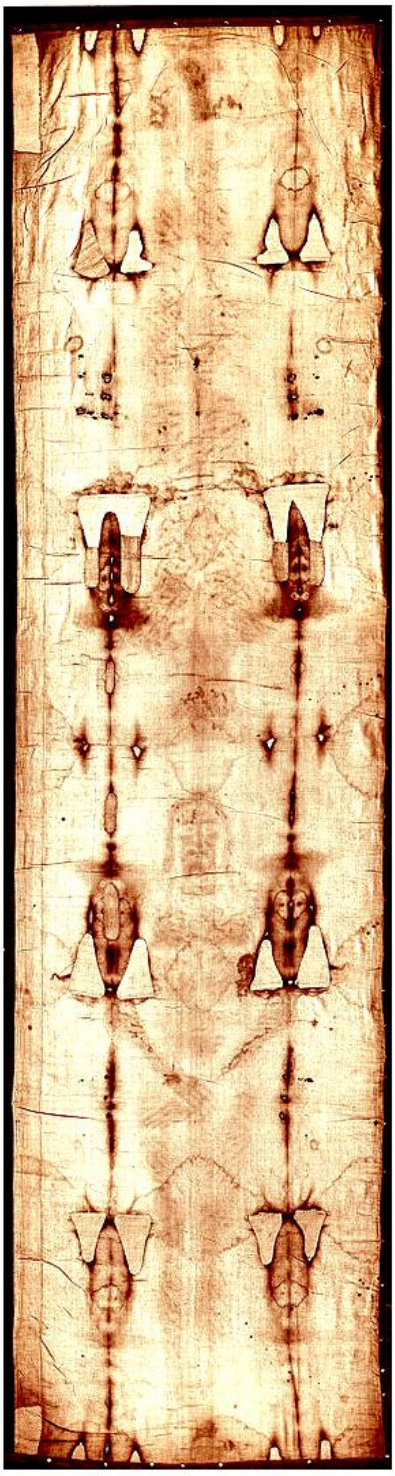


Figure 4. The Shroud of Turin, has an unclear image of a crucified man [10].



Figure 5. A negative form of the crucified man on the shroud [10].

4. NONDESTRUCTIVE TESTING VERSUS DESTRUCTIVE TESTING

The destructive testing is commonly described as a characterization of mechanical tests, and may be in the dynamic or static form. Destructive testing provides very useful and quite precise information covering the ultimate tensile strength, yield point, elongation characteristics, ductility, fatigue life, toughness, corrosion properties, toughness, and hardness [5]. In **Table 3**, the comparison of the destructive and nondestructive tests is summarized [1]. The NDT approves the optimum utilisation of components without sacrificing safety.

Table 3. The advantages and limitations of nondestructive testing over destructive testing [1].

Destructive tests	**Nondestructive tests**
Advantages	**Limitations**
1.Measurements are direct and reliable	Measurements are indirect, and reliability is to verified.
2.Usually, quantitative measurements	Usually, qualitative measuremen Measurements can also be done quantitatively
3.The correlation between test measureme and material properties is direct.	Skilled judgement and experience are required interpret indications.
Limitations	**Advantages**
1.Tests are not made on the objects direc Correlation between the specimen and obje needs to be proved.	Tests are made directly on the object. 100 testing on actual components is possible
2.A single test may measure only one or a few the properties.	Many NDT methods can be applied on the sa part. Many or all properties of interest can measured.
3.Inservice testing is not possible	Inservice testing is possible
4.Measurement of properties over a cumulati period of time cannot be readily possible	Repeated checks over a period of time a possible
5.Preparation of the test specimen is costly	Very little preparation is sufficient
6.Time requirements are generally high	Most test methods are rapid.

5. REQUIREMENTS FOR EFFECTIVE NONDESTRUCTIVE TESTING

Adequate nondestructive testing can be achieved by controlling and optimizing some important factors, i.e., the physical properties of the test object, test equipment, approved procedures, the qualified person, and documentation. Having very intricate shapes, rough surfaces is crucial during the selection of the approved nondestructive method. The NDT equipment must be in good operatiıng condition and correctly calibrated. The well-known and approved procedures have to be followed strictly. Fırther, the inspection personnel must be both qualified and certified due to the fact that the NDT requires manual operations, and also active participation of the inspector. At the end of the examination, the precise test documentation, including calibration data, test equipment, description of the test object, procedure used, identification of defects if observed, etc., must be completed in detail [5].

6. CONCLUSIONS

The nondestructive testing, which began with God's creation of the earth and heaven and then visual evaluation, is an important innovative analytical technology dating back to ancient times. The NDT is a powerful key tool presenting useful information that demonstrates the durability of any industrial product during its even design, production, and service-time. The NDT provides the reliable, safer, more economic, and long-lasting integrity of engineering structures. In addition, it should be noted that the reliability of NDT significantly depends on both the physical and mental characteristics, and qualifications indicating the skills, and ability of the individual performing the examinations of the inspector, and the working environments, thus, controlling the outside influences.

REFERENCES

[1] Raj, B., Jayakumar, T., Thavasimuthu, M., 2nd ed., *Practical Non-Destructive Testing*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2002.

[2] https://www.asnt.org/what-is-nondestructive-testing (Access date: 01.06.2025)

[3] https://www.bindt.org/admin/Downloads/Apprenticeship-Guidance-Document.pdf (Access date: 01.06.2025)

[4] McMaster, R.C., *Nondestructive Testing Handbook*, The Ronald Press/New York, 1959.

[5] Hellier, C.J., *Handbook of Nondestructive Evaluation*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, 2013.

[6] Shull, P.J., *Nondestructive Evaluation Theory, Techniques, and Applications*, CRC Francis Group, Boca Raton, USA, 2002.

[7] Berger, H., *Nondestructive Testing*, U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, The University of Michigan, USA, 1965.

[8] https://www.finedininglovers.com/explore/articles/how-pick-ripe-sweet-watermelon

(Access date: 01.06.2025)

[9] Cartz, L., *Nondestructive Testing*, ASM International, Materials Park, OH, USA, 1995.

[10] Mix, P.E., *Introduction To Nondestructive Testing: A Training Guide*, John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2005.

KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN SENTEZİ, ŞİŞME DAVRANIŞLARI VE BU DAVRANIŞLARA ETKİ EDEN PARAMETRELER

Polimer Mühendisi, Sıdıka Eylül GÖREN
Prof.Dr. Hidayet MAZI
Gaziantep Üniversitesi
goreneylul27@gmail.com
mazi@gantep.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, farklı oranlarda itakonik asit (IA), akrilamit (AAm), N- tersiyer bütil akrilamit (N-t-BAAm) ve kitosan ile beraber başlatıcı (amonyum persülfat) ve çapraz bağlayıcı (metilen bisakrilamit) kullanılarak hidrojeller hazırlandı. Sentezlenen hidrojellerin şişme davranışı ve şişme kapasitesine etki eden parametreler incelendi. Hidrojellerin şişme davranışı ve kapasitesine etki eden parametreler olarak sıcaklık, kullanılan monomerlerin mol oranları, kitosan, farklı pH ortamı ve çapraz bağlayıcı etkisi araştırıldı. Şişme davranışına sıcaklığın etkisinin incelendiği çalışmalarda 25, 37, 45 ve 55°C'de çalışmalar gerçekleştirildi. Sıcaklık arttıkça hidrojelin şişme kapasitesinin azaldığı ve sentezlenen hidrojelin negatif sıcaklık duyarlı jel olduğu belirlendi. pH etkisi için de farklı pH (pH= 4, 6, 7, 8 ve 10) değerlerine sahip tampon çözeltiler hazırlandı ve bu çözeltilerdeki şişme davranışları incelendi. Ortam pH'ı arttıkça hidrojelin şişme hızı ve kapasitesinin de arttığı belirlendi. Çapraz bağlayıcının etkisinin incelendiği çalışmalarda, çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça hidrojelin şişme hızı ve kapasitesinin azaldığı gözlemlendi. Kitosanın etkisinin incelendiği çalışmalarda, kitosan miktarı 0,015 gram olana kadar yüksek ve sabit bir şişme kapasitesi gözlenirken bu miktarın üzerine çıkıldığında şişme kapasitesinde düşme gözlemlendi. IA/AAm mol oranının etkisinin incelendiği çalışmalarda bu oranın artmasıyla şişme hızı ve kapasitesinin azaldığı gözlemlendi. Ayrıca, hidrofobik monomer olan N-t-BAAm'in yapıya girmesiyle hidrojelin şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, İtakonik Asit, Akrilamit, Kitosan, Şişme Davranışı.

1. GİRİŞ

Hidrojel, hidrofilik yapıları sayesinde üç boyutlu ağlarında büyük miktarda su tutabilen bir polimerik malzeme grubunu oluşturur [1,2]. Bu ürünlerin çeşitli endüstriyel ve çevresel uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmasının birincil öneme sahip olduğu düşünülmektedir [3,4]. Son yıllarda polimerik biyo-adsorbanlar, sulu ortamda çeşitli kirleticilere karşı yüksek uzaklaştırma verimliliği, üstün adsorpsiyon kapasitesi ve seçicilik sunmaktadır. Bu adsorbanları tasarlarken, çevre dostu olmaları, sürdürülebilirlikleri, yenilenebilirlikleri, kolay erişilebilirlikleri ve maliyet etkinlikleri dikkate alınmalıdır [5].

Polimer hidrojellerin tanımları ana özelliklere ve ham maddelere göre yapılır. Hidrojeller sırasıyla çapraz bağlayıcı ve çözücü tarafından oluşturulan viskoelastik özelliklere ve ağ yapısına sahip malzemelerdir. Son zamanlarda, Hidrojel malzemeleri günlük hayatta sabun, şampuan, diş macunu, saç jeli ve kontakt lensler gibi ihtiyaç duyulan uygulamalara bağlı olarak farklı formlarda yaygınlaşmıştır. Hidrojellerin yağ geri kazanımı, ilaç, tarım, tekstil ve su arıtımı gibi bazı gelişmiş endüstriyel uygulamaları vardır. Bu nedenle, jel malzemeler günlük hayatımızdaki en popüler malzemelerden biri haline gelmiştir [6].

Hidrojeller; yapılarında –OH, -COOH, -CONHR, -SO_3H, -NH_2 gibi su molekülleri ile hidrojen bağı yapabilen gruplar içeren ve bu nedenle de kuru hacimlerinin birkaç bin katına kadar şişebilen polimerik yapılardır. Su ve su gibi polar çözücülerde şişme özelliği göstermeleri nedeniyle de doğal dokularla oldukça uyumludurlar. Bulundukları ortamın sıcaklık, pH, elektrik alan, iyonik şiddet, manyetik etki, çözücü türü gibi özelliklerine bağlı olarak şişme-büzüşme, eğilme davranışı sergilerler ve bu özellikleri nedeniyle akıllı jeller olarak da bilinirler. Biyoteknoloji, tıp, eczacılık, tarım, çevre, uzay teknolojisi ve endüstriyel uygulamalar; başlıca kullanım alanlarıdır. Bu tür uygulamalara örnek olarak; istenmeyen ya da toksik metallerin, tekstil boyalarının, fenol gibi kanserojen türlerin içme ve kullanım sularından uzaklaştırılması (atık su arıtımı), yumuşak-sert kontak lensler, yara-yanık örtüleri, yapay damarlar, yapay organlar, enzim destek materyalleri, ilaç etken maddelerinin denetimli salımı, bebek bezleri, sensörler, valfler, tarım ilaçlarının denetimli salımı, iletken malzemeler sayılabilir [1,7]. Hidrojeller, büyük miktarda suyu alıp tutan polimerik ağlardır [8,9]. Polimerik ağda sulu ortamda hidratlanarak hidrojel yapı oluşturan hidrofilik gruplar bulunur. Diğer bir tanım ise şişme ve önemli miktarda suyu bünyesinde tutma yeteneği sergileyen ancak suda çözünmeyen polimerik bir malzemedir. Yüksek su içeriğinden dolayı doğal dokuya çok benzer bir esnekliğe sahiptirler. Hidrojelin suyu absorbe etme yeteneği, polimerik omurgaya bağlı hidrofilik fonksiyonel gruptan kaynaklanırken, çözünmeye karşı direnci ise ağ zincirleri arasındaki çapraz bağlantılardan kaynaklanmaktadır [10].

Bu çalışmada, kitosan-itakonik asit-akrilamit-N-t-bütil akrilamit semi-IPN hidrojelleri sentezlendi. Bu hidrojellerin şişme davranışları incelendi. Şişme davranışı ve kapasitesine jelin bileşimi, ortam pH'ı ve sıcaklığın etkisi araştırıldı.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan kimyasal maddeler

Hidrojel sentezinde kullanılan itakonik asit (IA), akrilamit (AAm), N-t-bütil akrilamit (N-t-BAAm) monomerleri, kitosan (Ch), başlatıcı amonyum persülfat (APS) katalizör tetrametil etilendiamin (TMEDA) ve çapraz bağlayıcı metilen bisakrilamit (mBAAm) Sigma Aldrich firmasından temin edildi ve herhangi bir saflaştırma yapılmadan kullanıldı. Tampon çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan asitler (HCl, CH_3COOH ve H_3PO_4) ve bazlar (NH_3 ve NaOH) Sigma-Aldrich firmasından alındı ve alındığı gibi kullanıldı.

2.2. Kitosan bazlı IA-AAm-N-t-BAAm semi-IPN hidrojellerin sentezi

Hidrojellerin sentezi çapı 5 mm olan plastik pipetler içerisinde gerçekleştirildi. Hidrojel sentezi için 25mL'lik behere 5 mL su ve 0,1 gram IA ve homojen çözünme sağlamak için behere manyetik karıştırıcı konuldu. IA tamamen çözündükten sonra gerekli miktarda kitosan eklendi ve karıştırma işlemine devam edildi. Kitosanın çözünmesinin ardından çözeltiye N-t-BAAm eklendi. Çözeltinin berrak olması beklendi. N-t-BAAm'in çözünmesinin ardından gerekli miktarda çapraz bağlayıcı mBAAm konuldu. İstenilen homojenlik gözlemlendikten sonra 1 gram AAm eklendi. Akrilamit çözündükten sonra 1 mL kütlece %1,25'lik APS çözeltisi eklendi ve oluşan çözelti mikropipet yardımıyla plastik pipetlerin içerisine konuldu. Pipetler 65°C'deki sabit yağ banyosuna yerleştirildi ve 24 saat bekletilip yağ banyosundan çıkarıldı. Jeller pipetlerden kesilerek çıkarıldı ve küçük parçalara kesildi. Çapraz bağlanmamış polimer ile tepkimeye girmemiş bileşenleri uzaklaştırmak için su ile 3 defa yıkandı. Oda şartlarında kurutulmaya bırakıldı. Kurutulan jeller, vakumlu etüvde 40°C'de sabit tartıma kadar kurutuldu. Kurutulan jeller şişme deneylerinde kullanıldı. Farklı bileşimlere sahip 11 adet jel sentezlendi. Sentezlenen jellerin kimyasal bileşimleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hidrojellerin sentezinde kullanılan kimyasallar ve miktarları

Jel Kodu	Su (mL)	(IA)(g)	Kitosan (g)	(MMBm) (g)	(N-t-BAAm)g	(AAm) (g)	(APS) (mL) (%1,25'lik)
J-1	5	0,05	0,02	0,01	0,02	1	1
J-2	5	0,15	0,02	0,01	0,04	1	1
J-3	5	0,20	0,02	0,01	0,02	1	1
J-4	5	0,15	0,02	0,01	0,06	1	1
J-5	5	0,15	0,02	0,01	0,02	1	1
J-6	5	0,15	0,010	0,01	0,02	1	1
J-7	5	0,15	0,015	0,01	0,02	1	1
J-8	5	0,15	0,025	0,01	0,02	1	1
J-9	5	0,15	0,02	0,015	0,02	1	1
J-10	5	0,15	0,02	0,020	0,02	1	1
J-11	5	0,15	0,02	0,025	0,02	1	1

2.3. Kitosan bazlı IA-AAm-N-t-BAAm semi-IPN hidrojellerin şişme davranışları

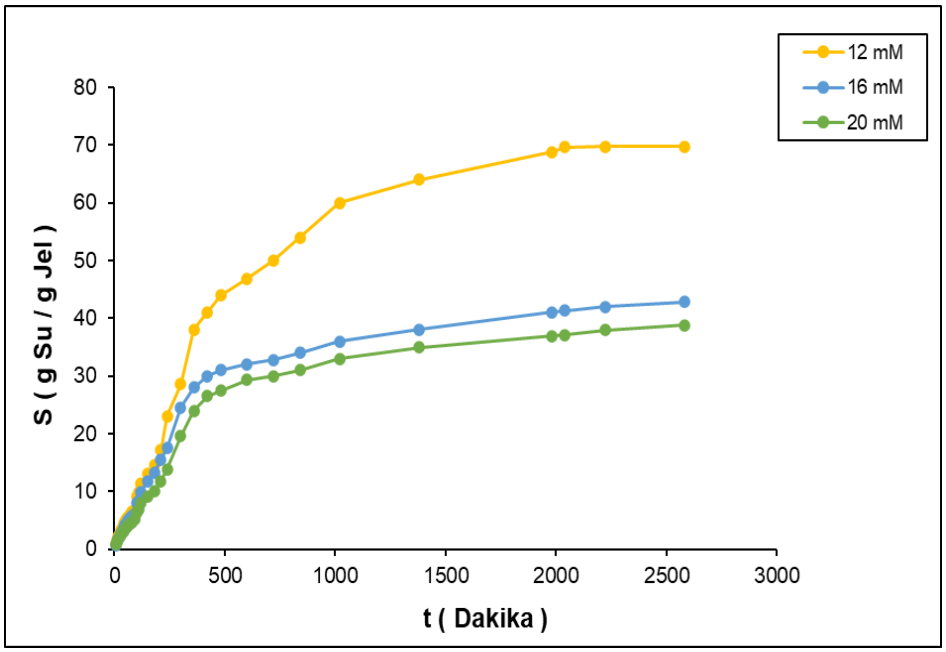
Şişme deneylerinde, kurutulmuş jellerden bir parça alındı. Jellerin kuru ağırlıkları tartıldı ve not edildi. 50 mL beherlere saf su konuldu. Tartılmış olan jeller, hazırlanan 50 mL beherlere konuldu. Şişme ortamında bir süre kalan jeller çıkarılarak süzgeç kağıdında birkaç kez yuvarlama işlemi yapılarak ıslaklık yaratan fazla sıvı alındı ve tartıldı. Tartılan jeller tekrar saf suyun içerisine koyuldu. Bu işleme şişme olayı dengeye gelene kadar yani jelin kütlesi sabitlenene kadar devam edildi. Jellerin şişme oranı **Eşitlik 1** yardımıyla hesaplandı.

$$S = (m_t - m_0) / m_0 \quad (1)$$

Eşitlikte bulunan m_t jelin t anındaki şişmiş halinin kütlesi, m_0 ise jelin suya atılmamış yani kuru halinin kütlesidir. Hidrojel dengeye geldiği durumda t=∞ durumunda ve S = S_{maks} olarak kabul edilir. Bu değere maksimum şişme kapasitesi adı verilir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Hidrojellerin şişme davranışı ve kapasitesini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar arasında çapraz bağ yoğunluğu en başta gelmektedir. Bu nedenle sentezlenen hidrojellerden 3 tanesinde (J-9, J-10, J-11) diğer tüm bileşenler sabit tutularak çapraz bağlayıcının konsantrasyonu değiştirildi. Şişme deneylerinde elde edilen sonuçlar Şekil 3.1'de verilmiştir.

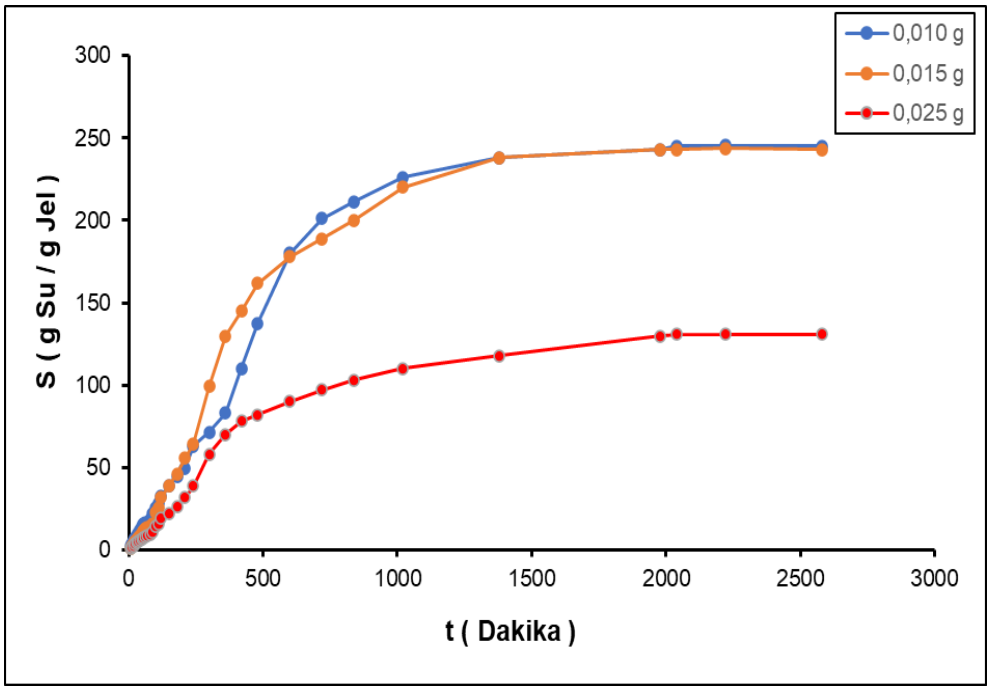


Şekil 3.1. Farklı çapraz bağlayıcı konsantrasyonuyla sentezlenen hidrojellerin 25°C'de sudaki şişme davranışları.

Çapraz bağ yoğunluğu arttıkça hidrojelin şişme hızı ve kapasitesi azalmaktadır. Çapraz bağlayıcı miktarı arttıkça jel sertleşmekte ve sıkılığı artmaktadır. Bu nedenle jel gevşemediği için su jelin içerisine girmekte zorlanmaktadır. Çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun 12 mM

olduğu durumda şişme kapasitesi 70 g su/g jel seviyelerinde iken 16 mM'da 40 ve 20 mM'da 35 g su/g jel seviyelerine kadar düşmektedir.

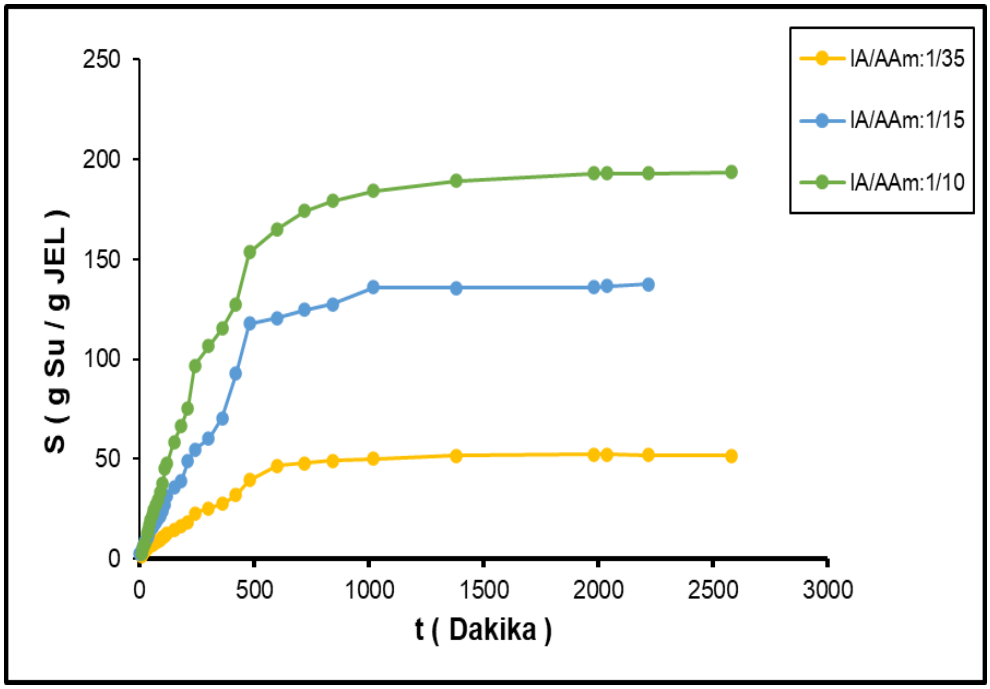
Hidrojellerin sentezinde kullanılan bileşenlerden biri doğal bir polimer olan kitosandır. Jellerin yapısına kitosan eklemesiyle daha yüksek bir şişme kapasitesine ulaşması hedeflenmiştir. Kitosanın jelin yapısına girmesiyle şişme davranışının nasıl değişeceğinin incelenmesi için jellerden 3 tanesi (J-6, J-7, J-8) diğer bileşenler sabit, kitosan miktarı ise değiştirilerek sentezlendi. Bu 3 tane jelin 25°C'de sudaki şişme davranışlarının sonuçları **Şekil 3.2**'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Farklı kitosan oranına sahip hidrojellerin 25°C'de sudaki şişme davranışları**.**

Kitosanın etkisinin incelendiğinde, kitosan miktarı 0,015 gram olana kadar yüksek ve sabit bir şişme kapasitesi gözlenirken bu miktarın üzerine çıkıldığında şişme kapasitesinde düşme gözlemlendi. Kitosan hidrofilik bir polimerdir. Ancak taşıdığı OH grupları sayesinde hem itakonik asit hem de akrilamit ile de etkileşebilmektedir. Bu nedenle yüksek miktarlarda kullanıldığında suya olan ilgi azalmakta ve şişme kapasitesi düşük çıkmaktadır.

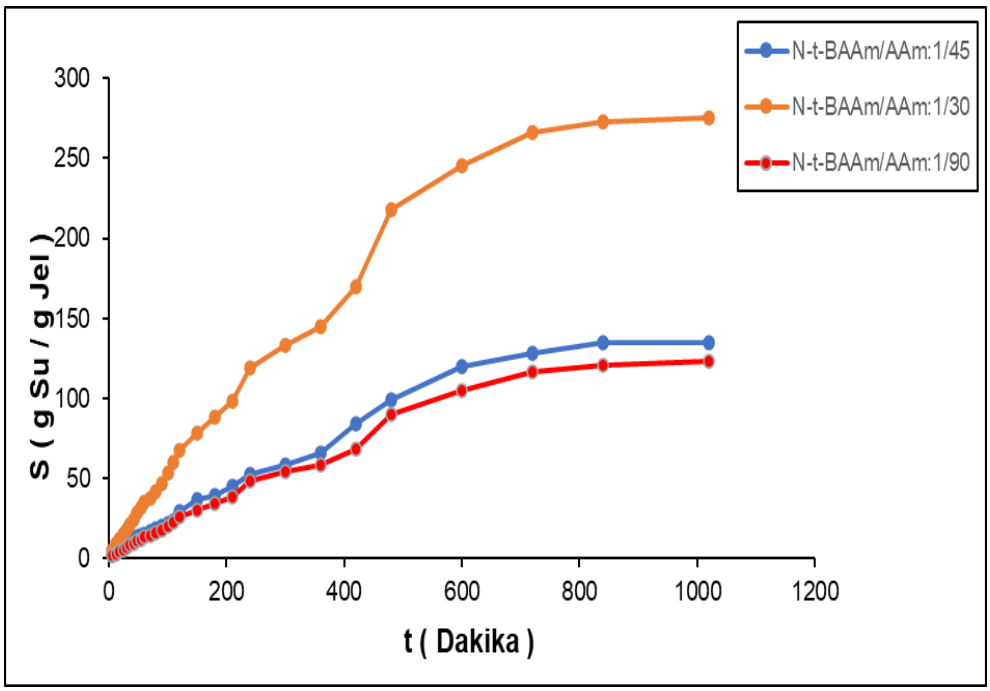
Sentezlenen hidrojellerin şişme davranışına IA/AAm mol oranının etkisinin incelendiği çalışmalarda (J-1, J-2, J-3) diğer bileşenlerin miktarları sabit tutularak IA/AAm oranı değiştirilmiş ve sentezler gerçekleştirilmiştir. Bu jellerin 25°C'de sudaki şişme davranışlarının sonuçları **Şekil 3.3**'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Farklı IA/AAm oranına sahip hidrojellerin 25°C'de sudaki şişme davranışları.

Şekil 3.3 değerlendirildiğinde IA/AAm oranı arttıkça yani jelin itakonik asit içeriği arttıkça şişme kapasitesinin arttığı gözlenmiştir. IA, jelin suya olan ilgisini arttırmıştır.

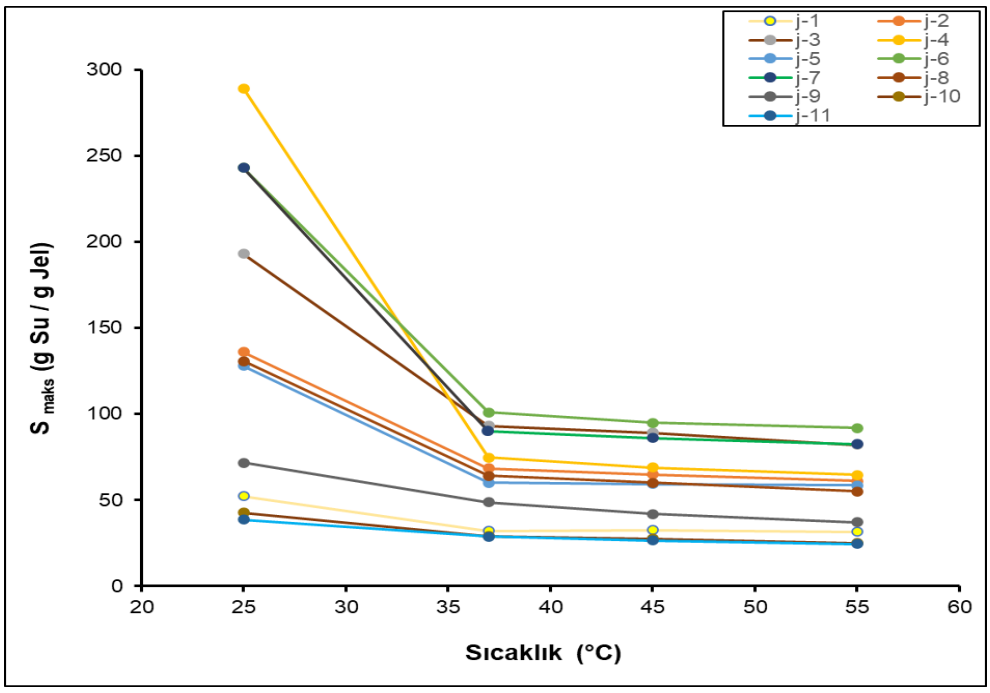
N-t-BAAm miktarının şişme davranışlarına etkisi incelendiğinde diğer bileşenler sabit tutulup N-t-BAAm miktarı değiştirilmiş (J-2, J-4, J-5) ve sentezler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar **Şekil 3.4**'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Farklı N-t-BAAm/AAm oranına sahip hidrojellerin sudaki şişme davranışları.

Şekil 3.4'teki sonuçlar değerlendirildiğinde, hidrofobik yapıdaki N-t-BAAm eklendiğinde, akrilamidin suya ilgisini arttırmıştır. N-t-BAAm zincir içerisine girerek akrilamidin kendi molekülleri arasındaki hidrojen bağını zayıflattığından jelin şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlemlendi.

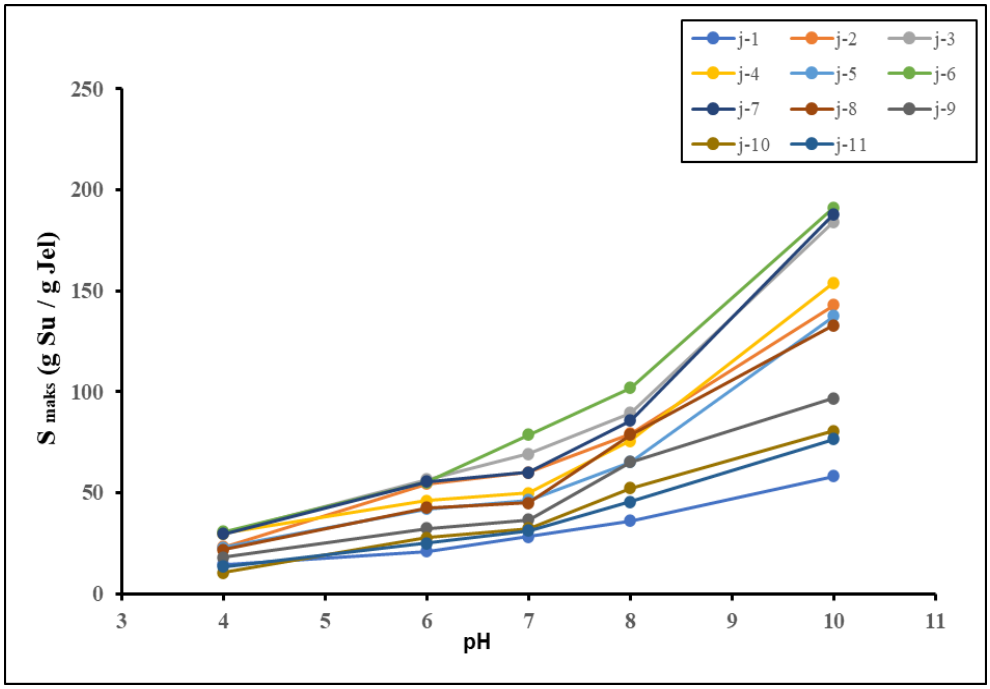
Hidrojellerin şişme davranışına etki eden parametrelerden bir diğeri de sıcaklıktır. Bazı durumlarda sıcaklık arttıkça şişme kapasitesi de artmaktadır. Bu tür hidrojeller pozitif sıcaklık duyarlı hidrojeller olarak bilinirler. Sıcaklık arttıkça şişme kapasitesi azalan hidrojeller ise negatif sıcaklık duyarlı hidrojeller olarak bilinirler. Bu nedenle, sentezlenen hidrojellerin şişme davranışlarına sıcaklığın etkisi de araştırıldı. Bunun için sentezlenen tüm hidrojellerin 25, 37, 45 ve 55°C'deki şişme çalışmaları gerçekleştirildi. Elde edilen sonuçlar **Şekil 3.5**'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Hidrojellerin maksimum şişme kapasitelerinin sıcaklıkla değişimi.

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça hidrojelin şişme hızı ve kapasitesi azalmaktır. Sıcaklığın etkisi ile hidrojelin suya ilgisi azalmaktadır. Sentezlenen hidrojelin negatif sıcaklık duyarlı jel olduğu belirlendi. Sıcaklık arttıkça su ile hidrojel arasındaki çok güçlü H-bağları kırılmakta ve hidrojelin şişme kapasitesi azalmaktadır.

Hidrojellerin şişme davranışlarını etkileyen bir başka parametre de ortamın pH değeridir. Zayıf asit veya zayıf baz gruplarına sahip monomerlerle sentezlenen hidrojeller ortamın pH'ından çok etkilenirler. Bu çalışmada sentezlenen hidrojeller hem IA hem de AAm içerdiği için şişme kapasitesine pH'ın etkisi araştırıldı. Sentezlenen tüm hidrojeller için 5 farklı pH değerindeki tampon çözeltilerindeki şişme davranışları takip edildi. Elde edilen sonuçlar **Şekil 3.6**'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Hidrojellerin 25° C farklı pH ortamlarda şişme davranışı

Şekil 3.6'ya bakıldığında, pH=10 olduğu ortamlarda yani ortamın bazik olduğu durumda hidrojellerin şişme kapasitesi yüksek olduğu, pH=4 olduğu ve buna bağlı olarak ortamın asidik olduğu durumda jelin şişme kapasitesinin en düşük durumda olduğu gözlemlendi. Ortamın pH'ı IA'in ayrışma derecesini belirlemiştir. Bazik ortamda itakonik asit tamamen nötrleşmesi söz konusudur. Bu durumda oluşan (–) yükler birbirini iterek akrilamitin kendi hidrojen bağları zayıflamış suya ilgisi atmıştır. Böylece jel içerisine su kolaylıkla difüzlenmiştir. Buna bağlı olarak ortamın pH'ı arttıkça jelin şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlemlenmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Hidrojellerin şişme davranışında pH etkisi, sıcaklık, kullanılan monomerlerin oranı, kitosan, çapraz bağlayıcı incelendi. Sıcaklık arttıkça jelin şişme kapasitesinin azaldığı ve jelin negatif sıcaklık duyarlı jel olduğu belirlendi. pH= 4, 6, 7, 8 ve 10 olan tampon çözeltilerle yapılan şişme deneyleri hidrojellerin asidik ortamda az, bazik ortamda çok şiştiğini ortaya koydu. Jelin itakonik asit içeriği arttıkça şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlendi. Kitosanın etkisinin incelendiği çalışmalarda, kitosan miktarı 0,015 gram olana kadar yüksek ve sabit bir şişme kapasitesi gözlenirken bu miktarın üzerine çıkıldığında şişme kapasitesinde düşme gözlemlendi. Hidrofobik monomer olan N-t-BAAm'in yapıya girmesiyle hidrojelin şişme hızı ve kapasitesinin arttığı gözlemlendi.

KAYNAKÇA

[1] Thakur, S., Chaudhary, J., Thakur, A., Gunduz, O., Alsanie, W.F., Makatsorisf, C., Thakur V.K. Highly efficient poly(acrylic acid-co-aniline) grafted itaconic acid hydrogel: Application in water retention and adsorption of rhodamine B dye for a sustainable environment, 19 November 2021.

[2] Sharika, T., Mohanan A. Synthesis and swelling studies of poly (acrylamide-co-itaconic acid) / hydroxyapatite nanocomposite hydrogels, 10 August 2020

[3] Enas. M. A. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review, 14 March 2013.

[4] Sakthivel, M., Franklin, D.S., Guhanathan, S. pH-sensitive Itaconic acid based polymeric hydrogels for dye removal applications, Ecotoxicology and Environmental Safety. 134, 427–432.

[5] Tamer, Y., Kosucu, A. Berber, H. Graphene oxide incorporated chitosan/acrylamide/itaconic acid semi-interpenetrating network hydrogel bio-adsorbents for highly efficient and selective removal of cationic dyes, 14 April 2022.

[6] Laftah, W. A., Hashim, S. & Akos, N. I. Polymer Hydrogels: A Review, 30 Sep 2011.

[7] Ekici, S. Kitosan temelli hidrojellerin hazırlanması ve 5-Florourasil salımı davranışlarının incelenmesi, 02.02.2016

[8] Okay, O. (2009). General properties of hydrogels. ed. Hydrogel Sensors and Actuators. 1-14.

[9] Milosavljevic, N.B., Kljajevic, L.M., Popovic, I.G., Filipovic, J.M. and Kalagasidis Krusi, M. Chitosan, itaconic acid and poly(vinyl alcohol) hybrid polymer networks of high degree of swelling and good mechanical strength, 24 June 2009.

[10] Malpure, P. S., Patil, S.S., More, Y.M., Nikam, P.P. A Review On- Hydrogel, 22 May 2018.

KİTOSAN BAZLI Semi-IPN HİDROJELLERİN DİNAMİK ŞİŞME VE FİCK DİFÜZYON KİNETİĞİ

Polimer Mühendisi, Sıdıka Eylül GÖREN

Prof.Dr. Hidayet MAZI

Gaziantep Üniversitesi

goreneylul27@gmail.com

mazi@gantep.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, kitosan bazlı itakonik asit (IA)-Akrilamit(AAm)-N-t-bütil akrilamit(N-t-BAAm) semi-IPN hidrojelleri sentezlendi. Şişme davranışları başka bir çalışmada sunulmuş olan bu hidrojellerin şişme kinetikleri ve difüzyon davranışları belirlendi. Sentezlenen hidrojellerde çapraz bağlayıcı konsantrasyonu, hidrofobik monomer (N-t-BAAm), IA/AAm oranı değiştirilerek farklı özelliklere sahip hidrojeller elde edilmeye çalışıldı. Ayrıca şişme davranışları farklı sıcaklık ve pH ortamlarında gerçekleştirildi. Şişme kinetiğine, sıcaklık, pH, IA/AAm oranı, kitosan miktarı, çapraz bağlayıcı konsantrasyonu, hidrofobik monomer miktarının etkisi ayrı ayrı araştırıldı. Şişme kinetiği çalışmalarından elde edilen maksimum şişme kapasitesi (S_{maks}) değerleri ile deneysel olarak elde edilen S_{maks} değerleri karşılaştırıldığında değerlerin birbirine yakın çıktığı gözlendi. Sentezlenen tüm jeller için şişme hız sabitleri $1x10^{-3}$ – $1x10^{-6}$ aralığında çıktığı belirlendi. Fick difüzyon yasasından faydalanılarak yapılan difüzyon çalışmalarından difüzyon üstelinin (n) tüm jeller için $0,5<n<1.0$ aralığında değerler aldığı tespit edildi. Buradan çıkışla, sentezlenen tüm jellerin Fick tipinde olmayan (düzensiz) difüzyon tipinde difüzyon yaptığı söylenebilir. Bu difüzyon tipinde, jelin gevşeme hızı (R_{gev}) suyun difüzyon hızından ($R_{dif.}$) daha küçük olmaktadır. Yani difüzyon olayı gevşeme kontrollüdür.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, İtakonik Asit, Akrilamit, Kitosan, Şişme Kinetiği, Difüzyon.

1. GİRİŞ

Süper emici hidrojeller (SAH'ler), belirli bir ısı veya basınç altında bile önemli miktarda sulu sıvıyı emebilen ve koruyabilen orta derecede çapraz bağlı 3 boyutlu hidrofilik ağ polimerleridir. Geleneksel emici maddelere göre üstün benzersiz özellikleri nedeniyle SAH'lar tarım [1-3], hijyen ürünleri [4], atık su arıtımı [5-7], sızdırmazlık malzemesi [8] ve ilaç salım sistemi [9] gibi birçok alanda potansiyel uygulama bulmuştur. SAH'ların uygulama alanlarının daha da genişletilmesi sınırlıydı. Çünkü pratik olarak mevcut SAH'lar çoğunlukla zayıf çevre dostu özellikler [10] ve yüksek üretim maliyetine sahip petrol bazlı sentetik polimerlerdi. Bu nedenle, doğal polimerden türetilen çok bileşenli süper emicilerin ve çevre dostu katkı maddelerinin geliştirilmesi, benzersiz ticari ve çevresel avantajları [11] nedeniyle büyük ilgi konusu haline gelmiştir.

Hidrojeller, kolayca elde edilebilir, yeniden üretilebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve biyouyumlu oldukları için yoğun ilgi görmüştür [12,13]. Bunlar arasında, uyaranlara duyarlı hidrojeller çok ilgi görmüştür. Üç boyutlu çapraz bağlı ağ yapısına sahip yumuşak bir polimerik malzeme olan hidrojel, iyi su geçirgenliğine, uyaranlara karşı duyarlılığa, çevre dostu olmaya ve biyouyumluluğa sahiptir [14]. Hidrojel, çok sayıda hidrofilik fonksiyonel grup içerir, bu da onu iyi şişirir ancak suda çözünmez hale getirir ve boya adsorpsiyonundan sonra katı-sıvı ayrımını kolaylaştırır, sonraki arıtma sürecini basitleştirir ve suda organik boya kirliliği sorununu çözmek için etkili bir yöntem sağlar [15].

Günümüzde, semi-IPN (yarı-IPN) hidrojel tekniği hidrojelin performansını iyileştirmek için yaygın bir strateji haline gelmiştir. Yarı-IPN hidrojeli, doğrusal bir polimer ve çapraz bağlı bir polimerik ağdan oluşur. Doğrusal polimer zinciri çapraz bağlı ağın içine serpiştirilmiştir ve aralarında kimyasal bağ oluşmaz [16,17]. İki bileşenin sinerjik etkisi sayesinde, yalnızca yarı-IPN hidrojelindeki her bir polimerin performansı korunmakla kalmayacak, aynı zamanda hidrojelin genel mekanik mukavemeti de iyileştirilecektir [18]. Sınırlı bir birbirine nüfuz eden elastik ağ olmadığından, yarı-IPN hidrojeli pH ve sıcaklık değişikliklerine daha etkili ve hızlı bir tepki verebilir.

İster ekonomik faydalar ister çevresel faydalar açısından olsun, biyopolimer malzemeler, yaygın olarak kaynaklanmış, biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir, toksik olmayan ve fonksiyonel gruplar açısından zengin oldukları için atık sudan kirleticileri uzaklaştıran ideal malzemelerdir. Kitosan (Ch), geniş spektrumlu antibakteriyel özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan, asetilin kısmen uzaklaştırılmasıyla kabukluların (karides, yengeç vb.) ve yüksek bitki ve mantarların dış iskeletinden elde edilen kitinin ürünüdür. Bu kitosan bazlı hidrojel adsorbanlar, kitosanın moleküler zincirindeki bir dizi amino ($-NH_2$) ve hidroksil (-OH) grubu nedeniyle iyi adsorpsiyon performansı gösterir [19].

Bu çalışmada, kitosan bazlı akrilamit-itakonik asit-N-t-bütilakrilamit hidrojelleri sentezlendi. Bu hidrojellerin şişme davranışlarından faydalanılarak dinamik şişme kinetikleri ile difüzyon kinetikleri çalışıldı. Bu kinetik çalışmalar jelin bileşimi ve çapraz bağ yoğunluğu için yapıldı. Ayrıca en çok şişme kapasitesine sahip hidrojelin hem sıcaklık hem de pH etkisinin de kinetikleri incelendi.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan kimyasal maddeler

Hidrojel sentezinde kullanılan itakonik asit (IA), akrilamit (AAm), N-t-bütil akrilamit (N-t-BAAm) monomerleri, kitosan (Ch), başlatıcı amonyum persülfat (APS) katalizör tetrametil etilendiamin (TMEDA) ve çapraz bağlayıcı metilen bisakrilamit (mBAAm) Sigma Aldrich firmasından temin edildi ve herhangi bir saflaştırma yapılmadan kullanıldı. Tampon çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan asitler (HCl, CH_3COOH ve H_3PO_4) ve bazlar (NH_3 ve NaOH) Sigma-Aldrich firmasından alındı ve alındığı gibi kullanıldı.

2.2. Kitosan bazlı IA-AAm-N-t-BAAm semi-IPN hidrojellerin sentezi

Hidrojeller, başlatıcı olarak amonyum persülfat (APS), çapraz bağlayıcı olarak metilen bisakrilamit (mBAAm) kullanılarak 65°C'de sentezlendi. Jellerin şekli silindirik olsun diye sentezler 5 mm'lik polipropilen pipetler içerisinde gerçekleştirildi. Kullanılan APS çözeltisi kütlece %1,25'liktir. Çizelge 1'de yer alan kimyasallar çizelgedeki sırayla soldan sağa eklenerek çözelti hazırlandı. Hazırlanan çözeltiler pipetlere aktarıldı ve 65°C'deki yağ banyosuna yerleştirildi. 24 saat süren sentez sonunda jeller çıkarılıp yıkandı ve oda koşullarında kurumaya bırakıldı. 2 günlük kurutma sonunda vakumlu etüve yerleştirilerek sabit tartıma kadar kurutuldu ve şişme deneylerinde kullanıldı.

Çizelge 1. Hidrojellerin sentezinde kullanılan kimyasallar ve miktarları

Jel Kodu	Su (mL)	(IA)(g)	Kitosan (g)	(MMBm) (g)	(N-t-BAAm)g	(AAm) (g)	(APS) (mL) (%1,25'lik)
J-1	5	0,05	0,02	0,01	0,02	1	1
J-2	5	0,15	0,02	0,01	0,04	1	1
J-3	5	0,20	0,02	0,01	0,02	1	1
J-4	5	0,15	0,02	0,01	0,06	1	1
J-5	5	0,15	0,02	0,01	0,02	1	1
J-6	5	0,15	0,010	0,01	0,02	1	1
J-7	5	0,15	0,015	0,01	0,02	1	1
J-8	5	0,15	0,025	0,01	0,02	1	1
J-9	5	0,15	0,02	0,015	0,02	1	1
J-10	5	0,15	0,02	0,020	0,02	1	1
J-11	5	0,15	0,02	0,025	0,02	1	1

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sentezlenen tüm hidrojeller için saf suda 25°C'deki şişme davranışları ve **Eşitlik 3.1** eşitliğinden faydalanılarak şişme kinetiği parametreleri belirlenmeye çalışıldı.

$$t/S = A + Bt \quad (3.1)$$

Eşitlikte ***t*** geçen süre, ***S*** şişme oranı olmak üzere

$S= (m_t - m_0)/m_0$; $A=1/(k_s.S_{maks}^2)$; $B=1/S_{maks}$

$\boldsymbol{m_t}$ jelin t anındaki şişmiş halinin kütlesi, $\boldsymbol{m_0}$ jelin kuru halinin kütlesi, $\boldsymbol{k_s}$ şişme hız sabiti, $\boldsymbol{S_{maks}}$ jelin en yüksek şişme kapasitesidir.

Difüzyon davranışlarının karakterize edilmesi için de Fick difüzyon yasası (**Eşitlik 3.2**) kullanıldı.

$$F=M_t/M_\infty = k.t^n = (m_t-m_0)/(m_\infty - m_0) \quad (3.2)$$

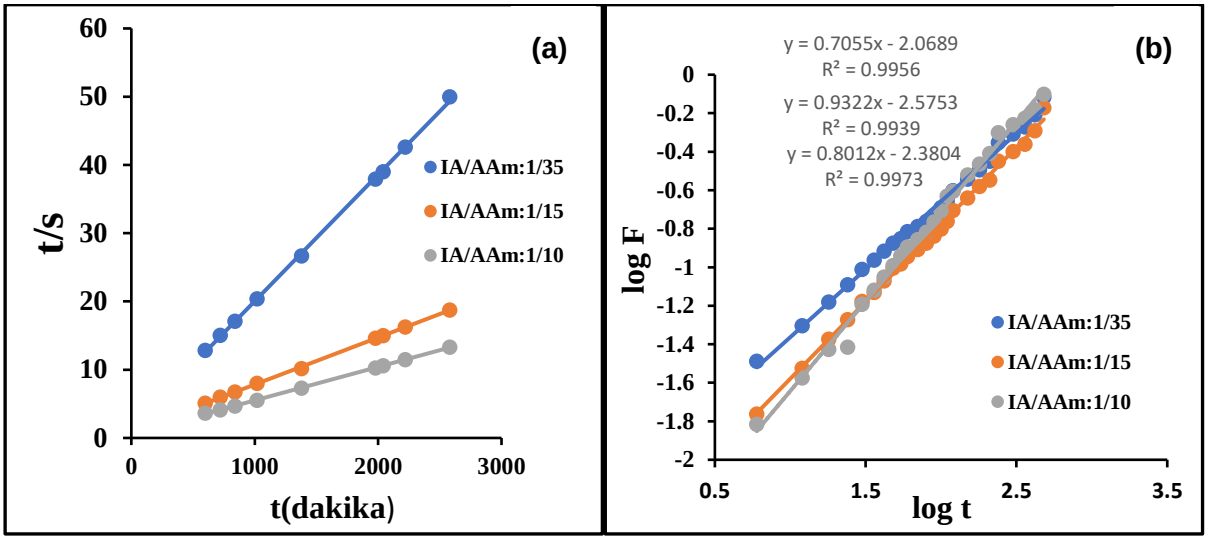
Burada, ***k*** ve ***n*** difüzyon sabitleridir. n sabiti difüzyonun tipi hakkında bilgi verir.

$n \leq 0,5$ ise Fick tipi (düzenli) difüzyon; $0,5<n\leq 1$ ise Fick tipi olmayan (düzensiz) difüzyon ve $n>1$ ise süper durum difüzyon söz konusudur.

Eşitlik 3.2'nin logaritması alınırsa;

Log F = lok k + n.log t halini alır. Çizilen *log F – log t* grafiğinin eğiminden *n* sabiti bulunabilir.

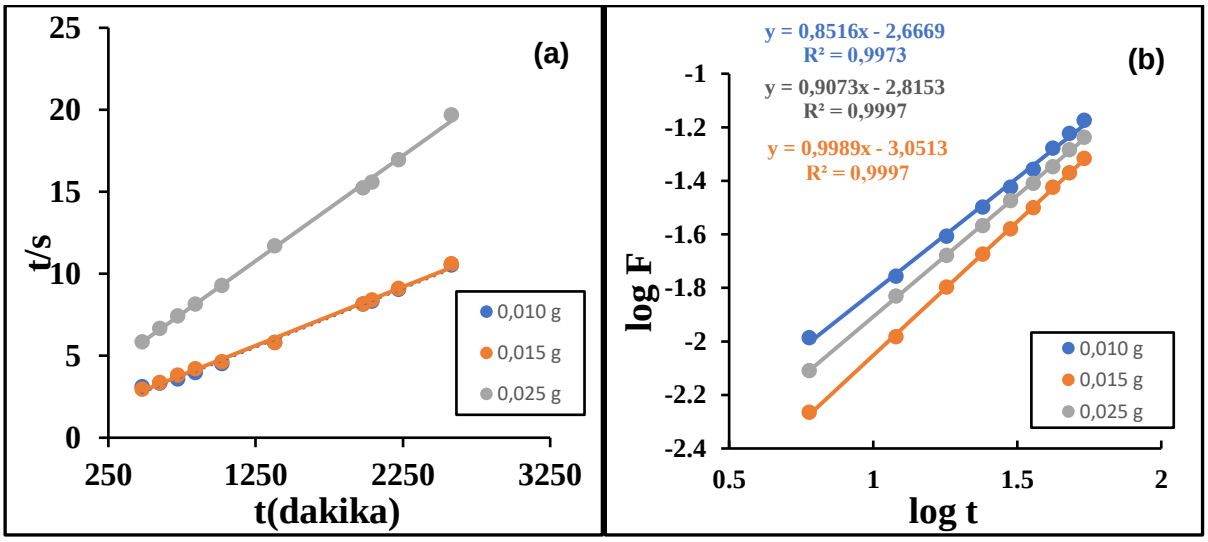
Farklı IA/AAm oranlarında sentezlenen jellerin şişme kinetiği ve difüzyon kinetiği eğrileri **Şekil 3.1**'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı IA/AAm oranlarında sentezlenen jellerin şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.1 (a)'da en yüksek eğimli eğrinin mavi renkli IA/AAm oranının en düşük (1/35) olduğu jel olduğu görülmektedir. Bu da en düşük şişme kapasitesine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 3.1 (b)'de ise her 3 jel için de eğimin (n) 0,5 ile 1,0 arasında olduğu görülmektedir. Buradan çıkışla buradaki difüzyon tipinin Fick tipinde olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır.

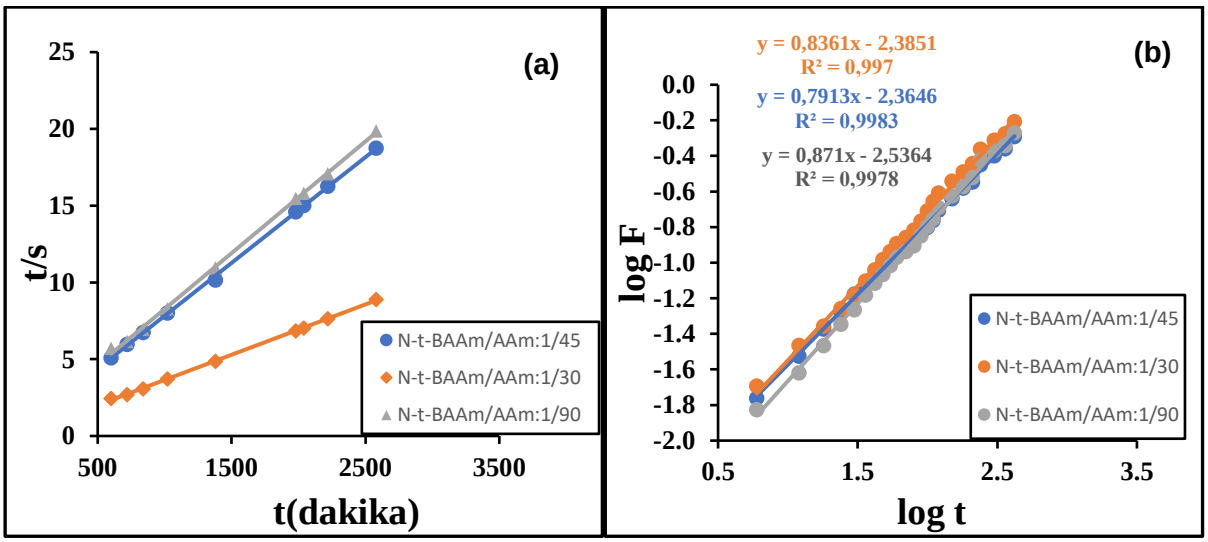
Farklı miktarlarda kitosan kullanılarak sentezlenen jellerin şişme kinetiği ve difüzyon kinetiği eğrileri **Şekil 3.2**'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Farklı kitosan miktarlarıyla sentezlenen jellerin şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.2 (a)'da en yüksek eğimli eğrinin gri renkli kitosanın en yüksek (0,025 g) olduğu jel olduğu görülmektedir. Bu da en düşük şişme kapasitesine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 3.2 (b)'de ise her 3 jel için de eğimin (n) 0,5 ile 1,0 arasında olduğu görülmektedir. Buradan çıkışla buradaki difüzyon tipinin Fick tipinde olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır.

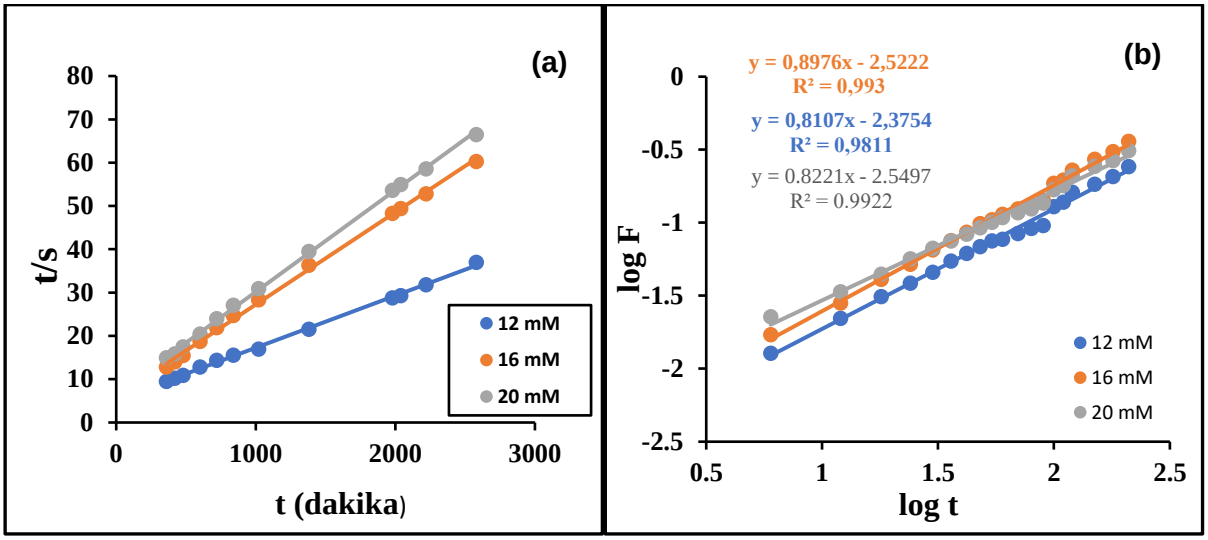
Farklı miktarlarda N-t-BAAm/AAm oranı kullanılarak sentezlenen jellerin şişme kinetiği ve difüzyon kinetiği eğrileri **Şekil 3.3**'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Farklı N-t-BAAm/AAm oranlarıyla sentezlenen jellerin şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.3 (a)'da en düşük eğimli eğrinin turuncu renkli N-t-BAAm/AAm oranının en yüksek (1/30g) olduğu jel olduğu görülmektedir. Bu da en yüksek şişme kapasitesine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 3.3 (b)'de ise her 3 jel için de eğimin (n) 0,5 ile 1,0 arasında olduğu görülmektedir. Buradan çıkışla buradaki difüzyon tipinin Fick tipinde olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır.

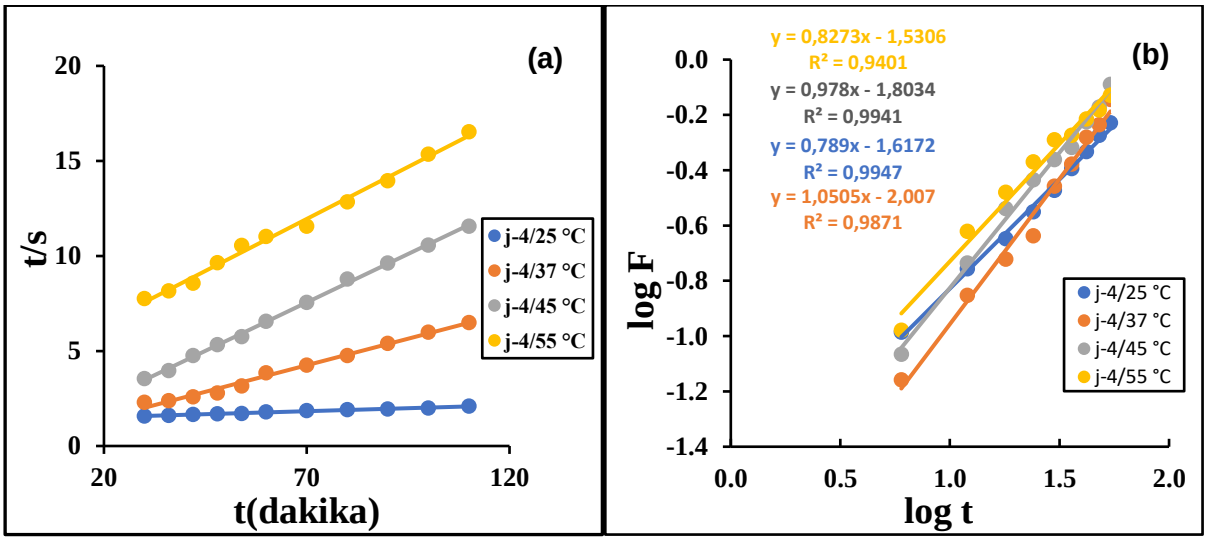
Farklı konsantrasyonlarda çapraz bağlayıcı kullanılarak sentezlenen jellerin şişme kinetiği ve difüzyon kinetiği eğrileri **Şekil 3.4**'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Farklı konsantrasyonlarda çapraz bağlayıcıyla sentezlenen jellerin şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.4 (a)'da görüleceği üzere çapraz bağlayıcı konsantrasyonu arttıkça doğrunun eğimi artmaktadır. Yani çapraz bağlayıcı konsantrasyonu arttıkça şişme kapasitesi azalmaktadır. Şekil 3.4 (b)'de ise tüm doğruların eğiminin 0,5 ile 1,0 arasında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan buradaki difüzyon tipinin Fick tipi olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır.

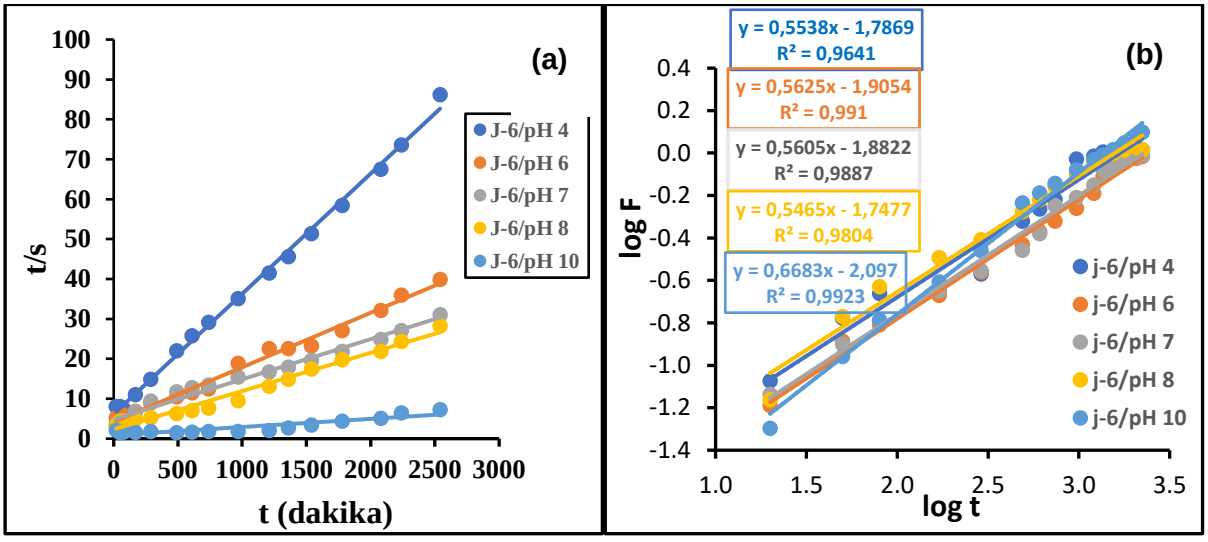
Sıcaklığın hem şişme hem de difüzyon kinetiğine etkisinin araştırılması için farklı sıcaklıklarda şişme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tüm jellerin eğrilerini göstermek zor olacağından dolayı en yüksek şişme kapasitesine sahip olan jelin farklı sıcaklıklarda ve elde edilen eğrileri **Şekil 3.5**'te verilmiştir.



Şekil 3.5. En yüksek şişme kapasitesine sahip jelin farklı sıcaklıklarda elde edilen şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.5 (a)'da görüldüğü gibi en düşük eğime sahip olan eğri, 25°C'de elde edilen mavi renkli eğridir. Bu da en yüksek şişme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, sıcaklık arttıkça eğrilerin eğiminin arttığı yani şişme kapasitesinin azaldığı da anlaşılmaktadır. Şekil 3.5 (b)'de ise 3 eğrinin eğiminin 0,5 ile 1,0 arasında olduğu yani difüzyonun Fick tipi olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır. 37°C'de elde edilen doğrunun eğimi ise 1,05 olarak çıkmıştır. Bu sonuç burada gerçekleşen difüzyonun süper durum olduğunu göstermektedir.

Farklı pH ortamlarında yapılan şişme çalışmalarının da hem şişme hem de difüzyon kinetikleri çalışıldı. Burada örnek olması açısından sadece en yüksek şişme kapasitesine sahip olan jelin eğrileri **Şekil 3.6**'da verilmiştir.



Şekil 3.6. En yüksek şişme kapasitesine sahip jelin farklı pH ortamlarında elde edilen şişme kinetiği (a) ve difüzyon kinetiği (b) eğrileri.

Şekil 3.6 (a)'dan en yüksek eğimin pH=4 için elde edildiğini yani jelin en düşük şişme kapasitesinin pH=4'te elde edildiği anlaşılmaktadır. Ayrıca pH arttıkça şişme kapasitesinin de arttığı görülmektedir. Şekil 3.6 (b)'de ise tüm doğruların eğimlerinin 0,5 ile 1,0 arasında olduğu, yani tüm difüzyonların Fick tipi olmayan düzensiz difüzyon olduğu anlaşılmaktadır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada kitosan bazlı akrilamit-itakonik asit-N-t-bütil akrilamit semi-IPN hidrojellerinin dinamik şişme ve difüzyon kinetikleri araştırıldı. Jelin sentezinde kullanılan kimyasallardan IA/AAm, N-t-BAAm/AAm, kitosan miktarı ve çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun kinetiğe etkisi araştırıldı. Jellerin farklı sıcaklıklarda ve farklı pH ortamlarındaki kinetikleri de araştırıldı. J-6 jelinin 37°C'deki difüzyon davranışı dışında tüm jellerin her ortamdaki difüzyon davranışları Fick tipi olmayan düzensiz difüzyon şeklinde çıkmıştır. J-6 jelinin 37°C'deki difüzyon davranışı ise süper durum şeklinde elde edilmiştir. Dinamik şişme kinetiklerinden ise IA/AAm ve N-t-BAAm/AAm oranları arttıkça şişme kapasitesinin arttığı belirlendi. Kitosan miktarı ise 0,015 g olana kadar yüksek bir şişme kapasitesi elde edilirken bu değerin üzerinde şişme kapasitesi azalmaktadır. Çapraz bağlayıcı

konsantrasyonu arttıkça şişme kapasitenin azaldığı tespit edildi. Sentezlenen jellerin şişme kapasitesinin pH artışı ve sıcaklık düşüşü ile arttığı belirlendi.

KAYNAKÇA

[1] Karadag˘, E., Saraydin, D., Çaldiran, Y., & Güven, O. (2000). Swelling studies of copolymeric acrylamide/crotonic acid hydrogels as carriers for agricultural uses. Polymers for Advanced Technologies, 11, 59–68

[2] Liu, M. Z., Liang, R., Zhan, F. L., Liu, Z., & Niu, A. Z. (2006). Synthesis of a slow-release and superabsorbent nitrogen fertilizer and its properties. Polymers for Advanced Technologies, 47, 430–438.

[3] Puoci, F., Iemma, F., Spizzirri, U. G., Cirillo, G., Curcio, M., & Picci, N. (2008). Polymer in agriculture: A review. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3, 299–314.

[4] Kosemund, K., Schlatter, H., Ochsenhirt, J. L., Krause, E. L., Marsman, D. S., & Erasala, G. N. (2009). Safety evaluation of superabsorbent baby diapers. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 53, 81–89.

[5] Kasgöz, H., & Durmus, A. (2008). Dye removal by a novel hydrogel-clay nanocomposite with enhanced swelling properties. Polymers for Advanced Technologies, 19, 838–845.

[6] Kasgöz, H., Durmus, A., & Kasgöz, A. (2008). Enhanced swelling and adsorption properties of AAm-AMPSNa/clay hydrogel nanocomposites for heavy metal ion removal. Polymers for Advanced Technologies, 19, 213–220.

[7] Wang, L., Zhang, J. P., & Wang, A. Q. (2008). Removal of methylene blue from aqueous solution using chitosan-g-poly(acrylic acid)/montmorillonite superadsorbent nanocomposite. Colloid Surface A, 322, 47–53.

[8] Vogt, P., Roehlen, R., & Tennie, M. (2005). Sealing mat and sealing web comprising a superabsorbent layer, method for the production thereof, and use thereof. E.P. Pat. No. 1,534,515.

[9] Sadeghi, M., & Hosseinzadeh, H. J. (2008). Synthesis of starch-poly(sodium acrylateco-acrylamide) superabsorbent hydrogel with salt and pH-responsiveness properties as a drug delivery system. Journal of Bioactive and Compatible Polymers, 23, 381–404

[10] Kiatkamjornwong, S. Mongkolsawat, K. , & Sonsuk, M., (2002). Synthesis and property characterization of cassava starch grafted poly[acrylamide-co- (maleic acid)] superabsorbent via c-irradiation. Polymer, 43, 3915–3924.

[11] Kurita, K. (2001). Controlled functionalization of the polysaccharide chitin. Progress in Polymer Science, 26, 1921–1971.

[12] Lei, C. Wen, F. Chen, J., Chen, W., Huang, Y., Wang, B. Mussel-inspired synthesis of magnetic carboxymethyl chitosan aerogel for removal cationic and anionic dyes from aqueous solution, Polymer 213 (2021), 123316, https://doi.org/10.1016/j. polymer.2020.123316.

[13] Ghaemy, M., Naseri, M. Synthesis of chitosan networks: swelling, drug release, and magnetically assisted BSA separation using Fe3O4 nanoparticles, Carbohyd. Polym. 90 (2012) 1265–1272, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.069

[14] Sarmah, D., Karak, N. Double network hydrophobic starch based amphoteric hydrogel as an effective adsorbent for both cationic and anionic dyes, Carbohydr. Polym. 242 (2020), 1163

[15] Yao, J., Yang, H., Zuo, D., Xu, J., Zhang, H. Facile preparation and adsorption behavior studies of poly(acrylic acid)-based hydrogels reinforced by hydrogen bonds for methylene blue dye, J. Polym. Environ. 31 (2023) 552–564.

[16] Myung, D., Waters, D., Wiseman, Duhamel, M. P.E. Noolandi, J., Ta, C.N. C. Frank, W. Progress in the development of interpenetrating polymer network hydrogels, Polym. Adv. Technol. 19 (2008) 647–657, https://doi.org/10.1002/ pat.1134.

[17] Dragan, E.S. Design and applications of interpenetrating polymer network hydrogels. A review, Chem. Eng. J. 243 (2014) 572–590, https://doi.org/10.1016/ j.cej.2014.01.065.

[18] Pour, Z.S. Ghaemy, M. Preparation of poly(vinylalcohol)/poly (acrylamide-covinyl imidazole)/γ-Fe2O3 semi-IPN nanocomposite and their application for removal of heavy metal ions from water, Polym. Adv. Technol. 27 (2016) 1557–1568, https://doi.org/10.1002/pat.3830

[19] El Kadib, A. Bousmina, M. Chitosan bio-based organic-inorganic hybrid aerogel microspheres, Chemistry 18 (2012) 8264–8277, https://doi.org/10.1002/ chem.201104006

ORGANİK ZEMİNLERİN SODYUM SİLİKAT VE DÜŞÜK KARBONLU ÇİMENTO İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

HATİCE KÜBRA GÜNEŞ
Erciyes Üniversitesi
kguneesss@gmail.com – ORCID: 0009-0009-9229-1434
Prof. Dr. ZÜLKÜF KAYA
Erciyes Üniversitesi
zkaya@erciyes.edu.tr – ORCID: 0000-0002-0180-7362

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, geoteknik açıdan en problemli zeminlerden biri olan organik zemine, belli oranlarda sodyum silikat ve düşük karbonlu çimento ekleyerek mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesidir. Organik zeminler, düşük taşıma kapasitesi ve yüksek sıkıştırılabilirliğe sahip olması nedeniyle yapılaşma açısından elverişsizdir. Bu çalışmanın önemi, kentleşme ve sanayileşme ile artan nüfusla birlikte, taşıma gücü ve oturma bakımından elverişli olmayan bu tür zeminlerde iyileştirme yapılarak daha sağlıklı, kabul edilebilir bir şekilde yapılar inşa ederek kullanılabilirliğin artırılmasıdır. Ayrıca organik zeminler üzerinde yapılan bu iyileştirme, literatürdeki sınırlı çalışmalara katkıda bulunması ve eksikliği kapatması açısından önem taşımaktadır. Çalışmada yöntem olarak, laboratuvarda hazırlanan organik zemin numunelerine endeks özelliklerini belirlenmek amacıyla dane çapı dağılımı, su içeriği, özgül ağırlık ve kıvam limitlerinin belirlenmesi deneyleri yapılmıştır. Ardından %10 çimento, %10 uçucu kül ve %5 sodyum silikat ekleyerek serbest basınç deneyi ve Kaliforniya taşıma gücü (CBR) deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular, katkı malzemelerinin dayanımı artırdığını göstermiştir. Ayrıca çimentoya belli oranda uçucu kül eklendiğinde doğaya salınan karbondioksit miktarı azaltılmış olup daha çevreci bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, sodyum silikat ve düşük karbonlu çimento kullanarak zemin iyileştirmesi yapıldığında organik zeminin mühendislik özelliklerini geliştirerek daha çevreci ve güvenli bir yapılaşma koşulları sunduğu belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilir zemin iyileştirme çalışmalarına katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Organik zemin, zemin iyileştirme, sodyum silikat, uçucu kül, çimento.

1. GİRİŞ

Kentleşme ve sanayileşme ile nüfusun artış eğiliminde olmasının bir sonucu olarak, yapılaşmanın uygun olmadığı, altyapı ve yerleşme de sorunlar yaşanabilecek zeminlerde yapı yapma zorunluluğu kaçınılmazdır. Taşıma gücü açısından elverişli olmayan, geoteknik açıdan bilinen en sorunlu zeminlerden biri olan organik zeminlerde yapı inşa edilmesi için iyileştirme yöntemleri gereklilik haline gelmiştir.

Sulak alanlarda biriken bitki artıklarının uygun iklim ve coğrafi koşullar altında ayrışarak zamanla fosilleşmesi sonucu oluşan organik zeminler dünya yüzeyinin yaklaşık %8'ini kaplamaktadır. Yapısının %20'den fazlasının organik maddeden oluştuğu bu zeminler geoteknik açıdan bilinen en sorunlu zeminlerden biridir. Yük altında taşıma gücü ve yüksek deformasyon problemlerine sahip olması nedeniyle bu tür zeminlerde güvenli, sürdürülebilir ve daha kabul edilebilir yapıların oluşturulabilmesi için iyileştirme yapılarak mühendislik açısından uygun hale getirilmesi bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında organik zemine %10 çimento, %10 uçucu kül, %5 oranında sodyum silikat ekleyerek iyileştirmesi amaçlanmaktadır. Sodyum silikat (Na_2CO_3) su camı olarak bilinir ve inorganik başlangıç kimyasalıdır. Organik zeminin ve yumuşak kil tabakalarının iyileştirilmesinde kullanılan düşük karbonlu çimento, alternatif bir bağlayıcı türüdür. Ana çimento tipi CEM II olan bu çimento, çimentonun içeriği ile değil üretimi ile alakalıdır. Günümüzde karbon salımı hem Türkiye hem de Dünya'da bir çevre sorunu haline gelmiştir. Özellikle çimento üretimi sırasında büyük oranda karbondioksit (CO_2) emisyonu vardır. Bu sorunun önüne geçmek ve doğaya verilen zararı en aza indirmek için çalışmada, çimentoya belli oranlarda uçucu kül eklenerek katkısız çimentoya göre karbon emisyonu daha aza inmiş olması amaçlanmıştır. Bu şekilde çalışma, karbondioksit miktarının daha az olması ile daha çevreci bir yaklaşım ortaya konulmasının yanı sıra sürdürülebilir zemin iyileştirme yöntemlerinin gelişimine olanak tanımaktadır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada Organik zeminin endeks özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında gerekli deneyler yapılmıştır. Ardından katkı oranları eklenerek serbest basınç deneyi (UCS) ve Kaliforniya taşıma gücü (CBR) deneyleri yapılmıştır.

2.1. Materyal

Bu çalışmada organik zemine katkı malzemesi olarak çimento, uçucu kül ve sodyum silikat kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerle ilgili detay ve analiz sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

2.1.1. Organik Zemin

Bu çalışma Kayseri Organize Sanayi Bölgesinden (K.O.S.B) alınan örselenmemiş organik zemin numuneleri üzerinde yapılmıştır. Su muhtevası koşullarını kaybetmemesi için hava almayan torba içerisinde laboratuvara getirilen zemin, etüvde 24 saat ve yapısal bozulmayı önlemek amacıyla 80 °C'de kurutulduktan sonra endeks özelliklerini belirlemek için laboratuvar ortamında gerekli deneyler yapılmıştır. Ardından katkı oranları eklenerek serbest basınç deneyi (UCS) ve Kaliforniya taşıma gücü (CBR) deneyleri yapılmıştır. Aşağıda belirtilen adımlar izlenerek numuneler hazırlanmış ve ilgili deneyler yapılmıştır.

2.1.1.1.Dane Çapı Dağılımın Belirlenmesi

Zeminin mekanik davranışını değerlendirmede kullanılan dane boyutu, büyük bir öneme sahiptir. Sınıflama amaçlı çalışmalarda dane boyutu ve dağılımının ayrıntılı bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Zeminlerin çapı, desimetre düzeyindeki bloklardan, çok ince taneli koloidal malzemeye kadar geniş boyut aralığındaki danelerden oluşabilir. Bu dağılımı tespit edebilmek için elek analizi (mekanik analiz) yapılmıştır. Zemin, elek numaraları 4,10, 20,30, 40, 60, 140, 200 olan eleklerden geçirilip ve her elekte kalan malzemenin ağırlıkça yüzdesi alınarak deney tamamlanmıştır. Deney sürecinde ASTM C136 VE ASTM D422 standartları kullanılmıştır.

2.1.1.2.Su İçeriği Deneyi

Deneyin amacı organik zeminin sahip olduğu doğal su muhtevası oranını tespit etmektir. Deney en sade haliyle zemini su ağırlığının kuru ağırlığına oranı olarak bulunur. Deney sırasında TS 1900-1, 2006; ASTM D 2216, 2010 standartlarından yararlanılmıştır.

2.1.1.3.Özgül Ağırlık Deneyi

Özgül ağırlık, zeminin dane birim hacim ağırlığının suyun 20 ºC sıcaklıktaki birim hacim ağırlığına oranıdır. Özgül ağırlık Gs sembolü ile gösterilir ve boyutsuzdur. Bu çalışmada organik zeminin özgül ağırlığının tespiti ASTM D854-14 standardına uygun olarak yapılmıştır. [1]. İnce daneli zeminlerin özgül ağırlığının belirlenmesinde kullanılan özgül ağırlık deneyinde piknometre bir diğer ismiyle yoğunluk şişesi kullanılmıştır.

2.1.1.4.Kıvam Limitlerinin Belirlenmesi

Zeminlerin kıvamında su muhtevasına bağlı olarak meydana gelen değişimleri deneysel olarak saptayabilmek için bazı sınır su muhtevası değerleri tanımlanmıştır.

Bu limitler Atterberg limitleri olarak bilinir. Atterberg limitleri, zeminin davranışının değiştiği su muhtevalarıdır. Kıvam limitleri (Atterberg) ASTM D4318 standardına göre yapılmıştır. Likit limitin belirlenmesinde koni penetrasyon yöntemi kullanmıştır.

2.1.1.5.Serbest Basınç Deneyi (UCS)

Genel olarak ince daneli ve kohezyonlu zeminlerden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan zeminin üzerine gelecek yük karşısında zeminin taşıma kapasitesini görmeye yönelik yapılan bir deneydir. Kiuna ve Kaya (2023), sodyum silikat ve çimento katkısı uygulanan organik zemin karışımlarında serbest basınç dayanımının kür süresi ilerledikçe belirgin şekilde arttığını ve en yüksek dayanım değerlerine özellikle 28 günlük kür sonunda ulaşıldığını rapor etmiştir. [2]. Deney 1, 7, 28 gün süre için kür edilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney ASTM D2166, ASTM D2166M-16, BS 1377:7, AASHTO T208 standartlarına göre yapılmıştır.

2.1.1.6.Kaliforniya Taşıma Gücü Deneyi (California Bearing Ratio-CBR) Deneyi

Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneyi, katkı maddeleriyle stabilize edilmiş zeminlerin taşıma kapasitesini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu test, özellikle esnek kaplama sistemlerinde alt temel (subbase) ve granüler üst temel (base) tabakalarının taşıyıcılık davranışının değerlendirilmesinde yaygın olarak uygulanmaktadır. [3]. Kilden ince çakıla kadar her türlü zemin için yapılabilen bir penetrasyon deneyi olan CBR deneyi, laboratuvarda sıkıştırılmış zemin numuneleri üzerinde yapılmıştır. Çalışmada CBR deneyi için ASTM D1883-07 standardı kullanılmıştır.

2.1.2. Çimento

Bu çalışmada %10 oranında katkı malzemesi olarak kullanılan numune adı Numune adı Portland Çimento CEM II A-LL 42,5 R olan çimento malzemesi, Çimsa Afyon çimento/Afyonkarahisar'dan temin edilmiştir. Özellikleri TS EN 197-1 standartına uygun olarak sağlanmıştır. 28 günlük basınç dayanımını 50,7 MPa'dır. Zemin iyileştirme çalışması kapsamında bir bağlayıcı olarak kullanılacaktır.

Çizelge 1. Çimento Numunesine Ait Kimyasal ve Fiziksel Özellikler [4].

Özellik	Sonuç	Açıklama
28 Günlük Basınç Dayanımı	50,7 MPa	Yüksek dayanım seviyesi; zeminin taşıma kapasitesini artırır.
Kızdırma Kaybı (L.O.I)	%7,33	Bileşimde uçucu veya organik maddeler olabilir.
C_3S Oranı (Bogue Formülü)	> %60	Erken hidratasyon ve dayanım gelişimini destekler.

2.1.3. Uçucu Kül

Çalışmada %10 oranında katkı malzemesi olarak kullanılan uçucu kül malzemesi, Sayın Prefabrik İnşaat Sanayi ve Ticaret Aş/Afyonkarahisar'dan temin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan uçucu kül, TS EN 450-1 standardına uygun olarak sağlanmış olup, zemin iyileştirmesinde puzolanik katkı maddesi olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, reaktif silisyum dioksit (SiO_2) içeriği %33,51 olup, bu değer puzolanik aktivite açısından yeterli seviyededir. Ayrıca kızdırma kaybı (L.O.I) %4,594 olarak belirlenmiş olup, bu oran sınır değer olan %5'in altında kalarak malzemenin stabilitesinin ve bağlayıcılık özelliğinin uygun olduğunu göstermektedir. Bu özellikleri ile uçucu kül, organik zeminlerin dayanımını artırmak amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda etkin bir katkı malzemesi olarak tercih edilmiştir. Önceki çalışmalar göstermektedir ki, uçucu kül ile stabilize edilen zeminlerin serbest basınç dayanımı ve dayanım kazancı zamanla artmakta; ayrıca kıvam limitlerinde gözle görülür iyileşmeler elde edilmektedir. [5].

Çizelge 2. Uçucu Kül Numunesi Ait Kimyasal ve Fiziksel Özellikler [6].

Özellik	Sonuç	Açıklama

Reaktif SiO_2	%33,51	Puzolanik reaksiyon yeteneğini gösterir; zemin dayanımını artırır.
Kızdırma Kaybı (L.O.I)	%4,594	%5'in altında olması uygundur.
Aktivite İndeksi (28 Gün)	%≥75	TS EN 450-1'e göre yeterlidir.

2.1.4. Sodyum Silikat

Bu çalışmada %5 oranında katkı malzemesi olarak kullanılan sodyum silikat çözeltisinin mol oranı, (SiO_2/Na_2O) 2'dir. Bu oran, silikatın alkalilik ve reaktivite düzeyini belirlemede önemli bir parametre olup, zeminle kimyasal etkileşimini doğrudan etkilemektedir. Literatürde de belirtildiği üzere, sodyum silikatın zemin içerisindeki su ve mineral partiküllerle etkileşimi sonucunda oluşan **silika jeli**, boşlukları doldurarak dayanımı artırmakta ve geçirgenliği azaltmaktadır (Koerner, 1985). [7].

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada organik zeminin endeks özellikleri incelenip, zemine %10 çimento, %10 uçucu kül ve %5 oranında sodyum silikat ekleyerek serbest basınç deneyi ve Kaliforniya basınç deneyi ile zemin iyileştirme çalışması yapılmıştır. Elde edilen bulgular, kullanılan katkı malzemelerinin zemin daneleri arasında bağ kurduğunu ve mukavemeti arttırdığını göstermiştir. Yüksek boşluk oranına sahip olan organik zeminlerde, katkı malzemeleriyle birlikte bu boşluklar doldurulup ve zemin zamanla daha az sıkışabilir hale gelmiştir. Ve sodyum silikat zeminin fazla su tutmasını engellerken, çimento ve uçucu kül zeminin kıvam limitlerini değiştirip plastiklik özelliklerinin iyileştirdiği görülmüştür.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma da geoteknik açıdan en zorlu zeminlerden biri olan organik zeminin düşük karbonlu çimento, uçucu kül ve sodyum silikat kullanılarak iyileştirilmesi yapılmıştır.

Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar, bu katkı malzemelerinin organik zeminin özelliklerini geliştirdiğini göstermiştir. Mühendislik olarak, taşıma gücü yüksek,

sıkıştırılabilirliği azaltılmış, daha kararlı ve faydalı bir sonuç elde edilmiştir. Aynı zamanda, çimentoya uçucu kül eklenmesi, çimentodan kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltarak çevreye olan zararını azaltmıştır. Bunlarla birlikte çalışma, sadece mühendislik açısından değil, aynı zamanda düşük karbon ve atık malzeme kullanımı ile çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

[1] ASTM International. (2014). Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer (ASTM D854-14). West Conshohocken, PA: ASTM International.

[2] Kiuna, V. G., & Kaya, Z. (2023). Effect of sodium silicate and cement on the improvement of engineering properties of organic soil. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 22(3), 632–645.

[3] ASTM International. (2016). *Standard test method for California bearing ratio (CBR) of laboratory-compacted soils (ASTM D1883-16)*. West Conshohocken, PA: ASTM International**.**

[4] Afyon Çimento Sanayi A.Ş., *Çimento Kimyasal ve Fiziksel Analiz Sonuçları*, Rapor No: 890000122621, (2025)

[5] Senol, A., Pamukcu, S., & Tanyu, B. F. (2004). Use of Class C fly ash for the stabilization of an expansive soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(7), 764–774.

[6] Standart Laboratuvarlar A.Ş., *Uçucu Kül Kimyasal Analiz Raporu*, Rapor No: C2406129, (2024)

[7] Koerner, R. M. (1985). *Soil stabilization in engineering*. McGraw-Hill.

METAKAOLİN ESASLI GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGA KULLANILARAK ÜRETİLEN GEOPOLİMER HARÇLARIN ÖZELLİKLERİ

Dr. DEMET YAVUZ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, demetyavuz@yyu.edu.tr - 0000-0002-1330-1860

ÖZET

Geopolimer betonlar çimento kullanılmadan üretilen çevre dostu bir beton olarak öne çıkmaktadır. Uçucu kül (UK), yüksek fırın cürufu (YFC) gibi endüstriyel atıkların bu betonların üretiminde kullanılabilmesi de karbon salınımının azaltılmasında etkin bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada metakaolin (MK) kullanılarak geopolimer harçlar üretilmiş ve 30°C ve 60 °C olmak üzere iki farklı kürleme sıcaklığı belirlenmiştir. Üretilen örnekler kalıplara yerleştirilir yerleştirilmez ilgili sıcaklıkta 4 saat boyunca kürlenmeye maruz bırakılmıştır. Kontrol karışımları sadece standart kum kullanılarak üretilmiş ve akabinde geri dönüştürülmüş agrega (GDA) ile ikameli olarak kullanılmıştır. GDA, standart kum ile %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Örneklerin taze hal özelliklerinden işlenebilirliği, sertleşmiş hal özelliklerinden ise eğilme ve basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar artan oranda geri dönüştürülmüş agrega kullanımının hem işlenebilirliği hem de mekanik özellikleri azalttığını göstermiştir. Ayrıca daha yüksek sıcaklıkta kürlenen örneklerin (60°C) dayanım gelişimlerinin daha hızlı olarak gerçekleştiği sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Geopolimer beton, geri dönüştürülmüş agrega, metakaolin.

PROPERTIES OF METAKOLIN-BASED GEOPOLYMER MORTARS PRODUCED WITH RECYCLED AGGREGATE

Dr. DEMET YAVUZ

Van Yüzüncü Yıl Unıversity, demetyavuz@yyu.edu.tr - 0000-0002-1330-1860

ABSTRACT

Geopolymer concretes stand out as an environmentally friendly alternative to traditional concrete, produced without the use of cement. The fact that industrial wastes, such as fly ash (FA) and blast furnace slag (BFS), can be used in the production of these concretes also plays a significant role in reducing carbon emissions. In this study, geopolymer mortars were produced using metakaolin (MK), and two different curing temperatures were investigated: 30 °C and 60 °C. The produced samples were immediately placed in the molds and subjected to curing at the relevant temperature for 4 hours. Control mixtures were produced using only standard sand and then used as a substitute with recycled aggregate (RA). RA was used by replacing standard sand at rates of 10%, 20%, and 30%. The workability of the samples was determined based on their fresh state properties, while flexural and compressive strengths were determined from their hardened state properties. The results obtained showed that increasing the use of recycled aggregates reduced both workability and mechanical properties. Additionally, it was concluded that the strength development of the samples cured at higher temperatures (60 °C) occurred more rapidly.

Keywords : Geopolymer concrete, recycled aggregate, metakaolin.

1. INTRODUCTION

With the increase in population and the resulting rapid urbanization, the construction sector is growing both in our country and globally. However, the construction process of new buildings is far from being environmentally friendly. Considering that 25-40% of carbon emissions worldwide are attributed to the construction sector, it is pretty evident that this process needs to be made more environmentally friendly (Tang, 2021).

Concrete is the most widely used construction material because it can be produced with local materials, is cheap, and is relatively long-lasting. However, during the production of cement used in traditional concrete production, a significant amount of CO_2 is released into the environment. For this reason, researchers have begun to search for a material that can serve as an alternative to cement in concrete production.

Geopolymer concrete emerged in response to the aforementioned needs. Geopolymer concrete is formed by synthesizing aluminosilicate materials with alkaline solutions (Duxson et al., 2006). Since such concretes can be produced with waste materials, they both reduce the dependence on cement and provide a solution to the problem of disposing of these waste materials.

Aggregates, which comprise a significant portion of the concrete volume, can usually be easily obtained locally. However, due to the acceleration of urban transformation and rapid housing transformations, intensive construction waste is produced. Storing these tons of trash in garbage is both unsustainable and threatens public health. For this reason, researchers have suggested that construction debris be reevaluated and reused in concrete production at specific rates (Thomas et al., 2022; Zhang et al., 2023). Studies indicate that the use of recycled aggregates (RA) in concrete production is both technically and economically feasible (Shi et al., 2016). In this study, geopolymer mortars were produced using metakaolin as the primary material. Geopolymer mortars were cured for 4 hours at two different temperatures, 30°C and 60°C. In addition, to determine the effect of waste aggregates on geopolymer mortars, recycled aggregates (RA) were used to replace standard sand at three different rates: 10%, 20%, and 30%. The workability, bending, and compressive strengths of the obtained samples were determined and reported.

2. MATERIALS AND METHODS

Metakaolin was used to produce geopolymer samples within the scope of the study. The appearance of metakaolin is given in Figure 1, and its physical and chemical properties are presented in Table 1. Solid sodium hydroxide and liquid sodium silicate with 99.4% purity were used to ensure the geopolymerization process. The specific gravity of the standard CEN sand used is 2.63, while the recycled aggregate has a specific gravity of 2.28. The maximum grain size of both aggregates is 4 mm.

Table 1. Physical and chemical properties of metakaolin

Chemical properties	**MK**
SiO_2	63.51
Al_2O_3	30.37
Fe_2O_3	0.57

CaO	0.27
MgO	0.16
Na_2O	0.34
K_2O	1.07
Physical properties	
Specific gravity (g/cm^3)	2.54
Specific surface area (cm^2/g)	11.764



Figure 1. Metakaolin used in the study

A total of four different mixtures were designed within the scope of the study, one of which served as the control. An 8 M sodium hydroxide (NaOH) solution was prepared. Additionally, the sodium silicate-to-sodium hydroxide ratio was maintained at 2.5 in all mixtures. Mixture ratios are listed in Table 2.

Table 2. Mix design

Mixes	**MK (g)**	**Sand (g)**	**RA (g)**	**Na_2SiO_3 (g)**	**NaOH (g)**	**Water (g)**
Control	450	1350	-	265.2	106	50
RA10	450	1215	135	265.2	106	50
RA20	450	1080	270	265.2	106	50
RA30	450	945	405	265.2	106	50

First, the dry materials (metakaolin and sand) were mixed in the mixer for 1 minute. Then, the alkali activators were added, and mixing was continued for an additional 2 minutes. After a total of three minutes of mixing, the spreading diameters of the samples were determined. Then, the samples were placed in the relevant mold using a shaking table. The samples were immediately placed in the molds and put in the ovens to be cured at the relevant temperatures. The samples were cured at 30°C and 60°C for four hours.

The spreading diameter was carried out according to ASTM C1437-15. Flexural strength tests were determined by averaging the results obtained from breaking three 40 mm x 40 mm x 160 mm prismatic samples. Compressive strengths were also determined using the broken samples (a total of six) subjected to flexural strength testing.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Spreading diameter

The spreading diameters obtained within the scope of the study are shown in Figure 2. As the amount of RA used increased, the spreading diameters of geopolymer mortars decreased. While the highest spreading diameter was obtained in mortars produced with only standard sand without using RA, the lowest spreading diameter was obtained from the sample coded RA30, which used 30% RA and 70% standard sand. The results obtained also coincide with the literature. The researchers report that the use of increasing amounts of RA absorbs some of the mixing water due to the old mortar on the surfaces of the aggregates, thereby negatively affecting the fresh state properties (Alengaram et al., 2011; Leite et al., 2013).

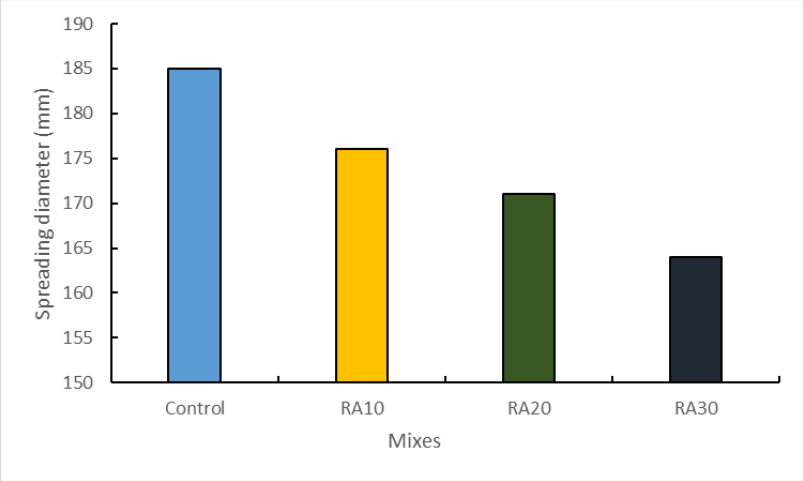


Figure 2. Spreading diameter test results

3.2. Flexural strength

The bending strength results of the samples cured at 60°C within the scope of the study are listed in Figure 3. The bending strengths of the samples cured at 30°C for 4 hours could not be determined because the samples were still gelatinous and moist. Since the strength gain rates of the samples cured at higher temperatures (60°C) were faster, the bending strengths of the samples could be obtained after 4 hours of curing (Mo et al., 2014). As expected, the highest bending strength was obtained from the sample that used only standard sand as aggregate. The bending strengths of the crosses decreased in parallel with the increasing RA amount.

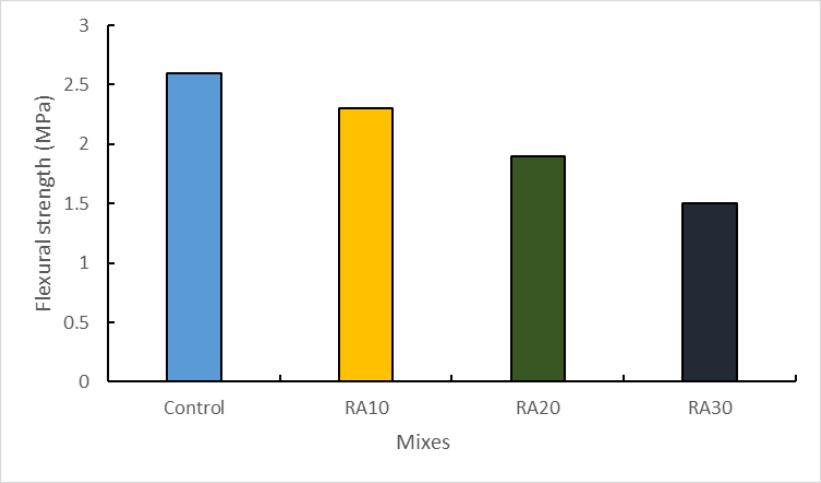


Figure 3. Flexural strength test results

3.3. Compressive strength

As in the flexural strength results, when the samples were cured at 30°C for 4 hours, the compressive strength was very low and could not be determined because the samples were still damp and could not be removed from the mold. However, when the curing time was increased to 60°C, the strength-gaining time of the samples was shortened, allowing them to be subjected to pressure testing. Similar to the flexural strength, the use of increased RA also negatively affected the compressive strength. While the highest compressive strength was observed in the control mixture at 15.2 MPa, the lowest compressive strength was obtained from the mix with 30% RA at 9.8 MPa.

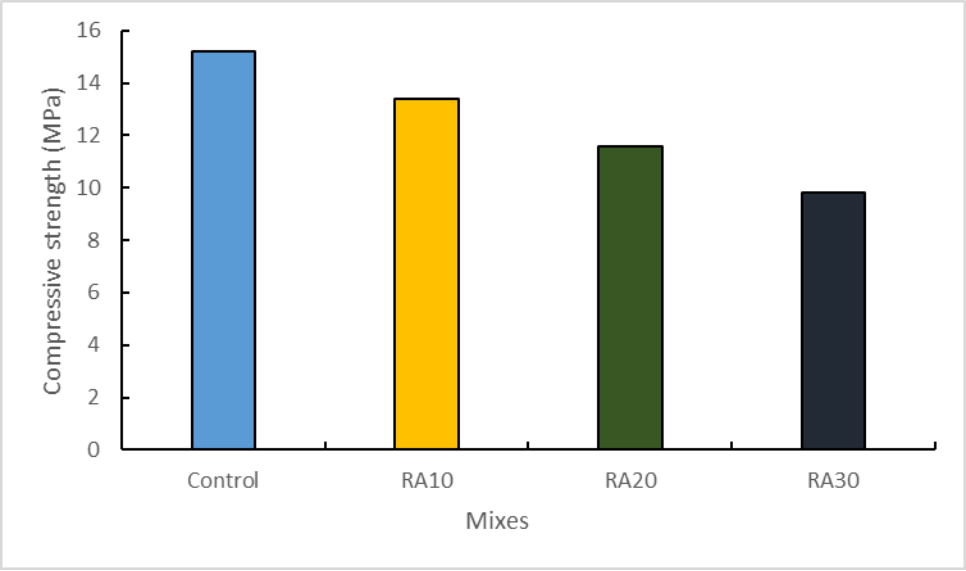


Figure 4. Compressive strength test results

4. CONCLUSIONS

The results obtained within the scope of the study are listed below.

- It is possible to shorten the curing time with geopolymer mortars. Thus, the time the samples stay in the mold will be significantly reduced.
- Recycled fine aggregates can be used in geopolymer mortar production, but the design should be made considering that their use in increased amounts reduces both workability and strength.
- The strength gain rate of geopolymer mortars can be increased by curing in an oven. However, curing at 30°C for four hours is insufficient for the samples to gain sufficient strength. On the other hand, 60°C can be used for curing geopolymer mortars.

REFERENCES

Alengaram, U. J., Salam, A., Jumaat, M. Z., Jaafar, F. F., & Saad, H. B. (2011). Properties of high-workability concrete with recycled concrete aggregate. Materials Research, 14, 248-255.
ASTM C1437-15. (2015). Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar.
Duxson, P., Fernández-Jiménez, A., Provis, J. L., Lukey, G. C., Palomo, A., & van Deventer, J. S. (2007). Geopolymer technology: the current state of the art. Journal of materials science, 42, 2917-2933.
Leite, M. B., Figueire do Filho, J. G. L., & Lima, P. R. (2013). Workability study of concretes made with recycled mortar aggregate. Materials and structures, 46, 1765-1778.
Mo, B. H., Zhu, H., Cui, X. M., He, Y., & Gong, S. Y. (2014). Effect of curing temperature on geopolymerization of metakaolin-based geopolymers. Applied clay science, 99, 144-148.
Shi, C., Li, Y., Zhang, J., Li, W., Chong, L., & Xie, Z. (2016). Performance enhancement of recycled concrete aggregate–a review. Journal of cleaner production, 112, 466-472.
Tang, Z. (2021). Design and Properties of Sustainable Geopolymeric Recycled Aggregate Concrete. University of Technology Sydney (Australia).
Thomas, B. S., Yang, J., Bahurudeen, A., Chinnu, S. N., Abdalla, J. A., Hawileh, R. A., & Hamada, H. M. (2022). Geopolymer concrete incorporating recycled aggregates: A comprehensive review. Cleaner Materials, 3, 100056.
Zhang, P., Sun, X., Wang, F., & Wang, J. (2023). Mechanical properties and durability of geopolymer recycled aggregate concrete: A review. Polymers, 15(3), 615.

KAYSERİ İLİNİN DEPREMSELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İnşaat Mühendisi, Özge ÇEVİK

Danışman: Prof. Dr. Zülküf KAYA

Erciyes Üniversitesi,

ozgecevik88@gmail.com

https://orcid.org/0009-0002-3745-6426

Orta Anadolu'da yer alan Kayseri, büyük levhaların etkisi altında bulunan karmaşık bir tektonik bölgedir. Depremselliği, bölgeye eşit olarak dağılmak yerine aktif faylar boyunca yoğunlaşmıştır. Bu fayların anlaşılması, kayma hızları ve tekrarlanma aralıklarının bilinmesi, deprem tehlikesinin değerlendirilmesi, risklerin azaltılması ve etkin afet hazırlık stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışma, Kayseri'deki deprem aktivitesini literatür taraması ve İğdecik, Bünyan bölgesinde yapılan mikrobölgeleme çalışması ile değerlendirmektedir. Çalışmada deprem kayıtları, fay haritaları, zemin sınıflandırmaları ve jeoteknik veriler kullanılmıştır. Ana analizler, tektonik yapı, fay aktivitesi, kayma hızları ve Vs30 zemin parametreleri üzerine olup, yerel zemin davranış modellemesi ve deprem tehlikesi değerlendirmesine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, jeolojik ve sismolojik veriler kullanılarak Kayseri'nin deprem riski değerlendirilmiştir. Kesme dalga hızı (Vs), zemin yükselimi ve mikro-titreşimler ölçülmüş; Vs30 değerleri 847–997 m/s arasında olup, yükselme katsayıları 2,22–2,28 olarak bulunmuştur. Hava koşullarından aşınmış, su oranı yüksek zeminlerde rezonans riski daha fazla olup, zemin koşullarının yapı tasarımında göz önünde bulundurulmasının önemi vurgulanmıştır.

Bu çalışma, jeolojik, jeoteknik ve sismik yöntemlerle Kayseri'deki deprem riskini ve zemin özelliklerini analiz etmiştir. Aktif fayların varlığı bölgesel deprem tehlikesini artırmakta, bu nedenle yapıların tasarımında titizlik gerekmektedir. Mikro-titreşim ölçümleri, MASW ve sismik kırılma yöntemleri ile zemin dinamik özellikleri, yükselme katsayıları ve titreşim periyotları belirlenmiş, yerel deprem davranışına dair önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu veriler, daha güvenli mühendislik uygulamaları için temel teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler : Kayseri, Depremsellik, Mikrobölgeleme, Aktif Faylar, Zemin Sınıflandırması

1. GİRİŞ

Deprem, dünyanın kabuğunda biriken elastik enerjinin serbest bırakılmasıyla meydana gelen ani yer hareketlerini ifade eder. Bu enerjinin kaynağından dışarı doğru sismik dalgalar şeklinde yayılarak çevreye titremeler göndermesi, çeşitli yapılara zarar vermesi ve can kayıplarına yol açabilmesiyle tanimlanmaktadir. Dünya'nın iç yapısındaki dinamik süreçler, bu olayların temelinde yer alan tektonik plakaların göreli hareketlerini tetikler (Coşkun, 2008)

1.1 Kayseri İlinin Depremselligi

Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS), yaklaşık 450 km uzunluğunda, sol yanal doğrultu atımlı ve aktif bir fay sistemidir. Kuzeydoğuda Deliler Fayı, ortada Erciyes çevresindeki diri faylar ve güneybatıda Ecemiş Fayı bu sistemi oluşturan başlıca bileşenlerdir. OAFS, Orta Anadolu'nun jeotektonik evriminde önemli bir rol oynamakta ve geniş bir alanda etkisini göstermektedir. Özellikle Ecemiş Fay Zonu, Oligo-Miyosen dönemine ait kalın, kıvrımlı ve bindirmeli çökellerle birlikte Plio-Kuvaterner yelpaze önü çökelleri tarafından doldurulmuştur. Bu çökeller, bölgedeki neotektonik süreçlerin etkisiyle şekillenmiş ve fay sisteminin morfolojik izlerini taşımaktadır. OAFS'nin orta kesimi, Ecemiş, Çakıt ve Körkün derelerinin üst akarsu havzaları boyunca uzanan fay vadilerinde belirgin çizgisel çukurluklar oluşturmuştur. Bu çukurluklar altı ana segmentten oluşur: Demirkazık-Sulucaova, Cevizlik, Kamışlı, Asaryaylası, Akça-Kızılcık ve Hamidiye-Fındıklı. Her bir segment, kendine özgü morfolojik ve tektonik özellikler göstererek bölgedeki deformasyonların izlenmesine katkı sunmaktadır (Koçyiğit ve Beyhan, 1998; Yavaşoğlu, 2009).

1.2. Kayseri İlini Etkilemiş Olan Önemli Depremler

Kayseri, tarih boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalmış bir şehirdir. Bölgede yer alan aktif diri fay hatları, sismik riskin yüksek olmasına neden olmaktadır. 1717 yılında meydana gelen VIII şiddetindeki depremde 8331 kişi hayatını kaybetmiş, Ulu Cami gibi tarihi yapılar zarar görmüştür. 1835 yılında gerçekleşen diğer büyük deprem ise Talas ve çevresinde ciddi yıkımlara neden olmuş, 600–1064 arası can kaybına yol açmıştır. Bu olaylar, Orta Anadolu Fay Zonu'nun ne kadar aktif olduğunu göstermektedir. Aletsel dönemde ise 1940'ta 5.2 ve 1960'ta 4.7 büyüklüğünde depremler kaydedilmiştir. 2 Şubat 2021'de Sarıoğlan'da 4.6 büyüklüğünde deprem yaşanmış, 6 Şubat 2023'teki Kahramanmaraş merkezli büyük depremler Kayseri'nin Sarız ilçesini etkilemiştir. 28 Şubat 2023'te İncesu'da da artçı sarsıntılarla birlikte 4.4 ve 4.0 büyüklüğünde depremler olmuştur. (Öztürk, 2023)

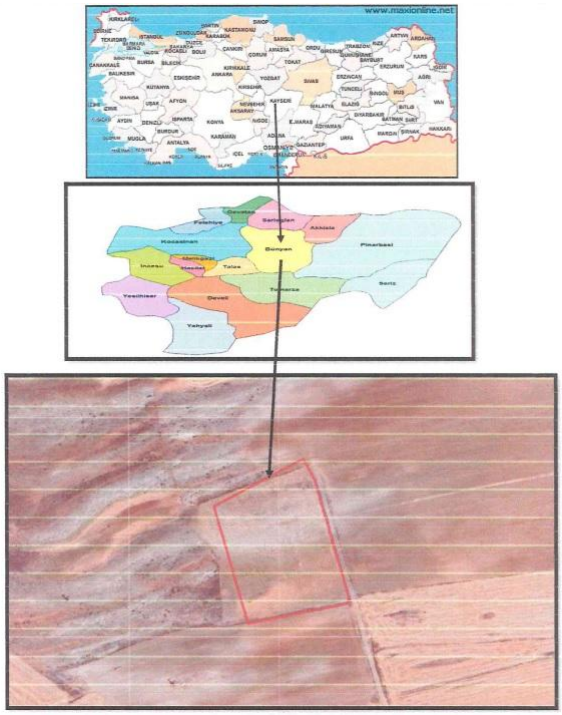
1.2 Kayseri İlinde Deprem Riski

Kayseri İli, 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre III. derece deprem bölgesinde yer almakta olup, MSK ölçeğine göre Io=VII (M=5.65) büyüklüğünde depremler yaşayabilmektedir. 1881-1986 yılları arasında Akpınar'da M=6.6 ve Sarıkaya'da M=6.2 büyüklüğünde önemli depremler meydana gelmiştir. 5.2 büyüklüğündeki Kayseri-Develi depreminde ise 37 kişi hayatını kaybetmiş, 530 bina ağır hasar görmüştür. Bu olaylar, bölgenin yüksek sismik risk taşıdığını ortaya koymaktadır. En büyük depremler genellikle Kayseri

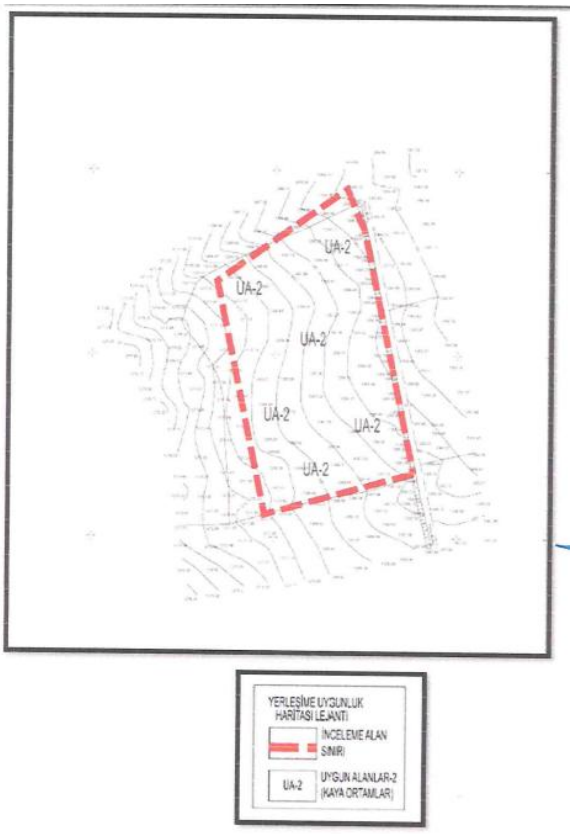
merkez, güneybatı kesimleri ve kuzeydeki Kızılırmak Fayı'na bağlı fay hatlarında oluşmuştur. Bölgedeki depremler genellikle 4-5 büyüklüğünde olsa da, 5'in üzerinde sarsıntılar da beklenmektedir. Bu nedenle, mühendislik projelerinde bu risk dikkate alınmalıdır. Olasılık analizlerine göre, Kayseri için $\log N = 3.12 - 0.46M$ bağıntısı kullanılarak deprem sıklığı tahmin edilmektedir. (Gençoğlu, İnan ve Güler, 1990)

2. KAYSERİ BÜNYAN İĞDECİK MAHALLESİ MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMASI

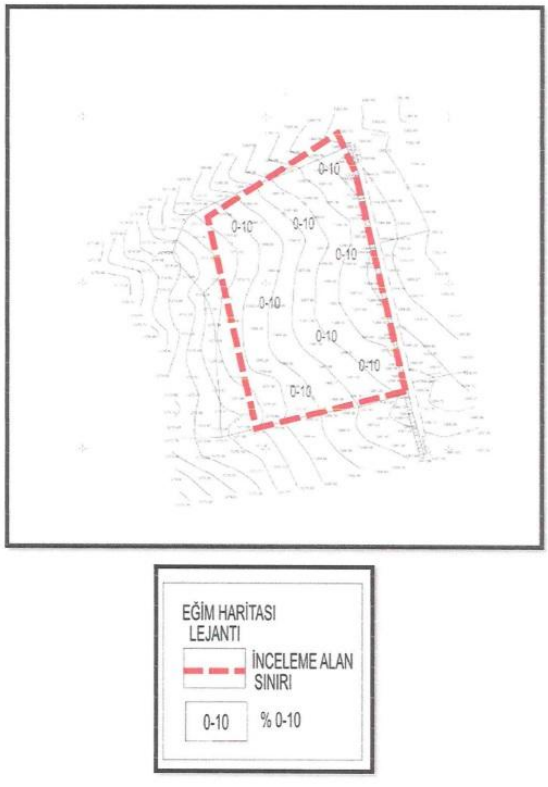
Bu çalışma, Kayseri ili Bünyan ilçesi İğdecik Mahallesi'nde yürütülmüş olup, mikrobölgelemenin ilk aşamasında bölgeye ait tektonik, sismolojik ve jeolojik veriler ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Saha gözlemleriyle birlikte jeofizik ve jeoteknik veriler toplanarak analiz edilmiş, böylece bölgenin coğrafi ve jeolojik özellikleri ayrıntılı şekilde ortaya konmuştur.



Görsel 12. İnceleme Alanına Ait Google Earth Uydu Görüntüsü



Görsel 2. İnceleme Alanı Yerleşime Uygunluk Haritası



Görsel 3. İnceleme Alanı Ölçeksiz Eğim Haritası

Köşe No	Y	X	Pafta
1	496675.995521017	4314035.216478	K35-b-05-d-4-b
2	496648.315431423	4314167.33572807	K35-b-05-d-4-b
3	496638.791210138	4314190.652876	K35-b-05-d-4-b
4	496567.696523557	4314139.61666282	K35-b-05-d-4-b
5	496594.510998187	4314013.04824445	K35-b-05-d-4-b
6	496675.995521017	4314035.216478	K35-b-05-d-4-b

Çizelge 1. İnceleme Alanı Köşe Koordinat Listesi 1/1000(ITRF96)

Araştırma sürecinde, bölgenin zemin özelliklerini belirlemek amacıyla mikrotremör ölçümleri, sismik kırılma analizleri ve jeoteknik parametrelerin değerlendirilmesi gibi yöntemler uygulanmıştır. Ayrıca, deprem tehlikesi değerlendirmeleri için kritik öneme sahip olan yerel zemin davranışları ve büyütme faktörleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. İnceleme alanında, bölgeye özgü jeolojik ve jeoteknik yapıların tespit edilmesi, yapılaşma süreçlerinde zemin güvenliğinin sağlanması ve deprem tehlike değerlendirmelerinde önemli bir temel oluşturmuştur.

Serim Nu.	Tabaka Nu.	Vp (m/sn)	Vs (m/sn)	H (m)	Litoloji	Formasyon
Masw-1	1	1097	749	5.3	Bitkisel Toprak/Kırcçtaşı	(Toi) İncik Formasyonu
	2	1528	872		Kireçtaşı Birimi	
Masw-2	1	1279	867	3.7	Bitkisel Toprak/Kireçtaşı	
	2	1677	1018		Kireçtaşı Birimi	
Sismik Kırılma 1	1	978	678	4	Bitkisel Toprak/Kireçtaşı	
	2	1516	844		Kireçtaşı Birimi	
Sismik Kırılma 2	1	964	622	5	Bitkisel Toprak/Kireçtaşı	
	2	1574	855		Kireçtaşı Birimi	

Çizelge 2. Çalışma Alanının Vp, Vs hızları ve tabaka kalınlıkları

Jeolojik yapıların analizi kapsamında, inceleme alanında stratigrafik birimlerin litolojik özellikleri, mekanik dayanımı ve ayrışma dereceleri değerlendirilmiştir. Sondaj loglarından elde edilen bulgular, tabaka kalınlıkları ve Vp/Vs oranları gibi dinamik zemin parametreleriyle birleştirilerek zemin birimlerinin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan jeofizik ölçümler sonucunda, zemin ve kayaç birimlerinin Vp (P-dalgası hızı) ve Vs (S-dalgası hızı) değerleri ile tabaka kalınlıkları belirlenmiştir. Bu veriler, yerel zemin davranışlarını anlamak ve mühendislik tasarımlarında kullanılmak üzere Tablo 6'da özetlenmiştir.

$(Vs)_{30}$ [m/s]	
Serim No	
Masw-1	Masw-2
847.3 m/sn	997.6 m/sn

Çizelge 3. Yerel Zemin Sınıfının Belirlenmesi

Tablo 7'dde de gorilecegi uzere Masw-1 ve Masw-2 serim noktalarından elde edilen ortalama Vs30 değerleri, sırasıyla 847.3 m/sn ve 997.6 m/sn olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, yerel zemin sınıflarının ZB kategorisine dahil olduğunu göstermektedir. Özellikle RQD (Rock Quality Designation) değerleri kullanılarak kayaçların ayrışma dereceleri değerlendirilmiş ve RQD ve nokta yükleme dayanımı gibi parametrelerle zemin ve kayaç sınıflamalarına yönelik detaylı bir analiz gerçekleştirilmiştir.

RQD(%)	AYRIŞMA DERECESI	SIMGE
0-25	Tamamen Ayrışmış	W5
25-50	Çok Fazla Ayrışmış	W4
50-75	Orta Derecede Ayrışmış	W3
75-90	Az Ayrışmış	W2
90-100	Ayrışmamış	W1

Çizelge 4. Kayaçların RQD değerine Göre Ayrışma Derecesi Tanımlanması (Bieniawski 1973)

Bununla birlikte, jeofizik çalışmalar kapsamında sismik kırılma yöntemleri, mikrotremör ölçümleri ve elastik modül gibi parametrelerin incelenmesiyle, zemin ve kayaçların deprem dalgalarına karşı davranışlarının simülasyonu yapılmıştır. Bu veriler, yer hakim titreşim periyotlarının belirlenmesinde ve bölgesel spektral büyütme faktörlerinin hesaplanmasında kullanilmistir.

(a)		(b)	
Zemin hakim titreşim periyodu aralığı	Ölçüt Tanımı	Spektral Büyütme	Tehlike Düzeyi
0.10-0.30 sn	A	0.0-2.5	A (Düşük)
0.30-0.50 sn	B	2.5-4.0	B (Orta)
0.50-0.70 sn	C	4.0-6.5	C (Yüksek)
0.70-1.00 sn	D		

Çizelge 5. Yer hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (b) spektral büyütmelere göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal vd., 2004)

RQD(%)	KAYA KALİTE GÖSTERGESİ TANIMI
0-25	A. Çok Zayıf
25-50	B. Zayıf
50-75	C.Orta
75-90	D.İyi
90-100	E. Çok iyi (mükemmel)

Çizelge 6. RQD ile Kayacın Mühendislik Kalitesi Arasındaki İlişki (Deere, 1968)

Kayseri'nin sismotektonik özellikleri incelenirken, bölgedeki aktif fay hatlarının geometrisi ve deformasyon dinamikleri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. MTA ve AFAD verilerinden yararlanılarak yapılan değerlendirmelerde, inceleme alanının diri fay haritasındaki konumu ve bu fay hatlarına olan uzaklığı ile ilişkili olarak deprem tehlikesi değerlendirilmiştir.

2.1 Mikrobölgeleme Yöntemleri Kapsamında Çalışma Bölgesinin Zemin Büyütmelerine Göre Mikrobölgelendirilmesi

Kayseri ili Bünyan ilçesi İğdecik Mahallesi'nde yapılan bu çalışma, yerel zemin koşullarını analiz ederek deprem riskine karşı yapılaşmaya uygun alanları belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada, 5.5 metre derinliğe kadar SK-1 ve SK-2 sondaj kuyuları açılmış, karot numuneleri alınarak kapsamlı analizler yapılmıştır. Üst seviyelerde bitkisel toprak, alt seviyelerde ise Kireçtaşı Birimi'ne ait İnçik Formasyonu belirlenmiştir. Bu formasyon, zemin yapısının karakterini ortaya koymuş; zeminlerin ayrışma derecesi ise "tamamen ayrışmış" (W5) olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen veriler, sismik risk değerlendirmesi için önemlidir. Bu çalışmada, Kayseri Bünyan İğdecik Mahallesi'nde yapılan sondaj ve jeofizik analizlerle zemin ve kaya birimlerinin mühendislik özellikleri değerlendirilmiştir. SK-1 ve SK-2 sondaj kuyularından elde edilen TCR, SCR ve RQD değerleri sırasıyla %16-%9-%4 ve %13-%6-%3 olup, kaya birimlerinin "çok zayıf" mühendislik kalitesinde olduğunu göstermektedir. Jeofizik çalışmalarda MASW ve sismik kırılma yöntemleri uygulanmış, zeminlerin Vp ve Vs hızları belirlenmiştir. Bu değerlere göre, zemin tabakaları büyük ölçüde "sağlam" ve "sıkı-katı" sınıflarında yer almaktadır. Vs30 değerleri MASW-1 için 847.3 m/s, MASW-2 için 997.6 m/s olup, yapılaşmaya genel olarak uygun bir zemin yapısı ortaya koymaktadır. Ancak hız değerlerindeki farklılıklar, zeminin homojen olmadığını ve ayrıntılı mühendislik analizine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Mikrotremor ölçümleri sonucunda, yerel hakim titreşim periyotları T0 değerleri 0.23 ve 0.20 saniye, büyütme faktörleri A0 ise 2.22 ve 2.28 olarak bulunmuş; bu da zeminin deprem dalgalarını düşük-orta düzeyde büyüttüğünü göstermektedir. Nokta yükleme dayanımları ise 7.20 ve 8.10 kgf/cm² olarak ölçülmüştür.

Bu çalışmada, Kayseri Bünyan İğdecik Mahallesi'nde yapılan jeoteknik sondajlar ve jeofizik ölçümlerle zemin tabakalaşması detaylı şekilde incelenmiş, yerel zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Sondajlardan alınan karot numunelerine laboratuvar testleri uygulanmış ve baskın litoloji olarak "Toi-İncik Formasyonu"na ait kireçtaşı birimi tanımlanmıştır. RQD analizleri, bu birimin oldukça ayrışmış (W5 sınıfında) ve mühendislik açısından düşük kaliteli olduğunu göstermiştir. Jeofizik çalışmalarda MASW ve sismik kırılma

yöntemleri kullanılarak zeminin elastik modülleri ve Vp/Vs oranları hesaplanmıştır. MASW ölçümlerinde elde edilen Vs30 değerleri 847,3 m/s ve 997,6 m/s olup, zeminin genel olarak "sağlam" ve "orta derecede sıkı" yapıda olduğunu göstermektedir. Vp/Vs oranları da zeminlerin büyük ölçüde “katı” ve “sağlam” karakterde olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, tabakaların yoğunluk durumları da uygun yöntemlerle analiz edilmiştir. İğdecik Mahallesi’nde yapılan mikrotremör ölçümleriyle, zeminlerin deprem altındaki davranışları analiz edilmiştir. Hakim titreşim periyotları 0.22 sn ve 0.20 sn olarak belirlenmiş, düşük büyütme faktörleri ile zemin büyütme riskinin düşük olduğu görülmüştür. Mikrobölgeleme çalışmaları sonucunda yerel zemin sınıfı ZB ve kısmen ZA olarak tanımlanmıştır. Vs30 değerleri ve karot dayanımları, alanın genel olarak sağlam bir mühendislik zemini sunduğunu göstermektedir. Ancak, kireçtaşında gözlenen ayrışmalar, zemin yapısında heterojenlik oluşturarak dikkat edilmesi gereken bir unsur olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, Kayseri Bünyan İğdecik Mahallesi’nde yerel zeminlerin özelliklerini belirlemek için sismik kırılma deneyleri yapılmıştır. Bu yöntemle, zemin ve kaya birimlerinin P-dalgası (Vp) ve S-dalgası (Vs) hızları ölçülerek, zemin tabakalaşması, sıkılık ve taşıma kapasitesi analiz edilmiştir. İki farklı seride farklı derinliklerden elde edilen verilerle Vp/Vs oranları hesaplanmış, zemin dayanım ve sıkılık sınıfları belirlenmiştir. Sonuçlar, diğer jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle desteklenerek güvenilirlik artırılmış ve zeminlerin mühendislik parametreleri ayrıntılı şekilde ortaya konmuştur. Çalışma alanında yapılan sismik kırılma deneyleriyle, zemin tabakalarının Vp/Vs oranları ve Vs hızları ölçülmüş, bunlar üzerinden zemin sınıflandırmaları yapılmıştır. Sismik Kırılma 1 ölçümünde, Tabaka 1’in Vp/Vs oranı 1,44 olup “Sağlam”, Tabaka 2’nin oranı 1,79 ile “Sıkı-Katı” olarak tanımlanmıştır. Sismik Kırılma 2 ölçümünde ise Tabaka 1 için Vp/Vs 1,54 ile “Katı”, Tabaka 2 için 1,84 ile “Sıkı-Katı” sınıfına girmiştir. Vs30 değerleri sırasıyla 847,3 m/s ve 997,6 m/s olarak hesaplanmış ve her iki ölçüm de ZB (Az Ayrışmış, Orta Sağlam Kayalar) sınıfına dahil edilmiştir. Kireçtaşı birimlerinden oluşan zeminlerde yüksek dalga hızları, bu birimlerin dayanıklı ve stabil yapıda olduğunu göstermektedir. Genel olarak, zeminler sağlam ve sıkı-katı özellikler taşırken, yüzeye yakın tabakalarda ayrışma derecesinin yüksek (W5 - tamamen ayrışmış) ve kaya kalite göstergesinin çok zayıf (RQD %0-25) olması, bu bölgelerde dayanımın düşebileceğini işaret etmektedir. Bu durum, mühendislik uygulamalarında dikkat edilmesi gereken önemli bir parametredir.

MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) yöntemiyle yapılan ölçümlerde, zeminin elastik dalga hızları (Vp ve Vs) belirlenmiş ve zeminlerin dinamik davranışları değerlendirilmiştir. Elde edilen spektral büyütme faktörleri, zemin büyütmelerinin fiziksel özelliklere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. MASW-1 ölçüm noktasında büyütme faktörü 2.22 olarak hesaplanmış, bu da zeminin orta derecede büyütme kapasitesine ve sınırlı enerji absorpsiyonuna sahip olduğunu işaret etmektedir. Aynı noktada yer hakim titreşim periyodu 0.23 saniye olarak bulunmuş, bu da zeminin düşük periyotlu ve daha rijit bir davranış sergilediğini göstermektedir. Bölgedeki formasyon, Toi (İncik Formasyonu) olarak tanımlanmış olup, bu jeolojik yapı zemin dinamik özelliklerinin temelini oluşturmaktadır. Bu veriler, bölgedeki zeminlerin deprem etkilerine karşı dayanıklılığı ve davranış biçimleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

MASW yöntemiyle yapılan ölçümlerde, zeminin elastik dalga hızları (Vp ve Vs) belirlenmiş ve dinamik davranışları değerlendirilmiştir. MASW-1 noktasında büyütme faktörü 2.22, MASW-2 noktasında ise 2.28 olarak hesaplanmış, bu da zeminlerin orta derecede büyütme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Her iki noktada yer hakim titreşim periyotları kısa olup; MASW-1'de 0.23 sn, MASW-2'de 0.20 sn olarak bulunmuştur. Bu değerler, zeminin sert ve rijit yapısını işaret eder. Bölgedeki zeminler Toi (İncik Formasyonu) olarak tanımlanmış olup, elastik deformasyonları genellikle stabil seyretmektedir. Büyütme faktörlerinin orta seviyede olması, deprem dalgalarının yayılma yeteneğinin sınırlı olduğunu ve zeminin deprem etkilerine karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir. Böylece, kısa süreli deprem dalgalarında önemli bir büyütme etkisi beklenmemektedir. Bu veriler, bölgenin sismik risk değerlendirmesi için önemlidir.

2.1.1 Zemin Büyütmelerinin Hesaplanması

Çalışma bölgesinde zemin büyütmeleri, mikrotremör ölçümleri ve kayma dalgası hızları (Vs) kullanılarak hesaplanmıştır. Spektral büyütme faktörleri, MASW ve sismik kırılma verileriyle doğrulanmıştır. Mikrotremör ölçümleriyle elde edilen büyütme faktörleri MASW-1 için 2.22, MASW-2 için 2.28 olarak bulunmuştur. Vs30 değerleri ise MASW yöntemiyle belirlenmiş ve sırasıyla 847.3 m/s ve 997.6 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, zemin büyütmesi ile doğrudan ilişkilidir. Spektral analiz sonuçları, bölgedeki zeminlerin elastik özelliklerini ve titreşim davranışlarını ortaya koymuştur. Özellikle büyütme faktörlerinin düşük seviyede olması, zeminlerin deprem dalgalarına karşı kararlı ve stabil bir tepki verdiğini göstermektedir. Böylece, çalışma alanındaki zeminlerin sismik risklere karşı dayanıklı olduğu anlaşılmıştır. Bu bilgiler, bölgenin deprem mühendisliği ve yapı güvenliği açısından önemli veriler sunmaktadır.

2.1.2 Zemin Büyütmelerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çalışma alanında kayma dalgası hızları, sismik kırılma ve MASW yöntemleriyle belirlenmiştir. Vs değerleri 847-997 m/s arasında değişerek zeminin genel olarak sağlam ve dinamik yükler altında stabil olduğunu göstermektedir. Mikrotremör verileri kullanılarak, spektral analizle zemin büyütme faktörleri ve hakim titreşim periyotları hesaplanmıştır. MASW-1 noktasında büyütme faktörü 2.22 ve hakim titreşim periyodu 0.23 saniye, MASW-2 noktasında büyütme faktörü 2.28 ve hakim titreşim periyodu 0.20 saniye olarak bulunmuştur. Bu değerler, zeminin deprem dalgalarını sınırlı büyüttüğünü ve bölgenin kararlı bir zemin yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Mikrotremör ve kayma dalgası hızlarından elde edilen sonuçlar uyumlu olup, zemin dinamik özelliklerinin güvenilir şekilde tespit edildiğini ortaya koymaktadır. Bu bilgiler, bölgenin deprem mühendisliği açısından önemli veriler sunmaktadır.

Çalışma alanında mikrotremör analizleri ve kayma dalgası hızı (Vs) ölçümleri, zeminlerin dinamik özelliklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mikrotremör analizlerinden elde edilen büyütme faktörleri (A0) 2.22 ile 2.28 arasında bulunmuş, hakim titreşim periyotları (T0) ise 0.20 ile 0.23 saniye arasında değişmiştir. Bu değerler, zeminin deprem dalgalarına karşı orta derecede büyütme kapasitesine sahip olduğunu ve kısa periyotlu titreşim özellikleri nedeniyle deprem etkilerinin sınırlı büyütme oranlarıyla sürdüğünü göstermektedir. Kayma

dalgası hızları, 30 metre derinlikte 847 m/s ile 997 m/s arasında ölçülmüş olup, zeminlerin genellikle ZB sınıfında ve rijit bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Sismik kırılma ve MASW yöntemleriyle hesaplanan Vs değerleri, mikrotremör analizleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Bu benzerlik, zeminlerin sismik dalgalara karşı stabil ve homojen bir yapı sergilediğini doğrulamaktadır. Sonuç olarak, spektral analizler ve mikrotremör verileri, çalışma alanının zemin dinamik davranışlarının öngörülebilir ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler, bölgenin deprem mühendisliği açısından önem taşımaktadır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada Kayseri ve çevresinin deprem riski, jeolojik ve sismolojik verilerle detaylıca incelenmiştir. Bölge, Orta Anadolu'nun aktif fay hatları üzerinde yer aldığından önemli deprem tehlikesi taşımaktadır. Jeoteknik ve sismik incelemelerle zemin özellikleri analiz edilmiş, zeminlerin genellikle ZB sınıfı ve rijit yapıda olduğu tespit edilmiştir. Kayma dalgası hızları (Vs30) 847-997 m/s aralığında olup, bu da zeminlerin deprem dalgalarına karşı dirençli olduğunu göstermektedir. Mikrotremör analizleriyle belirlenen spektral büyütme faktörleri (A0) 2.22-2.28 arasında bulunmuş, hakim titreşim periyotları (T0) ise 0.20-0.23 saniye aralığındadır. Bu sonuçlar, zeminlerin orta derecede büyütme kapasitesi ve düşük rezonans riskine işaret etmektedir. Ancak, ayrışmış tabakalar ve organik içerikli zeminlerde büyütme faktörleri artmakta, bu da yerel dinamik davranışta olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, yapı temellerinin tasarımında bölgesel dinamik analizlerin yapılması gerekmektedir. Elde edilen veriler, bölgedeki yapılaşmanın güvenli planlanması ve deprem riskinin azaltılması için kritik önemdedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Kayseri ve çevresinde yapılan kapsamlı jeoteknik ve sismik çalışmalar, bölgenin deprem riskleri ve zemin özelliklerine dair önemli veriler sağlamıştır. Bölge, aktif fay hatları (Ecemiş, Gesi, Tekir) nedeniyle yüksek sismik tehlike altındadır. Mikrotremör, MASW ve sismik kırılma yöntemleriyle yapılan analizlerde zeminlerin genellikle ZB sınıfında, rijit ve dayanıklı olduğu; Vs30 değerlerinin 847-997 m/s arasında değiştiği belirlenmiştir. Ancak, ayrışmış tabakalar ve organik içerikli zeminler yerel olarak zemin büyütme faktörlerinin (A0) 2 ila 4 arasında değişmesine ve rezonans risklerinin artmasına yol açmaktadır. Hakim titreşim periyotları 0.20-0.35 saniye arasında olup, bu kısa periyotlar zeminin deprem dalgalarını sınırlı büyütmeyle ilettiğini göstermektedir.

Bu durum, yapı temellerinin tasarımında ayrıntılı jeoteknik ve dinamik analizlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle düşük Vs değerine sahip ve ayrışmış tabakaların bulunduğu alanlarda zemin-yapı etkileşimi dikkatle incelenmelidir. Yüksek büyütme faktörlü bölgelerde bina yükseklikleri ve rezonans riskleri göz önünde bulundurulmalıdır. Mikrotremör ve MASW verileriyle oluşturulan zemin dinamik haritalarının imar planlarına entegre edilmesi, güvenli yapılaşma için kritik önemdedir.

Ayrıca, kritik altyapılar için zemin koşullarının uygunluğu sağlanmalı, köprü ve viyadüklerde sismik izolasyon sistemleri kullanılmalıdır. Mevcut yapı stoğunun deprem dayanıklılığı yeniden değerlendirilip güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Bölgedeki aktif fayların izlenmesi için sismik izleme sistemlerinin artırılması ve erken uyarı sistemlerinin

kurulması önerilmektedir. Sonuç olarak, zemin büyütme faktörleri ve hakim titreşim periyotlarının detaylı haritalanması, bölgesel deprem riskinin azaltılmasında önemli bir rehber olacaktır.

KAYNAKÇA

Coşkun, İ. Ş. Ç. İ. (2008). Deprem Nedir Ve Nasıl Korunuruz?. Journal of Yasar University, 3(9), 959-983.

Gençoğlu, S., İnan, E., & Güler, H. H. (1990). Türkiye'nin deprem tehlikesi raporu. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası III. Yönetim Kurulu, Kasım 1990, Ankara

.

Koçyiğit, A., & Beyhan, A. (1998). A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 284(3-4), 317-336.

Öztürk, E. (2003). Kayseri kenti yerleşim alanının mühendislik jeolojisi özellikleri (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 71 s. Sivas).

COMPARATIVE EVALUATION OF SELECTED SOFTWARE-ASSISTED SURFACE ANALYSIS TECHNIQUES IN NANOSCALE SURFACE CHARACTERIZATION

MSc Student, Meryem Didar BAYRAKÇIL

Sivas Cumhuriyet University,

mdidarbayrakcil@gmail.com - ORCID ID0009-0001-3326-4171

Prof. Dr. Nevcihan GÜRSOY

Sivas Cumhuriyet University,

ngursoy@cumhuriyet.edu.tr - ORCID ID0000-0002-6573-0763

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of metrology techniques for nanosurface characterisation, focusing on a phone case sample coated with nanoholograms. Surface roughness was characterised using Scanning Electron Microscopy (SEM), Atomic Force Microscopy (AFM), an Optical Profilometer and Infinite Focus Microscopy, in accordance with ISO standards. SEM analysis yielded Rq values of 0.015–0.024 µm with a resolution of 1.2–3.0 nm, whereas AFM determined Ra values of 4.757–47.041 nm with a vertical resolution of 0.05 nm.

Infinite focus microscopy provided rapid 3D scanning, yielding Sa and Sq values of approximately 0.103 µm and 0.136 µm, respectively, while the 3D profilometer detected Ra values ranging from 72.3 nm to 2.14 µm with a vertical resolution of less than 1 nm. The comparative evaluation revealed that AFM is optimal for sub-nanometre precision applications, while infinite focus microscopy offers rapid 3D characterisation.

The study emphasises the important threshold of Ra <50 nm for optical applications and provides guidance on selecting appropriate metrology methods for nanomaterial characterisation. The results demonstrate that the integrated use of multiple techniques is essential for accurately measuring nanosurface properties.

Keywords: Atomic Force Microscopy, Nanotechnology, Material Characterisation, Surface Analysis, Nanoscale Structures[1]

[1]This study is derived from the thesis "Comparative Evaluation of Selected Software-Assisted Surface Analysis Techniques in Nanoscale Surface Characterization" prepared under the supervision of Prof. Dr. Nevcihan Gürsoy.

1. INTRODUCTION

Nanotechnology has transformed various industries by enabling precise manipulation of materials at the nano scale [1]. One key application is the development of nanostructured surfaces, such as nanoholograms, which exploit light interference to produce vivid colors without pigments [2]. Advanced metrology and precise nanomeasurement techniques are essential for accurate characterization and quality analysis of these surfaces [3]. This study evaluates the effectiveness of SEM, AFM, IFM, and profilometry in analyzing nanohologram-coated surfaces, focusing on surface roughness and geometric dimensions.

2. EXPERIMENTAL WORK

2.1. Sample Preparation

The study analysed a phone case sample featuring nanoholographic elements. The sample was cleaned ultrasonically to remove contaminants and mounted securely for measurement.



Figure 1. Nanohologram Coated Phone Case Sample

Figure 1 is nanohologram-coated phone case sample used in the study showing the holographic surface pattern and overall dimensions.

2.2. Nanostructured Surfaces

Structural coloration, observed in butterfly wings and peacock feathers, results from light interaction with nanoscale features. This phenomenon is replicated in nanoholograms, where precise surface structures manipulate light to produce colors [4]-[5].



Figure 3. Structural Coloration in Morpho Butterfly Wings [6].

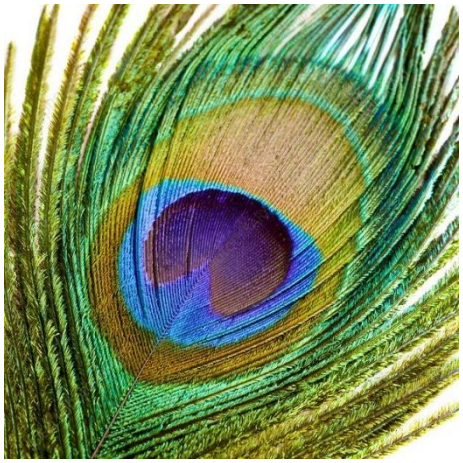


Figure 2. Structural Coloration in Peacock Feathers [7].

Natural example of structural coloration demonstrates how complex optical effects can arise from precise nanostructural organization without the need for pigments Figure 2. and Figure 3. show examples from nature that make use of structural coloration [8].

2.2. Measurement Techniques

- **SEM:** High-resolution imaging and elemental analysis were performed using an FEI Quanta 250 SEM (Figure 4.), with acceleration voltages of 0.2–30 kV.
- **AFM:** A Park Systems XE7 AFM (Figure 5.) was used in non-contact mode for topographical mapping, achieving a vertical resolution of 0.05 nm.

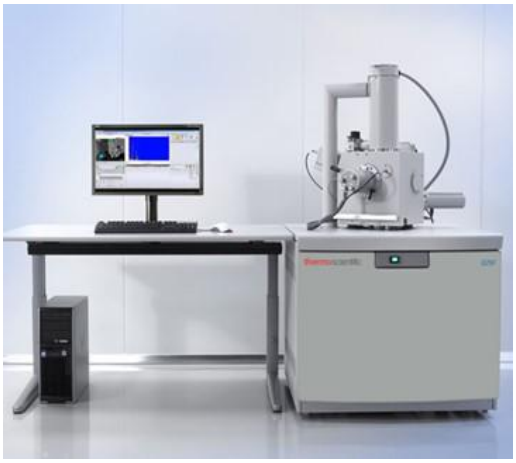


Figure 4. FEI Quanta 250 SEM [9].



Figure 5. AFM Park XE7 [10].



Figure 6. Alicona Infınıte Focus 5G [11].



Figure 7. Top Map Micro View optical surface profiler [12].

- **Infinite Focus Microscopy:** The Alicona 5G system (Figure 6.) provided 3D surface texture analysis with a lateral resolution of 0.41 µm.
- **3D Profilometer:** Optical profilometry (Figure 7.) was employed for rapid areal roughness measurements.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Surface Roughness Analysis

Four distinct metrology techniques were employed to characterize nanoscale surface properties, each demonstrating unique measurement capabilities:

- **Scanning Electron Microscopy (SEM):** Achieved Rq values ranging from 0.015 to 0.024 µm, providing exceptional morphological detail with 1.2 nm resolution capability.
- **Atomic Force Microscopy (AFM):** Delivered Ra measurements between 4.757 and 47.041 nm, demonstrating superior vertical resolution of 0.05 nm for atomic-scale surface analysis.
- **Infinite Focus Microscopy:** Recorded Sa and Sq values of 0.103 µm and 0.136 µm respectively, with rapid scanning capabilities of 1.7 million points per second.
- **3D Optical Profilometry:** Detected Ra values spanning 72.3 nm to 2.14 µm, offering efficient large-area measurements with 0.41 µm lateral resolution.

The surface roughness was characterised in accordance with the ISO standard.

Table 1. Performance Comparison of Surface Characterization Techniques

Technique	Parameter	Value Range	Key Advantage
SEM	Rq	0.015 - 0.024 µm	High-resolution morphological analysis
AFM	Ra	4.757 - 47.041 nm	Atomic-scale precision
Infinite Focus Microscopy	Sa	0.103 µm	3D characterisation efficiency

Infinite Focus Microscopy	Sq	0.136 µm	3D characterisation efficiency
3D Profilometer	Ra	72.3 nm - 2.14 µm	Balance between speed and resolution

Table 1 shows the performance comparison of five surface characterization techniques with their respective parameters and key advantages.

3.2. Comparative Evaluation

Each technique exhibited distinct operational characteristics suited to specific measurement requirements. AFM provided unmatched precision for sub-50 nm features but required extended acquisition times. Infinite Focus Microscopy demonstrated optimal throughput for three-dimensional surface mapping in industrial quality control environments. SEM proved indispensable for simultaneous topographical and compositional analysis through EDS capability, though non-conductive samples required surface coating. The 3D optical profilometer offered the most practical solution for production-line measurements, effectively bridging laboratory precision with industrial speed requirements.

4. CONCLUSIONS

This comparative investigation assessed four complementary metrology approaches for nanoscale surface characterization, revealing distinct performance profiles optimized for specific applications.

Key Technical Findings:

Atomic Force Microscopy (AFM) emerged as the benchmark technique for ultra-high resolution measurements, proving particularly effective for surface features below 50 nm. Its vertical resolution capability of 0.05 nm makes it essential for fundamental research applications requiring atomic-scale precision.

Infinite Focus Microscopy demonstrated superior efficiency in rapid three-dimensional surface reconstruction, processing 1.7 million measurement points per second while maintaining sufficient resolution for most industrial quality control applications.

Scanning Electron Microscopy provided unique dual functionality, combining high-resolution topographical imaging with elemental composition analysis through integrated EDS systems. This makes it invaluable for defect identification and materials characterisation.

3D Optical Profilometry the most versatile solution for large-area surface assessment, spanning the measurement range from the nanometre to the micrometre scale while remaining compatible with production environments.

Final Assessment:

The optimal metrology strategy employs an integrated multi-technique approach, leveraging the complementary strengths of each method. This comprehensive framework addresses the full spectrum of nanoscale surface characterization requirements across both research and industrial applications, ensuring measurement accuracy while maintaining operational efficiency.

REFERENCES

[1]https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/technology-and-innovation/nanotechnology/index.cshtml
(Access Date: 09.09.2025)
[2] Rezaei, S.D., Dong, Z., Chan, J.Y.E., Yang, J.K.W. et al. Nanophotonic Structural Colors, ACS Photonics, July, 2020. DOI: 10.1021/acsphotonics.0c00947
[3] Ali, S.H.R. Advanced Nanomeasuring Techniques for Surface Characterization, International Scholarly Research Notices, December, 2012. DOI: 10.5402/2012/859353
[4] Zhao, Y., Phang, Y.S. Structural Coloration of Butterfly Wings and Peacock Feathers, In: Use of Smartphones in Optical Experimentation, September, 2022. DOI: 10.1117/3.2640586.ch13
[5] https://seas.harvard.edu/news/2016/11/new-technique-structural-color-inspired-birds
(Access Date: 09.09.2025)
[6] Santa Barbara Museum of Natural History. Bio-inspired Materials: Structural Color in Nature. https : / / www . sbnature . org / publications / blog / 2 / posts / 66 / bio - inspired- materials- structural- color- in- nature. Accessed: 19 December 2024.
[7]https://www.sciencephoto.com/media/688672/view.SciencePhoto Library.ScientificImage.
(Access Date:19 Haziran 2024)
[8] https://softbites.org/tag/structural-color/.SoftBites.
Structural Color Archives. Science communication website, accessed on July10, 2025. 2023.
[9] Mophenede3D. Scanning electron microscope FEI Quanta 250 SEM. http://www.mophene3d.com/en/show-32-27-1.html. (Access Date: 09.09.2025)
[10] https://www.tuwien.at/mwbw/wwwt/ausstattung/mikroskopie
(Access Date:18 Haziran 2024)
[11]https://decom.de/portfolio-item/alicona-infinitefocus-g5 Decom. Infinite Focus Microscope.
(Access Date: 09.09.2025)
[12]https://www.polytec.com/int/surface-metrology/products/3d-surface-profilers/topmap-microview Polytec. TopMap Micro.View® - Table-top optical surface profiler. Polytec GmbH.
(Access Date: 09.09.2025)

EKOLOJİK BİNALARIN ZAMAN İÇİNDE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKILARI

Mimar/İnşaat Mühendisi, ERDAL AY

erdalay__23@hotmail.com - 0000-0002-7065-1568

ÖZET

Bu çalışma, ekolojik bina uygulamalarının uzun vadede ülke ekonomisine sağladığı katkıları çok boyutlu olarak ele almayı amaçlamaktadır. Geleneksel yapı tekniklerine kıyasla daha sürdürülebilir ve çevre dostu olan ekolojik binalar; enerji verimliliği, su tasarrufu, atık yönetimi ve yenilenebilir kaynak kullanımı gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. İlk yatırım maliyetleri her ne kadar yüksek olsa da, bu yapıların işletme ve bakım giderlerinde sağladığı tasarruf, orta ve uzun vadede önemli ekonomik avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, yerel malzeme kullanımının teşvik edilmesi, yeşil bina teknolojilerinin geliştirilmesi ve istihdam yaratma potansiyeli, ekolojik yapıların makroekonomik düzeydeki etkilerini güçlendirmektedir. Bu bağlamda çalışmada, çeşitli ülkelerden örnekler incelenerek, ekolojik binaların kamu harcamalarına, enerji ithalatına, inşaat sektörünün dönüşümüne ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine olan katkıları analiz edilerek ekonomik büyüme ve kaynak verimliliği açısından stratejik bir değer taşıdığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Ekolojik bina, Sürdürülebilirlik, Enerji tasarrufu, Çevre ve iklim.

1. GİRİŞ

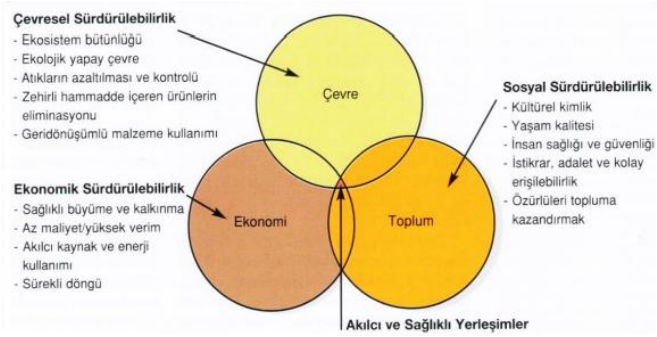
Temel yaşamsal ihtiyaçların başında gelen barınma ihtiyacı tarih boyunca iklim şartlarına göre korunma, çevre koşullarına göre güvenliği sağlama ve sosyal anlamda aidiyet oluşturma amaçlarına dayalı olarak şekillenmiştir. İlkel zamanlarda kullanılan mağaralar, doğrudan doğadan temin edilen sazlar ve çamur gibi malzemeler ile inşa edilen barınaklar zamanla tarım toplumuna geçiş ile yerleşik hayatı ön plana çıkararak daha kalıcı ve yerleşik yapıların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Sanayi devrimi ile nüfus artışları, hızlı kentleşmeler ve teknolojik ilerlemeler barınma ihtiyacının sadece fiziksel bir ihtiyaç olmadığını aynı zamanda ekonomik, politik ve sosyokültürel bir unsur haline gelmesine neden olmuştur.

Tarihsel süreç boyunca yaşanan bu gelişim kullanılan malzemeler ve yapı tekniklerindeki ilerlemeler sonucunda mimari çeşitliliklere ve fonksiyonel olarak farklılıklara yol açmıştır. Bu doğrultuda modern zamanlarda barınma amaçları da dönüşerek korunma, güvenlik ve yaşam sürdürme gibi ihtiyaçların yanı sıra estetiklik, konfor gibi ihtiyaçlarda ön planda tutulmaya başlanmıştır. Ayrıca enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik gibi kavramlar oluşmuştur. Süreç boyunca iklim değişimleri, afet riskleri ve kentleşme zorunlulukları gibi nedenlerde barınma stratejilerinde belirleyici olmuştur.

Sanayi devrimi ile birlikte yaşanan değişimler hızla artan yapılaşmaların kontrolsüz olarak gerçekleştirilmesi ve sanayileşme nedeni ile enerji ihtiyaçlarının artmasına yol açmış, artan enerji ihtiyacı da fosil enerji kaynaklarının tüketimini arttırmıştır. Ekonomik olan fosil yakıtların aynı zamanda kolay elde edilebilir olması nedeniyle de çevreye verdiği zararlar kullanan toplumlar tarafından göz ardı edilerek kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıt temelli enerji sistemlerinin yaygınlaşması hava kirliliklerine dolayısıyla da iklim değişimlerine neden olmaya başlamıştır (Gökşen ve ark. 2017).

Fosil enerji kaynakları kullanımının çevreye verdiği zararlar ve giderek artan enerji ihtiyacı zamanla alternatif enerji kaynaklarına yönelimi ortaya çıkarmıştır. Bu durum öncelikli olarak enerji tüketiminde büyük rol oynayan binaların enerji ihtiyaçlarını karşılamak veya azaltmak amacı ile sürdürülebilir ve ekolojik mimarlık, yeşil mimarlık, enerji etkin yapılar, enerji duyarlı yapılar gibi yaklaşımları ortaya çıkarmıştır (Gökşen ve ark. 2017).

Sürdürülebilirlik günümüzde pek çok alana hitap etmektedir. Özellikle mimarlık uygulamalarında ön plana çıkmakta ve bu durum sürdürülebilir kalkınma modelini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma modeli; enerjinin etkin kullanımını ve doğa ile uyumu öncelikli kılarak mimari tasarım kriterlerini şekillendirmektedir. Günümüzde sürdürülebilirlik, ekoloji ve ekonomi alanları doğrultusunda şekillenen mimarlık ile çevreyi kirletmeyen, doğa ve iklim ile uyumlu, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek ekolojik yaklaşımlar benimsenmektedir (Görsel 1) (Kısa Ovalı, 2009).



Görsel 1. Ekolojik ve sürdürülebilir Yerleşim Modeli (Edwards, 2007)

Ekolojik yapılar, sadece çevresel sürdürülebilirlik açısından değil, uzun vadede ekonomik katkıları ile de dikkat çekmektedir. Bu yapılar enerji, su ve malzeme tasarrufu sağlayarak hem çevresel hem de ekonomik verimi artırmakta, atık üretimini azaltmakta ve doğal kaynakların verimli kullanımını teşvik etmektedir. Bu yapıların inşası ve işletilmesi, iklim değişikliğiyle mücadele, enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma gibi alanlarda da öncelikli olmaktadır.

2. EKOLOJİK BİNALARIN EKONOMİK KATKILARI

Günümüzde sürdürülebilir kalkınma anlayışı doğrultusunda inşaat sektörü artık enerji verimliliği, kentsel dönüşüm, inovasyon, yeşil kalkınma gibi kavramlar ile anılmaktadır. İnşaat sektörü tarım, sanayi ve hizmet sektörleri arasında işgücü kapsamı ve ekonomik büyümeye olan katkısı ile giderek yükselen bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır.

İnşaat sektöründe sürdürülebilir kalkınmayı başka bir deyişle sürdürülebilir ekonomik büyümeyi etkileyen bazı kavramlar mevcuttur. Bunlar:

- İnşaat sektöründe sürdürülebilirlik
- Sürdürülebilirlik ve sertifikasyon uygulamaları
- Teknoloji ve inovasyonu tetikleyen unsurlar olarak sıralanabilir.

2.1. İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir ekonomik büyüme, milli gelir ile birey bazında yıllık ortalama milli gelirin satın alma gücü ile orantılı olarak sürekliliğinin sağlanabilmesi ile olmaktadır. Ekonominin büyümesi tüketim anlamında taleplerin artması anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınma için tüketimin sürekli olarak artış göstermesi gerekmektedir. Taleplerin yıllık düzeylerinin bilinmesi ise hedefleri ve ekonomiye olan katkıları belirlemeyi sağlayacaktır. İnşaat sektörünün ekonomi alanındaki hedeflerini belirlerken, sürekliliğinin nitelikli ve kümülatif olarak sağlanabilmesi adına bazı kriterler karşımıza çıkmaktadır. Bunlar

- Kentleşme,
- Kentsel dönüşüm,
- İnovasyon,
- Enerji verimliliği,
- Bölgesel kalkınma ve yeşil büyümedir (Aksoylu ve Medetoğlu, 2018).

2.2. Sürdürülebilirlik ve Sertifikasyon Sistemleri

İnşaat sektörü, çevresel etkileri azaltmak ve kaynak verimliliğini artırmak amacıyla sürdürülebilirlik ilkesine yönelmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen LEED, BREEAM ve ÇEDBİK-Konut gibi yeşil bina sertifikasyon sistemleri; enerji verimliliği, su kullanımı, malzeme seçimi ve çevresel performans gibi kriterler ile yapıların değerlendirilmesini sağlamaktadır. Sertifikasyon sistemleri, sürdürülebilir yapıların yaygınlaşmasına katkıda bulunurken, sektörde kaliteyi ve çevre dostu uygulamaları da teşvik etmektedir (Kibert, 2016).

İnşaat sektöründe giderek yaygınlaşan yeşil bina, ekolojik bina olarakta isimlendirilen yapılar için geliştirilen metotlar; bina standartları, değerlendirme sistemleri, ürün sertifikaları gibi ölçütlerdir. 1990 yılı itibarı ile ülkeler kendi kriterlerine yönelik olarak değerlendirme ve sertifika metotlarını geliştirerek kontrol sistemlerini oluşturmuşlardır (Görsel 2) (Öztopcu ve Salman, 2019).

1990	İngiltere	BREEAM	Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu
1993	Kanada	BEPAC	Çevresel Performans Değerlendirmesi Oluşturma Kriterleri
1996	Hong Kong	HK-BEAM	Binalarda Çevresel Etki Değerlendirme Metodu
1998	ABD	LEED	Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik
1999	Tayvan	EEWH	Ekoloji, enerji Korunumu, Atık Azaltımı ve Sağlık
2000	Kanada	Green Globes	Yeşil Dünya
2002	Güney Kore	GBCS	Yeşil Bina Sertifika Sistemi
2002	Çok Uluslu	SB-Tool	Sürdürülebilir Bina Aracı
2003	İtalya	Protocollo Itaca	Itaca Protokolü
2004	Japonya	CASBEE	Yapılı Çevrenin Etkinliğine Yönelik Kapsamlı Değerlendirme Sistemi
2005	Portekiz	LiderA	Sürdürülebilir İnşaatın Değerlendirilmesi İçin Gönüllü Sistem
2005	Fransa	HQE	Yüksek Çevre Kalitesi
2006	Hindistan	GRIHA	Entegre Habitat Değerlendirmesi için Yeşil Derecelendirme
2006	Hong Kong	CEPAS	Kapsamlı Çevresel Performans Değerlendirme şeması
2007	Türkiye	ÇEDBİK-B.E.S.T.	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği-Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
2008	Almanya	DGNB	Alman Sürdürülebilir İnşaat Derneği Sürdürülebilirlik Konsepti - Yeni bina kalitesi
2009	Filipinler	BERDE	Ekolojik Duyarlı Tasarım Mükemmelliği Derecelendirme Sistemi. PHILGBC (Filipin Yeşil Bina Konseyi)

Görsel 2. Ölçütlere Dayalı Bazı Değerlendirme ve Sertifika Metotları

2.3. Teknoloji ve İnovasyonu Tetikleyen Unsurlar

İnşaat ve inşaat malzemesi sektöründe teknoloji ve inovasyon uygulamalarını etkileyen temel unsurlar maliyet, verimlilik ve etkinlik alanlarında performans ihtiyaçları, sürdürülebilirlik ve çevre alanlarındaki ihtiyaçlar, müşterilerin artan ve değişen talepleri, uluslararası standartlar ile kamu düzenlemeleri ve küresel anlamda artan rekabet ile tasarım yönelimleri olarak sıralanabilir. İnşaat ve yapı sektöründe kentsel dönüşüm doğrultusunda; yenilikçilik ve ARGE, inşaat ve yapı malzemesi sektöründe yer alan şirketlerin teknolojik ve inovatif faaliyetlerine ağırlık vermesi ile yeni ürünler geliştirmekte, süreç ve iş yönetimlerini iyileştirmekte, üretim teknolojilerini yenilemekte, verilen hizmetlerin kalitesini arttırmaktadır. İnşaat sektöründen hizmet satın alan müşterileri talepleri, çevre korunması ve kentleşmenin çevreye vereceği tahribatın en aza indirgenmesidir. Bu nedenle dünya çapında alınan tedbirler ve düzenlemeler gözetiminde inşaat malzemelerinin niteliğiyle birlikte inşaat sektöründe inovasyon zorunlu hale gelmektedir (Aksoylu ve Medetoğlu, 2018).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ekolojik bina uygulamalarının ülke ekonomisine olan katkıları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, ekolojik yapıların sadece çevresel sürdürülebilirlik açısından değil, aynı zamanda ekonomik büyüme, enerji verimliliği, istihdam artışı ve inşaat sektörünün dönüşümü gibi temel alanlarda stratejik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. İnşaat sektörünün fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir adım olup, bu bağlamda yeşil bina uygulamalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Ekolojik binalar, başlangıçta yüksek yatırım maliyetleri gerektirse de, uzun vadeli işletme giderlerinin düşüklüğü sayesinde ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, yerel malzeme kullanımı ve enerji tasarrufu sağlayan tasarım yaklaşımları ile hem bölgesel kalkınmayı desteklemekte hem de dışa bağımlılığı azaltarak cari açığın düşürülmesine katkı sunmaktadır. Bu yapılar aynı zamanda, teknoloji ve inovasyonun yapı sektöründe yaygınlaşmasını teşvik ederek sürdürülebilir şehirleşmeye öncülük etmektedir.

Bu amaç doğrultusunda bazı öneriler şu şekilde sıralanabilir:

Teşvik Politikaları: Ekolojik bina uygulamalarını yaygınlaştırmak için devlet destekli mali teşvikler, vergi indirimleri ve düşük faizli kredi programları geliştirilebilir.

Yasal Düzenlemeler: Sürdürülebilirlik kriterlerini zorunlu hale getiren yapı yönetmelikleri ve sertifikasyon sistemleri (ör. LEED, BREEAM, ÇEDBİK) daha yaygın ve erişilebilir hale getirilebilir.

Eğitim ve Farkındalık: Mimarlar, mühendisler ve yapı sektörü çalışanları için sürdürülebilir tasarım, enerji etkin malzeme kullanımı ve sertifikasyon sistemleri hakkında eğitim programları düzenlenebilir.

Yerel Üretim ve İnovasyon: Yerli ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin üretimi desteklenerek bölgesel kalkınma teşvik edilerek; Ar-Ge yatırımları artırılarak yeşil teknoloji uygulamaları yaygınlaştırılabilir.

Kamu Öncülüğü: Kamu binalarında ekolojik yapı standartları öncelikli hale getirilerek, kamu-özel iş birliği ile örnek projeler geliştirilerek ve bu uygulamalar toplum genelinde farkındalık yaratacak şekilde tanıtılabilir.

Sonuç olarak, ekolojik bina uygulamaları yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliği destekleyerek kalkınma politikalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmektedir. Türkiye'nin bu dönüşüm sürecini hızlandırabilmesi için kapsamlı stratejiler geliştirmesi ve çok paydaşlı iş birliklerini güçlendirmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Aksoylu, D. ve Medetoğlu, B., *İnşaat Sektörünün Sürdürülebilir Ekonomik Büyümeye Katkıları*, Internatıonal Congress Of Management Economy And Polıcy 2018 Sprıng, 313-324, İstanbul, 2018.

Edwards, B., *Sürdürülebilirlik Kültürü ve Mimari Tasarımın Önündeki Güçler*, Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyumu, Antalya, s.22-34, 2007.

Gökşen, F., Güner, C ve Koçhan, A., *Sürdürülebilir kalkınma için ekolojik yapı tasarım kriterleri*, Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 3(1), 92-107, 2017.

Kısa Ovalı, P., 2009, *Türkiye iklim bölgelerinin ekolojik tasarımının sistematiğinin uygulanabilir- Kayaköy yerleşmesinde örneklenmesi / Türkiye'deki iklim bölgelerine göre ekolojik tasarım kriterleri sistematiğinin oluşturulması: Kayaköy yerleşim örneği*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2009.

Kibert, C.J., *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, 4th Edition*, John Wiley & Sons, Inc.ISBN: 978-1119055174, 2016

Öztopcu, A. ve Salman, A., Sürdürülebilir Kalkınmada Akıllı Kentler, Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi, Volume:41, Spring-2019, 167-188, 2019.

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ÇATI TİPİ, CEPHE YÖNELİMİ VE PANEL TÜRLERİNİN ÜRETİM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mimar/İnşaat Mühendisi, ERDAL AY

erdalay__23@hotmail.com - 0000-0002-7065-1568

Prof. Dr., Halil AKINCI

Artvin Çoruh Üniversitesi,

halil.akinci artvin.edu.tr - 0000-0002-9957-1692

ÖZET

Güneş enerjisi sistemlerinin verimli çalışabilmesi, sadece panel teknolojisine değil, aynı zamanda binanın mimari tasarımına da doğrudan bağlıdır. Bu derleme çalışmasında, güneş enerjisi üretim performansını etkileyen başlıca tasarım parametreleri olan cephe yönelimi ve çatı tipolojisi ile güneş enerjisi panel türleri incelenmiştir. Literatürdeki mevcut çalışmalar, binanın güney yöneliminin enerji üretiminde optimum performans sağladığını, ancak bölgesel iklim ve çevresel faktörlere bağlı olarak farklı yönelimlerin de avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Çatı tipine göre yapılan analizlerde ise eğimli çatıların, panel yerleşimi açısından düz çatılara göre daha avantajlı olduğu, ancak düz çatıların tasarım esnekliği sunduğu belirtilmiştir. Ayrıca BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) tabanlı simülasyonların, bu değişkenlerin erken tasarım aşamasında değerlendirilmesine olanak sağlayarak enerji verimliliği odaklı tasarıma katkı sunduğu görülmektedir. Bu çalışma, güneş enerjisi sistemlerinin bina entegrasyonuna yönelik sürdürülebilir tasarım stratejileri geliştirmek isteyen araştırmacılar ve uygulayıcılar için kapsamlı bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler : Güneş enerjisi, Cephe yönelimi, Sürdürülebilir yapı, Enerji verimliliği, BIM (Yapı Bilgi Modelleme)

1. GİRİŞ

Binalar, insanların yaşantılarının büyük bir bölümünü geçirdikleri, barınma, güvenlik gibi temel ihtiyaçları ile çalışma ve sosyal yaşantılarını sürdürdükleri mekanlardır. Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de nüfus artışı, kentleşme, göç, deprem gibi doğal afetler nedenleri ile binalara duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle başta konutlar olmak üzere bina yapımlarındaki artış enerji tüketimini de arttırmaktadır. Dolayısıyla hızlı ve kontrolsüz nüfus artışları ile oluşan enerji ihtiyacı güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi artırmaktadır.

Binaların ciddi miktarlarda enerji tüketimi ve karbon emisyonuna neden olması literatürde birçok çalışmaya konu olmasına yol açmaktadır. Bu doğrultuda % 40 oranında küresel yıllık enerjinin binalar tarafından tüketildiği, yaklaşık %33 oranında sera gazı salınımını binaların gerçekleştirdiği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması ve karbon ayak izinin azaltılması hedefleri doğrultusunda, binalarda güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanmak oldukça önemli hale gelmiştir. Güneş enerjisi sistemlerinin verimli çalışması yalnızca fotovoltaik (PV) panel teknolojisinin niteliğiyle değil; aynı zamanda sistemin monte edildiği çatı tipi, cephe yönelimi ve panel yerleşim açısı gibi fiziksel faktörlerle de doğrudan ilişkilidir (Kalogirou, 2023; Green et al., 2021).

Bu kapsamda, mimari tasarım yaklaşımları yalnızca estetikliği değil aynı zamanda enerji üretim potansiyelini de belirleyici olarak görmektedir. Binaların güneşle olan ilişkisi, kent ölçeğinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir etkendir. Gelişen dijital teknolojilerle birlikte, erken tasarım aşamasında enerji modellemeleri yapmak mümkün hale gelmiş ve bu durum pasif enerji stratejilerinin uygulanabilirliğini artırmıştır.

Gittikçe artan enerji talepleri, yapılaşmanın yaygın olduğu alanlardaki binaların güneş enerjisi performans analizleri, yapılaşmaya yeni açılacak olan alanlara ait güneşlenme analizleri düşük enerjili tasarım uygulamaları ile sağlanabilir. Bu durum binalarda Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)'nin kullanımını gerekli kılmaktadır.

BIM teknolojisi birçok uygulamayı desteklemekte ve geliştirilmesine imkan tanımaktadır. Bşlangıçta tasarım ve tesis yönetimi aşamasında sağlayacağı avantajlar olmak üzere, BIM'in avantajları arasında enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği iyileştirmesi sıralanabilir. Bina modelinin doğal ışık alma, gölge ve güneş analizleri gibi enerji analiz fonksiyonları kullanılarak değerlendirilmesi, enerji verimliliği açısından tasarım kademesinde çeşitli alternatiflerin incelenmesine imkan tanımaktadır. Bu yöntem, tasarım aşamasının sonunda ayrı bir enerji analizi yapılmasını gerekli kılmakta ve bu durumun binanın enerji performansını iyileştirebilecek olan değişiklik fırsatlarını azaltan geleneksel 2 boyutlu araçlar kullanılarak yapılması mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda BIM, gelişmiş enerji verimliliği fonksiyonları nedeniyle binaları daha da yaşanabilir hale getirmek için yardımcı bir araç olarak kullanılmaktadır (Eastman et al., 2008; Ma et al., 2012; Volk et al., 2014; Bahadır, 2018).

BIM yazılımları, güneş analizleri gibi analiz seçenekleri sayesinde, binalarda güneş paneli kurulabilecek uygun alanın belirlenmesine, panellerin kurulacağı alanların alacağı güneş ışınımı miktarının hesaplanmasına imkan tanımaktadırlar. Bu doğrultuda Artvin Çoruh

Üniversitesi Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu binasının güneş enerji potansiyelinin değerlendirildiği tez çalışmasında (Görsel 1), bu seçenekler hep birlikte değerlendirilerek BIM tabanlı bir yöntem önerilmekte ve hem mimari hem de enerji verimliliği açısından bütüncül bir yaklaşım ortaya konulmaktadır (Ay, 2023).



Görsel 1. Borçka Acarlar Meslek Yüksek Okulu Binasının BIM Modeli (Ay, 2023)

2. CEPHE YÖNELİMİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Cephe yönelimi, güneş panellerine ulaşan ışınım miktarını belirlemesi yönü ile üretim performansını doğrudan etkilemektedir. Türkiye gibi kuzey yarımkürede bulunan ülkelerde güney cephe yönelimi, yıllık olarak en yüksek enerji verimliliğini sağlamaktadır (Huld et al., 2012).

Güneşin gökyüzündeki hareketi ve yıl içerisindeki eğimi göz önüne alındığında, optimum yönelimin güney yönü olması fizyolojik olarak da beklenen bir durum olmaktadır. Ancak kentsel alanlarda bina yoğunluğu ve gölgelenme faktörleri, bazen farklı yönelimlerin tercih edilmesini gerektirebilir.

Bu çalışmada ortaya konulan simülasyon sonuçları, güney cepheli ve eğimli çatılarda enerji üretiminin yaklaşık %15 oranında daha yüksek olduğunu göstermektedir.

3. ÇATI TİPOLOJİSİNİN SİSTEM VERİMLİLİĞİNE KATKISI

Çatının eğimi ve tipi, güneş panellerinin ışınımı alma derecesini etkilemektedir. Literatürde 30° eğimin sabit sistemler için optimum kabul edildiği bildirilmektedir (Duffie & Beckman, 2013). Eğimli çatılar, bu eğimi doğal olarak sağladıkları için güneş ışınlarını daha verimli alabilmekte ve kar, su gibi dış etkenlerin yüzeyde birikmesini önlemektedirler. Düz çatılar ise, kullanıcıya panel yerleşimini daha esnek belirleme olanağı sunmaktadır. Ancak düz çatılarda panellerin taşınabilir ayaklarla eğim verilerek kurulması gerektiğinden, ekstra montaj maliyetleri ortaya çıkabilmekte ve bu tür çatılarda bakım gereksinimi de daha fazla olabilmektedir.

Eğimli çatılarda daha yüksek ışınım değerleri elde edildiği ve özellikle kış aylarında performans farkının daha belirginleştiği görülmektedir (Çizelge 1)(Ay, 2023).

Çizelge 1. Artvin İli İçin Ortalama Güneşlenme Süreleri (Saat)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Güneşlenme Süresi	2.4	3.4	4.2	5.2	6.4	7.0	6.6	6.7	6.3	4.7	3.2	2.1	4.9

4. PANEL TÜRLERİNİN ENERJİ ÜRETİMİNDEKİ ROLÜ

Fotovoltaik sistemlerde kullanılan paneller genel olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar monokristal, polikristal ve ince film panellerdir. Monokristal paneller, yüksek verimlilikleriyle bilinir ve düşük ışık koşullarında dahi üretime devam edebilirler. Polikristal paneller daha uygun maliyetli olsalar da verim açısından daha düşüktür. İnce film paneller ise estetik ve yüzeye entegrasyon açısından avantajlı olmakla birlikte, büyük alan gereksinimi nedeniyle enerji yoğunluğu açısından dezavantajlıdırlar.

Çizelge 2. Panel Türlerine Göre Verimlilik ve Alan Gereksinimleri (Green et al. 2021)

Panel Türü	**Verimlilik (%)**	**Alan Gereksinimi (m^2/kW)**
Monokristal	20-22	5-6
Polikristal	17-19	6-7
İnce Film	11-14	8-10

Binalara entegre sistemlerde monokristal paneller üzerinden yapılan analizler doğrultusunda, bu panel türünün yıl genelinde daha dengeli ve yüksek verim sağladığı ortaya konulmaktadır. Bununla birlikte, panel türü seçiminde maliyet, mekan uygunluğu ve estetik gibi unsurlar da göz önünde bulundurulmalıdır.

5. BIM TABANLI SİMÜLASYONLAR İLE ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ

BIM teknolojisi, tasarım süreçlerinde enerji analizlerinin entegre biçimde yapılmasına olanak tanımaktadır. Autodesk Revit gibi yazılımlar kullanılarak yapılan güneş analizi simülasyonları, farklı çatı türleri ve panel yerleşimleri için öngörüler sunmaktadır. Bu sayede mimarlar, daha tasarım aşamasında güneşle etkileşimli kararlar alabilmektedirler.

BIM yaklaşımları doğrultusunda, cephe yönelimi ve çatı tipi gibi parametrelerin enerji performansı üzerindeki etkileri simülasyonlar aracılığıyla sayısal olarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemin, özellikle kentsel dönüşüm projeleri ya da yeni yapılarda enerji verimliliğini ön planda tutularak tasarım stratejilerinin belirlenmesi hususunda son derece faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında 3 farklı çatı tipi incelenmiştir. Birinci çatı tipi MYO binasının mevcut durumunda kullanılan birleşik kırma çatı tipidir (Görsel 2). İkinci tip ise çatısız ve döşeme

üzerine panellerin paralel yerleştirilmesi ile oluşturulan düz çatı tipidir (Görsel 3). Üçüncü çatı tipi ise tek yöne eğim verilerek oluşturulmuştur (Görsel 4) (Ay, 2023).



Görsel 2. MYO Binasının Mevcut Çatı Yönelim Durumu (210°)



Görsel 3. MYO Binasının Düz Çatı Yönelim Durumu (195°)



Görsel 4. MYO Binasının Tek Yöne Eğimli Çatı Yönelim Durumu (0°)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, güneş enerjisi sistemlerinin performansını etkileyen çatı tipi, cephe yönelimi ve panel türü gibi parametreleri Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) çerçevesinde değerlendirmiştir. Sonuçlar, güney yöneliminin ve eğimli çatıların enerji verimliliği açısından ön plana çıktığını göstermiştir.

BIM modellemesinin yapıldığı binanın mevcut durumuna göre saat yönünde 210° döndürülerek inşa edilmesi durumunda en yüksek enerji verimliliğini sağlayacağını göstermiştir (Görsel 2). Mevcut bina çatı tipi düz çatı olarak tasarlanmış olsaydı mevcut konumda saat yönünde 195° döndürülerek (Görsel 3) oluşturulacak olan konumda enerji verimliliği maksimum düzeyde olması elde edilecektir. Son olarak mevcut bina konumu korunarak çatı tipi tek yöne eğimli olarak tasarlandığı durumda (Görsel 4) yani 0° de iken bu çatı tipine göre en yüksek verimde enerji performansını sağlayacaktır.

Çalışmada monokristal panellerin verimlilik avantajı öne çıkarken, BIM tabanlı simülasyonların karar destek aracı olarak kullanılması, sürdürülebilir bina tasarımında yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

BIM'in oluşturacağı enerji modellemesi ve simülasyon araçları vasıtasıyla paydaşlar yapılardaki verimsiz ve atıl alanları kolaylıkla belirleyebilir ve optimum enerji performansı elde edebilmek için tasarım seçeneklerini inceleyebilirler. Meslek yüksekokulu binasının erken tasarımı aşamasında çatısı için GES yapılması planlanmış olsaydı, BIM aracılığı ile en uygun cephe yönelimi ve çatı tipi tasarım kademesinde belirlenebilecekti. Dolayısı ile güneş ışığından en verimli olacak şekilde istifade edilmesi mümkün olacaktı. Ayrıca, Öğütcü'nün 2023'te yaptığı çalışmada da belirttiği gibi MYO binasının erken tasarım sürecinde gün ışığı analizi yapılmış olsaydı pencere boyutları ve yönleri en uygun şekilde belirlenerek iç mekandaki güneşlenmenin arttırılması sağlanarak binanın enerji tüketimi azaltılarak yüksek performans elde edilebilrdi (Ay, 2023).

Gelecekte, farklı iklim bölgeleri için yapılacak benzer çalışmalar, sistemlerin yerel koşullara göre optimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, akıllı bina teknolojilerinin BIM ile entegrasyonu, performans takibini daha da etkin hale getirebilir.

KAYNAKÇA

Ay, E., *Binaların Güneş Enerjisi Üretim Performansının Yapı Bilgi Modellemesi Kullanılarak Değerlendirilmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Artvin, 2023.

Bahadır, Ü., *Yenileme Projelerinin Yönetim Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı: Vaka Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2018.

Duffie, J. A., & Beckman, W. A., *Solar engineering of thermal processes*, New York: Wiley, 1980.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 504 s., 2008.

Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X., *Solar cell efficiency tables (Version 57)*, Progress in photovoltaics: research and applications, 29(1), 3-15, 2021.

Huld, T., Müller, R., & Gambardella, A., *A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa*, Solar Energy, 86(6), 1803-1815, 2012.

Kalogirou, S. A., *Solar energy engineering: processes and systems*. Elsevier, 2023.

Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. & Ledo, L., *Existing Buildings Retrofits: Methodology and State-of-the-Art*, Energy and Buildings, 36: 889-902, 2012.

Öğütcü, R., *Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı Çerçevesinde BIM Tabanlı Araçların Sürdürülebilir Bina Tasarımına Etkisi: Bir Toplu Konut Projesinde Gün Işığı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2023.

Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F., *Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings-Literature Review and Future Needs*, Automation in Construction, 38: 109-127, 2014.

A NUMERICAL SCHEME BASED ON TAYLOR EXPANSION WITH STRONG ORDER OF CONVERGENCE 1 FOR RODEs

Minoo Kamrani

https://orcid.org/0000-0002-5053-3839

School of Mathematics, Statistics and Computer Science, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

m.kamrani@ut.ac.ir

Abstract

The main objective of this paper is to investigate numerical methods for solving ordinary differential equations involving stochastic processes with dimensions greater than one. Differential equations with an Itô diffusion, which is a solution to an Itô stochastic differential equation, are examined. For this aim, a numerical method based on Taylor expansion which has the order of convergence 1 is applied. Numerical expriements are established to show the theoretical results numerically.

Keywords:

Random differential equations, double stochastic integrals.

Introduction

Consider the following equation

$$\frac{dx_t}{dt} = f(x_t, y_t),$$

Where

$$dy_t = a(y_t)dt + \sum_{j=1}^{r} b_j(y_t)dW_t^j,$$

Therefore we have

$$d\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f(x_t, y_t) \\ a(y_t) \end{pmatrix} dt + \sum_{j=1}^{r} \begin{pmatrix} 0 \\ b_j(y_t) \end{pmatrix} dW_t^j.$$

Let $X = (x, y)^T \in \mathbb{R}^d, d = d_1 + d_2$ and $F(X) = \begin{pmatrix} f(x,y) \\ a(y) \end{pmatrix}, G_j(X) = \begin{pmatrix} 0 \\ b_j(y) \end{pmatrix}$.

Therefore, we have the following system of differential equations

$$dX_t = F(X_t)dt + \sum_{j=1}^{r} G_j(X_t)dW_t^j.$$

Let

$$X_{n+1} = \begin{pmatrix} X_{n+1}^1 \\ \vdots \\ X_{n+1}^{d_1+d_2} \end{pmatrix},$$

and consider the following numerical scheme based on Taylor expansion

$$X_{n+1} = \sum_{\alpha \grave{o} \Lambda_1} \mathrm{L}^{\alpha}\ id_X^k\left(\mathrm{t}_n, \mathrm{X}_n\right)\mathrm{I}_{\alpha,n}, \qquad k = 1, \ldots, d_1 + d_2,$$

where

$$\Lambda_1 = \{\emptyset, (0), (1), (2), (1,1), (1,2), (2,1), (2,2)\}.$$

So, $x_{n+1}^k = \sum_{\alpha \in \Lambda_1} L^{\alpha} id_X^k(t_n, x_n, y_n)\, I_{(\alpha,n)}, \qquad k = 1, \ldots, d_1$, where

$$\Lambda_1^0 = \{\alpha \in \Lambda_1 \subset M_2 : \alpha = \emptyset \text{ or } \ l(\alpha) \geq 1 \ \ s.t\ j_l = 0\} = \{\emptyset, (0)\}.$$

For $k = 1, \ldots, d_2$, *since* $X_{(n+1)}^{(d_1+k)} = y_{(n+1)}^k$ *therefore* $y_{n+1}^k = \sum_{\alpha \in \Lambda_1} L^{\alpha} id_X^k(t_n, y_n)\, I_{\alpha,n}, \qquad k = 1, \ldots, d_2.$

Therefore,

$$y_{n+1}^k = y_n^k + F^k(X_n)I_{(0),n} + \sum_{j=1}^{2} G_j^k(X_n)I_{(j),n}$$
$$+ \sum_{j_1,j_2=1}^{2} L^{(j_1)}G_{(j_2)}^k(X_n)I_{(j_1,j_2),n}, \qquad k = 1, \ldots, d_2, \qquad (1)$$

where

$$I_{(j,j),n} = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{t_n}^{s_2} dW_{s_1}^j dW_{s_2}^j = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \left(W_{s_2}^j - W_{t_n}^j\right) dW_{s_2}^j = \frac{1}{2}\left\{\left(\Delta W_n^j\right)^2 - \Delta_n\right\}.$$

Therorem: *The above numerical method has the the strong order of convergence 1.*

Sketch of the proof

The convergence analysis relies on applying a Taylor expansion to the exact solution of the RODE along each sample path, assuming the driving process is an Itô diffusion. The numerical method approximates the solution using first-order stochastic Taylor terms.

Numerical experiments

Consider the following equation which has many applications in

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= (1-\epsilon)pI - cV + \delta(Z_t),\\ \frac{dI}{dt} &= \beta TV + \frac{p_I}{T_{max}}(T_{max} - T - I)I - \delta(Y_t)I,\\ \frac{dT}{dt} &= \frac{\gamma}{T_{max}}(T_{max} - T - I),\end{aligned}$$

where

$dY_t = (\theta_1 - \theta_2 Y_t)dt + \theta_3 dW_t$, and

$$\delta(Y_t) = \delta_0\left(1 - \frac{2}{\pi}\tan^{-1}Y_t\right), \qquad \delta(Z_t) = \delta_0\left(1 - \frac{2}{\pi}\tan^{-1}Z_t\right).$$

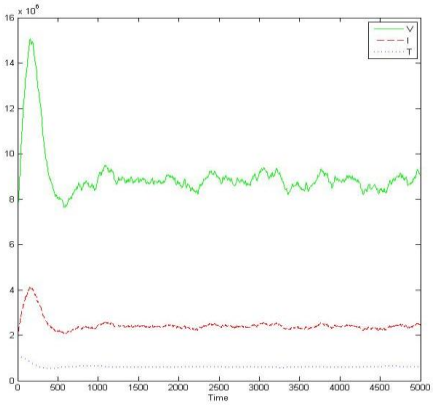
Therefore,

$$Y_t = \frac{\theta_1}{\theta_2} + \left(Y_0 - \frac{\theta_1}{\theta_2}\right)e^{-\theta_2 t} + \int_0^t e^{-\theta_2(t-u)}dW_u.$$

We can write the above equations as

$$d\begin{pmatrix}V_t\\ I_t\\ T_t\\ Y_t\\ Z_t\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}(1-\epsilon)pI_t - cV_t + \delta(Z_t)\\ \beta T_t V_t + \frac{p_I}{T_{max}}(T_{max} - T_t - I_t)I_t - \delta(Y_t)I_t\\ \frac{\gamma}{T_{max}}(T_{max} - T_t - I_t)\\ \theta_1 - \theta_2 Y_t\\ 0\end{pmatrix}dt + \begin{pmatrix}0\\0\\0\\ \theta_3\\0\end{pmatrix}dW_t^1 + \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\ Y_t\end{pmatrix}dW_t^2,$$

By applying the numerical scheme (1), the results are shown in Figure 1.



Discussion

This Taylor expansion-based numerical method provides an effective and efficient approach for solving random ordinary differential equations (RODEs) driven by multidimensional Itô noise. Its main strength lies in achieving strong convergence of order one, making it suitable for simulating sample paths with reasonable accuracy and computational cost.

The method is especially valuable in scenarios where multiple stochastic sources interact, such as in models of complex physical or biological systems, financial mathematics, and climate dynamics. The use of stochastic Taylor expansion up to first-order terms allows the scheme to retain both simplicity and reliability in simulations.

However, the applicability of the method is limited by the regularity assumptions on the coefficients and the structure of the driving noise. In systems with discontinuous or highly irregular coefficients, the convergence may deteriorate. Moreover, the scheme does not yet include adaptivity, which could improve performance for stiff or time-varying problems.

Future work could address these limitations by extending the scheme to adaptive frameworks, incorporating higher-order stochastic integrals, and integrating data-driven parameter estimation techniques. Comparative studies with other numerical methods in the context of multidimensional noise could also provide insight into the practical advantages and trade-offs of this approach.

References:

[1]. Arnold, L. (1997). Random Dynamical Systems, Springer-Verlag, Berlin.

[2]. Asai, Y. Herrmann, E. Kloeden, P. E. (2013). Stable integrations of stiff random ordinary differential equations, Stochastic Analysis and Applications, 31, 293-313.

[3]. Asai, Y. Kloeden, P. E. (2016). Multi- step methods for random ODEs driven by Itô diffusions, Computational and Applied Mathematics, 294, 210-224.

CONVERGENCE OF MULTI-STEP METHODS FOR RANDOM DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH WIENER NOISE

Minoo Kamrani

https://orcid.org/0000-0002-5053-3839

School of Mathematics, Statistics and Computer Science, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

m.kamrani@ut.ac.ir

Abstract

Random Ordinary Differential Equations (RODEs) represent a critical class of differential equations where randomness is incorporated either in the parameters, initial conditions, or driving processes. These equations are pivotal in modeling real-world phenomena influenced by stochasticity, such as biological systems, financial markets, and physical processes.

One-step and multi-step methods provide a computationally efficient and theoretically robust framework for numerically solving RODEs. This paper explores the development, analysis, and implementation of these methods tailored for RODEs. Additionally, this study includes a numerical example demonstrating the applicability of the proposed methods.

Keywords:

Random differential equations, one-step methods, multi-step methods.

Introduction

Consider the following equation:

$$\frac{dx}{dt} = f^0(t,x) + \sum_{j=1}^{r} f^j(t,x)\zeta_t^j. \qquad (1)$$

where the vector field is at most Hölder continuous with respect to the time variable. This class of equations can be considered as a pathwise ordinary differential equation (ODE) [2]. Since, due to the stochastic term, a wide range of these equations lack analytical solutions, their numerical solution has attracted significant attention in recent years. This work builds upon the deterministic theory of multistep methods and adapts it to the pathwise context of RODEs. A central challenge in this adaptation is ensuring that error propagation does not

accumulate uncontrollably due to stochastic fluctuations, especially in the case of multidimensional or irregular noise. Sample paths of the solution to equation (1) are continuously differentiable, but their derivatives are at most Hölder continuous with respect to time. Therefore, while numerical methods for solving ordinary differential equations (ODEs) are typically applicable pathwise to these equations, their convergence order is rarely preserved for solving them. To achieve higher convergence orders, novel numerical methods for solving random ordinary differential equations (RODEs) have been developed in recent years. Taylor expansion-based methods are studied in [4], and linear multistep methods along with their convergence for solving these types of equations are discussed in [1].

When the noise process is an Itô process, i.e., a solution of an Itô stochastic differential equation (SDE), the RODE-SODE pair forms a system of higher-dimensional stochastic differential equations. The pathwise convergence of stochastic Taylor methods for this class of equations is addressed in [3]. In the case where the stochastic equation includes two different noises, the numerical solution becomes more challenging than the one-dimensional case because numerical methods require the simulation of stochastic double integrals.

Since all existing sources for solving random equations focus on the simulation of equations with one noise, the primary objective of this paper is to propose numerical methods for solving random equations with two-dimensional noise. To this end, we first examine two methods for simulating the stochastic double integrals required in the corresponding numerical methods and then implement the proposed methods through an illustrative example.

Main results

We consider the following numerical scheme

$$\sum_{l=0}^{2}\alpha_l X_{n-l}^{k}=\sum_{l=0}^{2}\beta_l f_{n-l}^{0,k}\Delta_n+\sum_{l=1}^{2}\gamma_l\sum_{j=1}^{r}f_{n-l}^{j,k}\,I_{(j),n-l} \tag{2}$$

$$+\sum_{l=1}^{2}\delta_l\sum_{j=1}^{r}L^{j}\,f_{n-l}^{0,k}\,I_{(j),n-l}\,\Delta_n+\sum_{l=1}^{2}\dot{o}_l\sum_{j_1,j_2=1}^{r}L^{j_1}\,f_{n-l}^{j_1,k}\,I_{(j_1,j_2),n-l},$$

where $\Delta_i = t_{i+1} - t_i$ *and* $I_{(j),n} = \int_{t_n}^{t_{n+1}} d\zeta_s^j$,

$$L^0 = \frac{\partial}{\partial t} + \sum_{k=1}^{d} f^{0,k} \frac{\partial}{\partial x_k}, \qquad L^j = \frac{\partial}{\partial t} + \sum_{k=1}^{d} f^{j,k} \frac{\partial}{\partial x_k}, \qquad j = 1,2,$$

$$I_{(j_1,j_2),n} = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{t_n}^{s_2} d\zeta_{s_1}^{j_1} d\zeta_{s_2}^{j_2} \ .$$

Theorem:

If the coefficients of equation (1) satisfy the following relation

$$\zeta_T^j = \begin{cases} \alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 = 0, & \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 = 2\alpha_0 + \alpha_1, \\ \gamma_1 = \alpha_0, & \gamma_2 = \alpha_0 + \alpha_1, \\ \delta_1 = -\beta_0, & \delta_2 = \alpha_0 - \beta_0 - \beta_1, \\ \dot{o}_1 = \alpha_0, & \dot{o}_2 = \alpha_0 + \alpha_1, \end{cases}$$

then, the numerical scheme (2) has the order of convergence 2.

Sketch of the proof:

We consider the numerical scheme (2) for solving equation (1) pathwise. Under the assumption that the coefficients of the RODE satisfy the given Hölder continuity condition, and assuming sufficient regularity of the noise terms, we perform a local error analysis. For a fixed realization of the noise, the scheme reduces to a deterministic method applied to a time-dependent vector field.

Let $y(t)$ be the true solution of (1) and y_n the numerical solution at time t_n. The local truncation error can be shown to satisfy

$$\left|\left| y(t_{n+1}) - \varphi(y_n, t_n, h) \right|\right| \leq C\, h^3,$$

for some constant C > 0, where φ is the numerical update function defined in (2), and h is the step size. Standard stability arguments then imply that the global error accumulates as O(h^2), proving that the method has second-order convergence.

The key technical point in this proof is the boundedness and regularity of the driving process, which allows us to treat the equation deterministically along each sample path. For a rigorous treatment, see [1,4].

Discussion

The results presented in this study offer a promising approach for numerically solving random differential equations (RDEs) driven by multidimensional noise. The second-order convergence of the proposed multistep method makes it particularly suitable for problems where high accuracy is required over longer time intervals. One significant advantage of this method is its ability to handle the complexities introduced by the presence of two independent stochastic processes without requiring intricate simulation techniques for stochastic integrals.

However, some limitations remain. The method assumes a certain level of regularity in the coefficients of the RDEs, and its performance may degrade if this assumption is violated. Additionally, further investigation is needed to determine the stability and efficiency of the method when applied to stiff systems or systems with highly oscillatory solutions.

Future research may focus on extending the method to include adaptive step-size control, incorporating more general classes of noise, and exploring the use of higher-order schemes. Another potential direction is the development of error estimators to guide the refinement of the discretization in an automated fashion.

References

[1]. Asai, Y. Kloeden, P. E. (2016). Multi- step methods for random ODEs driven by Itô diffusions, Computational and Applied Mathematics, 294, 210-224.

[2]. Bunke, H. (1972). Gewöhnliche Differentialgleichungen mit zufälligen Parametern, Akademie- Verlag, Berlin.

[3]. Jentzen, A. Kloeden, P. E. (2011). Taylor Approximations of stochastics partial differential equations, CBMS Lecture series, SIAM, Philadelphia.

[4]. Jentzen, A. Kloeden, P. E. (2009). Taylor schemes for random ordinary differential equations, BIT Numerical Mathematics, 49, 113-140.

COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q −DERIVATIVE

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Grad. Stud. SELAHATTİN ÇİN*
Kafkas University, Kars/TURKEY
matematik_ogretmenleri@hotmail.com
0009-0004-7562-1482

ÖZET

Bu çalışmada, q −türevi ile ilişkili, karmaşık düzlemin açık birim diskinde tanımlanan yıldızıl ünivalent fonksiyonların yeni bir alt sınıfını tanımladık. Burada, bazı katsayı üst sınır tahminleri verdik ve bu tanımlanan sınıf için Fekete-Szegö problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Yıldızıl fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-yıldızıl fonksiyon, q −türev

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of starlike univalent functions defined in the open unit disk of the complex plane, related wıth q −derivative. Here, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Szegö problem for this defination class.

Keywords: Starlike function, univalent function, pseudo-stalike function, q −derivative

1. Introduction and Preliminaries

In this section, we give some basic information which we will use in our study.

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U=\{z\in\mathbb{C}:|z|<1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. By A, we will denote class of the functions $f\in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z)=z+a_2z^2+a_3z^3+a_4z^4+\cdots+a_nz^n+\cdots=z+\sum_{n=2}^{\infty}a_nz^n,\ a_n\in\mathbb{C}\ . \tag{1.1}$$

It is clear that the function $f\in H(U)$ belonging to the class A satisfies the conditions $f(0)=0$ and $f'(0)=1$.

The subclass of univalent functions of A is denoted by S in the literature. This class was first time introduced by Köebe [1] and has become the core ingredient of advanced research in this field. Later, many mathematicians became interested in coefficient estimates for this class. Within a short period, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the famous coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f\in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n|\le n$ for each $n\ge 2$. This coefficient hypothesis is known as the Bieberbach conjecture in the literature. In 1985, it was de-Branges [3], who settled this long-lasting conjecture. There were a lot of papers devoted to this conjecture in the literature (see [4-14]).

It is well known that the starlike function class in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by S^*

$$S^*=\left\{f\in S:\ \mathrm{Re}\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right)>0,\ z\in U\right\}.$$

Let's $f,g\in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f\prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z)=g(\omega(z))$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced and studied, as special choices of the class S^* (see for example [4, 9, 10, 15-25]).

Throughout this section and further on, we always make use the classical definition of quantum concepts as follows.

The $q-$numbers and $q-$factorial are defined, respectively by

$$[n]_q=\frac{1-q^n}{1-q}=1+q+\cdots+q^{n-1}=\sum_{k=0}^{n-1}q^k,\ q\in(0,1),\ n\in\mathbb{N};\ [0]_q!=1,\ [n]_q!=[n-1]_q![n]_q.$$

It is well known that in the standard approach to the $q-$calculus $q-$exponential function defined as follows

$$e_q^z=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{[n]_q!}=\prod_{n=0}^{\infty}\frac{1}{\left[1-(1-q)q^nz\right]},\ 0<|q|<1,\ |z|<\frac{1}{|1-q|}.$$

It is clear that $\lim_{q\to1}[n]_q=n$ and $\lim_{q\to1}[n]_q!=n!$. Also, $\lim_{q\to1}e_q^z=e^z$.

Now, let's we define new subclass of univalent functions defined in the open unit disk U.

Now, let's we define new subclass of univalent functions defined in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $q\in(0,1)$, $\lambda>\frac{1}{2}$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $S^*(\tau,\lambda;e_q^z)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)}-1\right]\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

In the case $\tau=1$ and $\lambda=1$, we have the following subclasses of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. For $q\in(0,1)$ and $\lambda>\frac{1}{2}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $S^*(\lambda,e_q^z)$, if the following condition is satisfied

$$\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)}\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

Definition 1.3. For $q\in(0,1)$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $S^*(\tau,e_q^z)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)}{f(z)}-1\right]\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

In addition, in the case $q\to1^-$ from the Definition 1.1, we have the following class of univalent functions.

Definition 1.4. For $\lambda>\frac{1}{2}$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $S^*(\tau,\lambda;e^z)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)}-1\right]\prec e^z,\ z\in U\ .$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0)=1$ and $\mathrm{Re}\left(p(z)\right)>0,\ z\in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(z)=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\cdots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n,\ z\in U\ . \qquad (1.2)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [26].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([27]). Let the function p belong to the class P. Then,

$|p_n| \le 2$ for each $n \in \mathbb{N}$, $|p_n - \nu p_k p_{n-k}| \le 2$ for $n,\ k \in \mathbb{N},\ n > k$ and $\nu \in [0,1]$.

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([27]) Let the an analytic function p be of the form (1.2), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1 x - (4 - p_1^2)p_1 x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \le 1$ and $|y| \le 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $S^*(\tau, \lambda; e_q^z)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $S^*(\tau, \lambda; e_q^z)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

First of all, we give the following theorem for coefficient evaluations.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $S^*(\tau, \lambda; e_q^z)$. Then, we have the following upper bound estimates

$$|a_2| \le \frac{|\tau|}{2\lambda - 1} \text{ and } |a_3| \le \frac{|\tau|}{3\lambda - 1} \begin{cases} 1 & \text{if } s(q,\tau,\lambda) \le 1, \\ s(q,\tau,\lambda) & \text{if } s(q,\tau,\lambda) \ge 1, \end{cases} \tag{2.1}$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda) = \frac{\left|(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)(1+q)\tau - (2\lambda - 1)^2\right|}{(2\lambda - 1)^2}.$$

Proof. Let $f \in S^*(\tau, \lambda; e_q^z)$, then exists Schwartz function $\omega : U \to U$, such that

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{z(f'(z))^\lambda}{f(z)} - 1\right] = e_q^{\omega(z)},\ z \in U. \tag{2.2}$$

Let's the function $p \in P$ defined as follows:

$$p(z) = \frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)} = 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n,\ z \in U. \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(z)=\frac{p(z)-1}{p(z)+1}=\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{2}\left(p_2-\frac{p_1^2}{2}\right)z^2+\frac{1}{2}\left(p_3-p_1p_2+\frac{p_1^3}{4}\right)z^3+\cdots,\ z\in U. \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$\begin{aligned}&(2\lambda-1)a_2z+\left((3\lambda-1)a_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2\right)z^2+\cdots\\&\quad=\tau\left[\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{4}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}p_1^2\right)z^2+\cdots\right],\ z\in U.\end{aligned} \tag{2.5}$$

By equate the coefficients on the left and right sides of the equality (2.5), we get

$$(2\lambda-1)a_2=\frac{\tau}{2}p_1;\ \text{that is}\ a_2=\frac{\tau}{2(2\lambda-1)}p_1 \tag{2.6}$$

$$(3\lambda-1)a_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}p_1^2\right). \tag{2.7}$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.6), we have first result of theorem.
Now let's find an upper bound estimate for the coefficient a_3. From the equality (2.7), considering the expression for a_2 in the equality (2.6), we can write the following equality for the coefficient a_3

$$a_3=\frac{\tau}{4(3\lambda-1)}\left[2p_2-\frac{(2\lambda^2-4\lambda+1)(1+q)\tau+q(2\lambda-1)^2}{(1+q)(2\lambda-1)^2}p_1^2\right]. \tag{2.8}$$

Applying Lemma 1.2 to the equality (2.8), we can write

$$a_3=\frac{\tau}{4(3\lambda-1)}\left[(4-p_1^2)x-\frac{(2\lambda^2-4\lambda+1)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2}{(1+q)(2\lambda-1)^2}p_1^2\right]$$

for some $x\in\mathbb{C}$ with $|x|\le 1$. Then, we have

$$|a_3|\le\frac{|\tau|}{4(3\lambda-1)}\left[s(q,\tau,\lambda)t^2+(4-p_1^2)\xi\right],$$

where, $\xi=|x|$, $t=|p_1|$ and

$$s(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda\ -4\lambda+1\right)(1+q)\tau-(2\lambda-1)\ \right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Later, by maximizing the function $\varphi:\mathbb{R}^2\to\mathbb{R}$ defined as follows, with respect to ξ

$$\varphi(\xi,t)=s(q,\tau,\lambda)t^2+\left(4-t^2\right)\xi,\ \xi\in[0,1],\ t\in[0,2],$$

we have

$$\varphi(\xi,t)\le\left[s(q,\tau,\lambda)-1\right]t^2+4,\ t\in[0,2].$$

From here easily see that $\varphi(\xi,t)\le 4$ if $s(q,\tau,\lambda)\le 1$ and $\varphi(\xi,t)\le 4s(q,\tau,\lambda)$ if $s(q,\tau,\lambda)\ge 1$.

With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.
Thus, the proof of the theorem is completed.

In the case $\tau=1,\ \lambda=1$ and $q\to 1^-$ from the Theorem 2.1, we obtain the following results.

Corollary 2.1. If $f\in S^*\left(\lambda,e_q^z\right)$, then

$$|a_2|\le\frac{1}{2\lambda-1}\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{1}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & \text{if } s(q,\lambda)\le 1,\\ s(q,\lambda) & \text{if } s(q,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.2. If $f\in S^*\left(\tau,e_q^z\right)$, then

$$|a_2|\le|\tau|\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{|\tau|}{2}\begin{cases}1 & \text{if } \left|(1+q)\tau+1\right|\le 1,\\ \left|(1+q)\tau+1\right| & \text{if } \left|(1+q)\tau+1\right|\ge 1.\end{cases}$$

Corollary 2.3. If $f\in S^*\left(\tau,\lambda;e^z\right)$, then

$$|a_2|\le\frac{|\tau|}{2\lambda-1}\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & \text{if } s(q,\tau,\lambda)\le 1,\\ s(q,\tau,\lambda) & \text{if } s(q,\tau,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $S^*\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$.

Theorem 2.2. Let $f\in S^*\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & \text{if } s(q,\tau,\lambda,\mu)\le 1,\\ s(q,\tau,\lambda,\mu) & \text{if } s(q,\tau,\lambda,\mu)\ge 1,\end{cases}\qquad(2.9)$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda,\mu)=\frac{\left|(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)\mu\right]\tau\right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f\in S^*\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$. Then, from the equality (2.7) the expression $a_3-\mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3-\mu a_2^2=\left[\frac{2\lambda^2-4\lambda+1}{1-3\lambda}-\mu\right]a_2^2+\frac{\tau}{4(3\lambda-1)}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}p_1^2\right).$$

Applying the first equation of Lemma 1.2 to this equality and considering equality (2.6), we get

$$a_3-\mu a_2^2=\frac{\tau}{4(3\lambda-1)}\left\{\left(4-p_1^2\right)x+\frac{(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)\mu\right]\tau}{(1+q)(2\lambda-1)^2}p_1^2\right\} \quad (2.10)$$

for some $x\in\mathbb{C}$ with $|x|\le 1$.

Using the triangle inequality to the equality (2.10), we have

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{4(3\lambda-1)}\left\{\begin{array}{l}\left(4-t^2\right)\xi+\\ +\dfrac{\left|(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)(1+2\beta)\mu\right]\tau\right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}t^2\end{array}\right\}, \quad (2.11)$$

where, $\xi=|x|$ and $t=|p_1|$.

Maximizing the expression on the right side of the inequality (2.11) with respect to the variable ξ, we obtain the following inequality

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{4(3\lambda-1)}\left\{\left[s(q,\tau,\lambda,\mu)-1\right]t^2+4\right\},\ t\in[0,2],$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda,\mu)=\frac{\left|(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)\mu\right]\tau\right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Maximizing the function $\psi:[0,2]\to\mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t)=\left[s(q,\tau,\lambda,\mu)-1\right]t^2+4,\ t\in[0,2],$$

we can easily see that $\psi(t)\le 4$ if $s(q,\tau,\lambda,\mu)\le 1$ and $\psi(t)\le 4s(q,\tau,\lambda,\mu)$ if $s(q,\tau,\lambda,\mu)\ge 1$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau=1$, $\lambda=1$ and $q\to 1^-$ from the Theorem 2.2, we obtain the following results.

Corollary 2.4. If $f\in S^*\left(\lambda,e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{1}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if \quad s(q,\lambda,\mu)\le 1,\\ s(q,\lambda,\mu) & if \quad s(q,\lambda,\mu)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\lambda,\mu)=\frac{\left|(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)\mu\right]\right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

.

Corollary 2.5. If $f\in S^*\left(\tau,e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{2}\begin{cases}1 & if \quad s(q,\tau,\mu)\le 1,\\ s(q,\tau,\mu) & if \quad s(q,\tau,\mu)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\tau,\mu)=\frac{\left|1+(1+q)(1-2\mu)\tau\right|}{1+q}.$$

Corollary 2.6. If $f\in S^*\left(\tau,\lambda;e^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if \quad s(\tau,\lambda,\mu)\le 1,\\ s(\tau,\lambda,\mu) & if \quad s(\tau,\lambda,\mu)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(\tau,\lambda,\mu)=\frac{\left|(2\lambda-1)^2-2\left[\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+(3\lambda-1)\mu\right]\tau\right|}{2(2\lambda-1)^2}.$$

Taking $\mu=0$ and $\mu=1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.7. If $f\in S^*\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$, then

$$\left|a_3\right|\le\frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if \ s(q,\tau,\lambda)\le 1,\\ s(q,\tau,\lambda) & if \ s(q,\tau,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.8. If $f \in S^*\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$, then

$$\left|a_3-a_2^2\right| \le \frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if \quad s(q,\tau,\lambda)\le 1,\\ s(q,\tau,\lambda) & if \quad s(q,\tau,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$s(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|(2\lambda-1)-(1+q)\lambda\tau\right|}{(1+q)(2\lambda-1)}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.7 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-starlike function class of analytic and univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \ge 1$ is examined in the literature), the pseudo-starlike function class for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \ge 1$ confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the $q-$pseudo-starlike class, can be defined and similar work can be done for this class.

.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutions gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. pp. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss. 138, pp. 940-955, 1916.
[3] De Branges, L. A proof of the Bieberbach conjecture. Acta Math. 154, pp. 137-152, 1985.
[4] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl. 62, pp. 611-619, 2011.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc. 2, pp. 431-443,1969.
[7] Sokol, J., Stankiewcz, J. Radius of conexity of some subclasses of strongy starlike functions. Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math., vol.*19*, pp.101–105, 1996.
[8] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid.Afr. Math. 27, pp. 923-939, 2016.
[9] Kumar, S. S., Arora, K. Starlike functions associated with a petal shaped domain. ArXiv arXiv: 2010.10072, 2020.
[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V. On a subclass of strongly starlike functions assiociated ith exponential function. Bull. Malays. Math. Soc. 38, pp. 365-386,2015.
[11] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc. 47, pp. 1513-1532, 2020. ions associated with cosine function. Bull. Iran. Math.

[12] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine hyperbolic function. Mathematics 8, p. 1118, 2020.
[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[14] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated with a cardioid. Afr. Math. 27, pp. 923-939, 2016.
[15] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc. 47, 1513-1532, 2020.
[16] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine cosine hyperbolic function. Mathematics 8, 1118, 2020.
[17] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M. Radius Problems for Starlike Functions Associated with the Tan Hyperbolic Function. J. Funct. Spaces, Article ID 9967640, 2021.
[18] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[19] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.
[20] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, 475-481, Istanbul, Turkey, 2023.
[21] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2555-2563, Rize Turkey, 2023.
[22] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.
[23] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), 18-25, 2023.
[24] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9(1), 1-6, 2023.
[25] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), 131-140, 2023.
[26] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory functions. Bull. Am. Math. Soc. 81, 79-81, 1975.
[27] Duren, P. L. Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, Volume 259, 1983.

COEFFICIENT ESTIMATE AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q –DERIVATIVE

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Grad. Stud. SELAHATTİN ÇİN*
Kafkas University, Kars/TURKEY
matematik_ogretmenleri@hotmail.com
0009-0004-7562-1482

ÖZET

Bu çalışmada, q – türevi ile ilişkili, karmaşık düzlemin açık birim diskinde tanımlanan konveks ünivalent fonksiyonların yeni bir alt sınıfını tanımladık. Burada, bazı katsayı üst sınır tahminleri verdik ve bu tanımlanan sınıf için Fekete-Szegö problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Konveks fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-konveks fonksiyon, q – türev

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of convex univalent functions defined in the open unit disk of the complex plane, related wıth q – derivative. Here, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Szegö problem for this defination class.

Keywords: Convex function, univalent function, pseudo-convex function, q – derivative

1. Introduction and Preliminaries

In this section, we give some basic information which we will use in our study.

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U=\{z\in\mathbb{C}:|z|<1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. By A, we will denote class of the functions $f\in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z)=z+a_2z^2+a_3z^3+a_4z^4+\cdots+a_nz^n+\cdots=z+\sum_{n=2}^{\infty}a_nz^n,\ a_n\in\mathbb{C}\ . \tag{1.1}$$

It is clear that the function $f\in H(U)$ belonging to the class A satisfies the conditions $f(0)=0$ and $f'(0)=1$.

The subclass of univalent functions of A is denoted by S in the literature. This class was first time introduced by Köebe [1] and has become the core ingredient of advanced research in this field. Later, many mathematicians became interested in coefficient estimates for this class. Within a short period, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the famous coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f\in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n|\le n$ for each $n\ge 2$. This coefficient hypothesis is known as the Bieberbach conjecture in the literature. In 1985, it was de-Branges [3], who settled this long-lasting conjecture. There were a lot of papers devoted to this conjecture in the literature (see [4-14]).

It is well known that the convex function class in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by C

$$C=\left\{f\in S:\ \mathrm{Re}\left(\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}\right)>0,\ z\in U\right\}.$$

Let's $f,g\in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f\prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z)=g(\omega(z))$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced and studied, as special choices of the class C (see for example [4, 9, 10, 15-25]).

Throughout this section and further on, we always make use the classical definition of quantum concepts as follows.

The $q-$numbers and $q-$factorial are defined, respectively by

$$[n]_q=\frac{1-q^n}{1-q}=1+q+\cdots+q^{n-1}=\sum_{k=0}^{n-1}q^k,\ q\in(0,1),\ n\in\mathbb{N};\ [0]_q!=1,\ [n]_q!=[n-1]_q![n]_q.$$

It is well known that in the standard approach to the $q-$calculus $q-$exponential function defined as follows

$$e_q^z=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{z^n}{[n]_q!}=\prod_{n=0}^{\infty}\frac{1}{\left[1-(1-q)q^nz\right]},\ 0<|q|<1,\ |z|<\frac{1}{|1-q|}.$$

It is clear that $\lim_{q\to1}[n]_q=n$ and $\lim_{q\to1}[n]_q!=n!$. Also, $\lim_{q\to1}e_q^z=e^z$.

Now, let's we define new subclass of univalent functions defined in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $q\in(0,1)$, $\lambda>\frac{1}{2}$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $C(\tau,\lambda;e_q^z)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[z\left(f'(z)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(z)}-1\right]\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

In the case $\tau=1$ and $\lambda=1$, we have the following subclasses of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. For $q\in(0,1)$ and $\lambda>\frac{1}{2}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $C\left(\lambda,e_q^z\right)$, if the following condition is satisfied

$$\frac{\left[z\left(f'(z)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(z)}\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

Definition 1.3. For $q\in(0,1)$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $C\left(\tau,e_q^z\right)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)'}{f'(z)}-1\right]\prec e_q^z,\ z\in U\ .$$

In addition, in the case $q\to1^-$ from the Definition 1.1, we have the following class of univalent functions.

Definition 1.4. For $\lambda>\frac{1}{2}$ and $\tau\in\mathbb{C}-\{0\}$ the function $f\in S$ is said to be in the class $C\left(\tau,\lambda;e^z\right)$, if the following condition is satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[z\left(f'(z)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(z)}-1\right]\prec e^z,\ z\in U\ .$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0)=1$ and $\mathrm{Re}\left(p(z)\right)>0,\ z\in U.$ It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(z)=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\cdots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n,\ z\in U\ . \tag{1.2}$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [26].
Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([27]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n|\le 2 \text{ for each } n\in\mathbb{N},\ |p_n-\nu p_k p_{n-k}|\le 2 \text{ for } n,\ k\in\mathbb{N},\ n>k \text{ and } \nu\in[0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z)=\frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([27]) Let the an analytic function p be of the form (1.2), then

$$2p_2 = p_1^2 + \left(4-p_1^2\right)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2\left(4-p_1^2\right)p_1x - \left(4-p_1^2\right)p_1x^2 + 2\left(4-p_1^2\right)\left(1-|x|^2\right)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \le 1$ and $|y| \le 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

First of all, we give the following theorem for coefficient evaluations.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$. Then, we have the following upper bound estimates

$$|a_2| \le \frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \le \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & \text{if } c(q,\tau,\lambda)\le 1,\\ c(q,\tau,\lambda) & \text{if } c(q,\tau,\lambda)\ge 1,\end{cases} \tag{2.1}$$

where,

$$c(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$, then exists Schwartz function $\omega: U \to U$, such that

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(z)}-1\right]=e_q^{\omega(z)},\ z\in U. \tag{2.2}$$

Let's the function $p \in P$ defined as follows:

$$p(z)=\frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)}=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\cdots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n,\ z\in U. \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(z)=\frac{p(z)-1}{p(z)+1}=\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{2}\left(p_2-\frac{p_1^2}{2}\right)z^2+\frac{1}{2}\left(p_3-p_1p_2+\frac{p_1^3}{4}\right)z^3+\cdots,\ z\in U\ . \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$\begin{aligned}&2a_2(2\lambda-1)z+\left(3(3\lambda-1)a_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2\right)z^2+\cdots\\&\qquad=\tau\left[\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{4}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}p_1^2\right)z^2+\cdots\right],\ z\in U.\end{aligned} \tag{2.5}$$

By equate the coefficients on the left and right sides of the equality (2.5), we get

$$2(2\lambda-1)a_2=\frac{\tau}{2}p_1\text{; that is }a_2=\frac{\tau}{4(2\lambda-1)}p_1 \tag{2.6}$$

$$3(3\lambda-1)a_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}p_1^2\right). \tag{2.7}$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.6), we have first result of theorem.
Now let's find an upper bound estimate for the coefficient a_3. From the equality (2.7) using the expression for a_2 (2.6) we can write the following equality for the coefficient a_3

$$a_3=\frac{\tau}{12(3\lambda-1)}\left[2p_2-\frac{(2\lambda^2-4\lambda+1)(1+q)\tau+q(2\lambda-1)^2}{(1+q)(2\lambda-1)^2}p_1^2\right]. \tag{2.8}$$

Applying Lemma 1.2 to the equality (2.8), we can write

$$a_3=\frac{\tau}{12(3\lambda-1)}\left[(4-p_1^2)x-\frac{(2\lambda^2-4\lambda+1)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2}{(1+q)(2\lambda-1)^2}p_1^2\right]$$

for some $x\in\mathbb{C}$ with $|x|\le 1$. Then, we have

$$|a_3|\le\frac{|\tau|}{12(3\lambda-1)}\left[c(q,\tau,\lambda)t^2+(4-p_1^2)\xi\right],$$

where, $\xi=|x|$, $t=|p_1|$ and

$$c(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|(2\lambda^2-4\lambda+1)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Later, by maximizing the function $\varphi:\mathbb{R}^2\to\mathbb{R}$ defined as follows, with respect to ξ

$$\varphi(\xi,t)=c(q,\tau,\lambda)t^2+\left(4-t^2\right)\xi,\ \xi\in[0,1],\ t\in[0,2],$$

we have

$$\varphi(\xi,t)\le\left[c(q,\tau,\lambda)-1\right]t^2+4,\ t\in[0,2].$$

From here easily see that $\varphi(\xi,t)\le 4$ if $c(q,\tau,\lambda)\le 1$ and $\varphi(\xi,t)\le 4c(\tau,\lambda)$ if $c(q,\tau,\lambda)\ge 1$.
With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.
Thus, the proof of the theorem is completed.

In the case $\tau=1,\ \lambda=1$ and $q\to 1^-$ from the Theorem 2.1, we obtain the following results.

Corollary 2.1. If $f\in C\left(\lambda,e_q^z\right)$, then

$$|a_2|\le\frac{1}{2(2\lambda-1)}\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{1}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & \text{if } c(q,\lambda)\le 1,\\ c(q,\lambda) & \text{if } c(q,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$c(q,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.2. If $f\in C\left(\tau,e_q^z\right)$, then

$$|a_2|\le\frac{|\tau|}{2}\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{|\tau|}{6}\begin{cases}1 & \text{if } \left|(1+q)\tau+1\right|\le 1,\\ \left|(1+q)\tau+1\right| & \text{if } \left|(1+q)\tau+1\right|\ge 1.\end{cases}$$

Corollary 2.3. If $f\in C\left(\tau,\lambda;e^z\right)$, then

$$|a_2|\le\frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)}\ \text{and}\ |a_3|\le\frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & \text{if } c(\tau,\lambda)\le 1,\\ c(\tau,\lambda) & \text{if } c(\tau,\lambda)\ge 1,\end{cases}$$

where,

$$c(\tau,\lambda)=\frac{\left|2\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$.

Theorem 2.2. Let $f\in C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & \text{if } c(q,\tau,\lambda,\mu)\le 1,\\ c(q,\tau,\lambda,\mu) & \text{if } c(q,\tau,\lambda,\mu)\ge 1,\end{cases}\qquad(2.9)$$

where,

$$c(q,\tau,\lambda,\mu)=\frac{\left|4(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3(3\lambda-1)\mu\right]\tau\right|}{4(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$. Then, from the equality (2.7) the expression $a_3-\mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3-\mu a_2^2=\left[\frac{4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)}{3\left(1-3\lambda\right)}-\mu\right]a_2^2+\frac{\tau}{12\left(3\lambda-1\right)}\left(2p_2-\frac{q}{1+q}\,p_1^2\right).$$

Applying the first equation of Lemma 1.2 to this equality and considering equality (2.6), we get

$$a_3-\mu a_2^2=\frac{\tau}{12\left(3\lambda-1\right)}\left\{\left(4-p_1^2\right)x+\frac{4\left(2\lambda-1\right)^2-\left(1+q\right)\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3\left(3\lambda-1\right)\mu\right]\tau}{4\left(1+q\right)\left(2\lambda-1\right)^2}\,p_1^2\right\} \tag{2.10}$$

for some $x\in\mathbb{C}$ with $|x|\le 1$.

Using the triangle inequality to the equality (2.10), we have

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{12\left(3\lambda-1\right)}\left\{\left(4-t^2\right)\xi+\frac{\left|4\left(2\lambda-1\right)^2-\left(1+q\right)\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3\left(3\lambda-1\right)\mu\right]\tau\right|}{4\left(1+q\right)\left(2\lambda-1\right)^2}\,t^2\right\}, \tag{2.11}$$

where, $\xi=|x|$ and $t=|p_1|$.

Maximizing the expression on the right side of the inequality (2.11) with respect to the variable ξ, we obtain the following inequality

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{12\left(3\lambda-1\right)}\left\{\left[c\left(q,\tau,\lambda,\mu\right)-1\right]t^2+4\right\},\ t\in[0,2],$$

where,

$$c\left(q,\tau,\lambda,\mu\right)=\frac{\left|4\left(2\lambda-1\right)^2-\left(1+q\right)\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3\left(3\lambda-1\right)\mu\right]\tau\right|}{4\left(1+q\right)\left(2\lambda-1\right)^2}.$$

Maximizing the function $\psi:[0,2]\to\mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi\left(t\right)=\left[c\left(\tau,\lambda,\mu\right)-1\right]t^2+4,\ t\in[0,2],$$

we can easily see that $\psi\left(t\right)\le 4$ if $c\left(q,\tau,\lambda,\mu\right)\le 1$ and $\psi\left(t\right)\le 4c\left(q,\tau,\lambda,\mu\right)$ if $c\left(q,\tau,\lambda,\mu\right)\ge 1$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau=1$, $\lambda=1$ and $q\to1^{-}$ from the Theorem 2.2, we obtain the following results.

Corollary 2.4. If $f\in C\left(\lambda,e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{1}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & if \quad c(q,\lambda,\mu)\le1,\\ c(q,\lambda,\mu) & if \quad c(q,\lambda,\mu)\ge1,\end{cases}$$

where,

$$c(q,\lambda,\mu)=\frac{\left|4(2\lambda-1)^2-(1+q)\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3(3\lambda-1)\mu\right]\right|}{4(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.5. If $f\in C\left(\tau,e_q^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{6}\begin{cases}1 & if \quad c(q,\tau,\mu)\le1,\\ c(q,\tau,\mu) & if \quad c(q,\tau,\mu)\ge1,\end{cases}$$

where,

$$c(q,\tau,\mu)=\frac{\left|2-(1+q)(2-3\mu)\tau\right|}{2(1+q)}.$$

Corollary 2.6. If $f\in C\left(\tau,\lambda;e^z\right)$ and $\mu\in\mathbb{C}$, then

$$\left|a_3-\mu a_2^2\right|\le\frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & if \quad c(\tau,\lambda,\mu)\le1,\\ c(\tau,\lambda,\mu) & if \quad c(\tau,\lambda,\mu)\ge1,\end{cases}$$

where,

$$c(\tau,\lambda,\mu)=\frac{\left|2(2\lambda-1)^2-\left[4\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)+3(3\lambda-1)\mu\right]\tau\right|}{4(2\lambda-1)^2}.$$

Taking $\mu=0$ and $\mu=1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.7. If $f\in C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$, then

$$\left|a_3\right|\le\frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & if \quad c(q,\tau,\lambda)\le1,\\ c(q,\tau,\lambda) & if \quad c(q,\tau,\lambda)\ge1,\end{cases}$$

where,

$$c(q,\tau,\lambda)=\frac{\left|\left(2\lambda^2-4\lambda+1\right)(1+q)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.8. If $f\in C\left(\tau,\lambda;e_q^z\right)$, then

$$\left|a_3-a_2^2\right| \le \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)} \begin{cases} 1 \quad if & c_1(q,\tau,\lambda) \le 1, \\ c_1(q,\tau,\lambda) \, if & c_1(q,\tau,\lambda) \ge 1, \end{cases}$$

where,

$$c_1(q,\tau,\lambda) = \frac{\left|4(2\lambda-1)^2-(1+q)(8\lambda^2-7\lambda+1)\tau\right|}{4(1+q)(2\lambda-1)^2}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.7 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-convex function class of analytic and univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \ge 1$ is examined in the literature), the pseudo-convex function class for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \ge 1$ confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the $q-$pseudo-convex class, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutions gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. pp. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss. 138, pp. 940-955, 1916.
[3] De Branges, L. A proof of the Bieberbach conjecture. Acta Math. 154, pp. 137-152, 1985.
[4] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl. 62, pp. 611-619, 2011.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc. 2, pp. 431-443,1969.
[7] Sokol, J., Stankiewcz, J. Radius of conexity of some subclasses of strongy starlike functions. Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math., vol.*19*, pp.101–105, 1996.
[8] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid.Afr. Math. 27, pp. 923-939, 2016.
[9] Kumar, S. S., Arora, K. Starlike functions associated with a petal shaped domain. ArXiv arXiv: 2010.10072, 2020.

[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V. On a subclass of strongly starlike functions assiociated ith exponential function. Bull. Malays. Math. Soc. 38, pp. 365-386,2015.
[11] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc. 47, pp. 1513-1532, 2020.
[12] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine hyperbolic function. Mathematics 8, p. 1118, 2020.
[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[14] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated with a cardioid. Afr. Math. 27, pp. 923-939, 2016.
[15] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc. 47, 1513-1532, 2020.
[16] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine cosine hyperbolic function. Mathematics 8, 1118, 2020.
[17] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M. Radius Problems for Starlike Functions Associated with the Tan Hyperbolic Function. J. Funct. Spaces, Article ID 9967640, 2021.
[18] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[19] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.
[20] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, 475-481, Istanbul, Turkey, 2023.
[21] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2555-2563, Rize Turkey, 2023.
[22] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.
[23] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), 18-25, 2023.
[24] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9(1), 1-6, 2023.
[25] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), 131-140, 2023.
[26] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory functions. Bull. Am. Math. Soc. 81, 79-81, 1975.
[27] Duren, P. L. Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, Volume 259, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Grad. Stud. NAHİDA GÖKÇEK*
Kafkas University, Kars/TURKEY
nahidekiyas@gmail.com-
0009-0005-9894-3035

ÖZET

Bu çalışmada, karmaşık düzlemin açık birim diskinde tanımlı yıldızıl bi-ünivalent fonksiyonların yeni bir alt sınıfını tanımladık ve bu fonksiyon sınıfının bazı geometrik özelliklerini inceledik. Bu tanımlanan sınıf için bazı katsayı üst sınır tahminleri verdik ve Fekete-Sezöge problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Yıldızıl fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-yıldızıl fonksiyon

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of starlike bi-univalent functions defined on the open unit disk of the complex plane and examine some geometric properties this function class. For this definition class, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Sezöge problem.

Keywords: Starlike function, univalent function, pseudo-stalike function

3. Introduction and Preliminaries

We will denote by $H(U)$ the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by series expansions

$$f(z) = z + a_2z^2 + a_3z^3 + a_4z^4 + \cdots + a_nz^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_nz^n \, , a_n \in \mathbb{C}. \qquad (1.1)$$

The subclass of A, which are univalent functions in U is denoted by S in the literature. The class $S$was introduced by Köebe [1] first time and has become the core ingredient of advanced research in this field. After a short time, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. There are many articles in the literature regarding to this hypothesis (see [3-7]).

It is known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in S$, can written

$$g(w) = w + A_2w^2 + A_3w^3 + A_4w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

Where,

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-starlike function class in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by S_Σ^*

$$S_\Sigma^* = \left\{ f \in S: Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{wg'(w)}{g(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g\big(\omega(z)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class S_Σ^* (see for example [3, 8-14]).

Now, let's we define new subclass of bi-univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in S$ is said to be in the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{z\big(f'(z)\big)^\lambda}{f(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{w\big(g'(w)\big)^\lambda}{g(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $\lambda = 1$, we have the following subclass of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. The function $f \in S$ is said to be in the class $S_\Sigma^*(e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{zf'(z)}{f(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{wg'(w)}{g(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\big(p(z)\big) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy the above conditions have the following series expansion

$$p(z) = 1 + p_1z + p_2z^2 + p_3z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U \quad (1.3)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [15].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([16]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([16]) Let the an analytic function p be of the form (1.3), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1x - (4 - p_1^2)p_1x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$. Then, we have the following inequalities

$$|a_2| \leq \frac{1}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if \quad \lambda \in \left[\frac{7-\sqrt{17}}{8}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}\right], \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{7-\sqrt{17}}{8} or \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases} \quad (2.1)$$

Proof. Let $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U, \varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$\frac{z\left(f'(z)\right)^\lambda}{f(z)} = e^{\omega(z)}, z \in U \text{ and } \frac{w\left(g'(w)\right)^\lambda}{g(w)} = e^{\varpi(w)}, w \in U_{r_0}. \quad (2.2)$$

Let's the functions $p, q \in P$ defined as follows:

$$p(z) = \frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)} = 1 + p_1z + p_2z^2 + p_3z^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U,$$
$$q(w) = \frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)} = 1 + q_1w + q_2w^2 + q_3w^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} q_n w^n, w \in U_{r_0}. \quad (2.3)$$

It follows from that

$$\omega(z) = \frac{p(z)-1}{p(z)+1} = \frac{p_1}{2}z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right)z^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1p_2 - \frac{p_1^3}{4}\right)z^3 \ldots, z \in U,$$
$$\varpi(w) = \frac{q(w)-1}{q(w)+1} = \frac{q_1}{2}w + \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{2}\right)w^2 + \frac{1}{2}\left(q_3 - q_1q_2 - \frac{q_1^3}{4}\right)w^3 \ldots, w \in U_{r_0}. \quad (2.4)$$

From the (2.2) and (2.4), considering series expansions of the exponential function can written

$$1 + a_2(2\lambda - 1)z + \left((3\lambda - 1)a_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2\right)z^2 + \cdots$$
$$= 1 + \frac{p_1}{2}z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right)z^2 + \cdots, z \in U,$$
$$1 + A_2(2\lambda - 1)w + \left((3\lambda - 1)A_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)A_2^2\right)w^2 + \cdots$$
$$= 1 + \frac{q_1}{2}w + \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{4}\right)w^2 + \cdots, w \in f(U). \quad (2.5)$$

By equating the same coefficients, we obtain the following equalities

$$a_2 = \frac{p_1}{2(2\lambda-1)}, (3\lambda-1)a_3 + (2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2 = \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right), \quad (2.6)$$

$$a_2 = -\frac{q_1}{2(2\lambda-1)}, (3\lambda-1)A_3 + (2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2 = \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{4}\right). \quad (2.7)$$

Then,

$$\frac{p_1}{2(2\lambda-1)} = a_2 = -\frac{q_1}{2(2\lambda-1)}; \text{ that is, } p_1 = -q_1. \quad (2.8)$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.8), we have first result of theorem.
Considering the expressions $A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3$, from the equalities (2.6) and (2.7) we have

$$a_3 = \frac{p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{p_2-q_2}{4(3\lambda-1)}. \quad (2.9)$$

Applying Lemma 1.2, we can write

$$a_3 = \frac{1}{4(2\lambda-1)^2}p_1^2 + \frac{4-p_1^2}{8(3\lambda-1)}(x-y) \quad (2.10)$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Then, applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3| \leq \frac{t^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{4-t^2}{8(3\lambda-1)}(\zeta+\varsigma), \zeta, \varsigma \in [0,1], \quad (2.11)$$

where $\zeta = |x|$, $\varsigma = |y|$ and $t = |p_1|$.
The inequality (2.11) can written

$$|a_3| \leq a(\lambda)t^2 + \frac{1}{3\lambda-1}, t \in [0,2],$$

where,

$$a(\lambda) = \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{4(3\lambda-1)}.$$

Then, maximizing the function

$$\varphi(t) = a(\lambda)t^2 + \frac{1}{3\lambda-1}, t \in [0,2]$$

it can easily be seen that $\varphi(t) \leq \frac{1}{3\lambda-1}$ if $a(\lambda) \leq 0$ and $\varphi(t) \leq \frac{1}{(2\lambda-1)^2}$ if $a(\lambda) \geq 0$.
With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.
Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 2.1, we obtain the following result.
Corollary 2.1. If $f \in S_\Sigma^*(e^z)$, then

$$|a_2| \leq 1 \text{ and } |a_3| \leq 1.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$.
Theorem 2.2. Let $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |1-\mu| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{(3\lambda-1)}, \\ \frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases} \quad (2.12)$$

Proof. Let $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, then from the equalities (2.8) and (2.9) we can write

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{p_2-q_2}{4(3\lambda-1)}. \quad (2.13)$$

Then, applying Lemma 1.2 the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{4-p_1^2}{8(3\lambda-1)}(x-y) \quad (2.14)$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|1-\mu|t^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{4-t^2}{8(3\lambda-1)}(\xi + \eta), \xi, \eta \in [0,1], \quad (2.15)$$

where $\xi = |x|, \eta = |y|$ and $t = |p_1|$.
Maximizing the right-hand side of the inequality (2.15) with respect to the variables ξ and η, we can write:

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq b(\lambda, \mu)t^2 + c(\lambda), t \in [0,2],$$

Where,

$$b(\lambda, \mu) = \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{4(3\lambda-1)} \text{ and } c(\lambda) = \frac{1}{3\lambda-1}.$$

Maximizing the function $\psi: [0,2] \to \mathbb{R}$, defined as follows

$$\psi(t) = b(\lambda, \mu)t^2 + c(\lambda), t \in [0,2],$$

we can easily see that

$$\psi(t) \leq \frac{1}{3\lambda - 1}$$

if $b(\lambda, \mu) \leq 0$ and

$$\psi(t) \leq \frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2}$$

if $b(\lambda, \mu) \geq 0$.
Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 2.2, we obtain the following result.
Corollary 2.2. If $f \in S_\Sigma^*(e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{2} & if\ |1-\mu| \leq \frac{1}{2}, \\ |1-\mu| & if\ |1-\mu| \geq \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.
Corollary 2.3. If $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, then

$$|a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if \quad \lambda \in \left[\frac{7-\sqrt{17}}{8}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}\right], \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{7-\sqrt{17}}{8} or \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases}$$

Corollary 2.4. If $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{1}{3\lambda-1}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.3 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-starlike function class of analytic functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-starlike

function class for $\lambda > \frac{1}{2}$is examined. The evaluations obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the q −pseudo-starlike class, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, duersh automorpher Funktionen mit imaginarer Substitution gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138,. 940-955,1916.
[3] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl., 62, 611-619, 2011.
[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443,1969.
[7] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[8] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp. 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.
[9] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, pp.475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.
[10] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, pp. 2555-2563, Rize Turkey, 2023.

[11] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.

[12] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 18-25, 2023.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.

[14] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 131-140, 2023.

[15] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory Functions. Bull. Math. Soc. 81, 79-81, 1983.

[16] Duren, P. L., Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, 259, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274
Grad. Stud. NAHİDA GÖKÇEK*
Kafkas University, Kars/TURKEY
nahidekiyas44@gmail.com
0009-0005-9894-3035

ÖZET

Bu çalışmada, biz karmaşık düzlemin birim açık diskinde tanımlı konveks bi-ünivalent fonksiyonların yeni bir altsınıfını tanımladık ve bu fonksiyon sınıfının bazı geometrik özelliklerini inceledik. Bu tanımlanan sınıf için bazı katsayı üst sınır tahminleri verdik ve Fekete-Sezöge problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Konveks fonksiyon, bi-ünivalent fonksiyon, psevdo-konveks fonksiyon

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of convex bi-univalent functions defined on the open unit disk of the complex plane and examine some geometric properties this function class. For this definition class, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Sezöge problem.

Keywords: Convex function, bi-univalent function, pseudo-convex function

4. Introduction and Preliminaries

We will denote by $H(U)$ the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by series expansions

$$f(z) = z + a_2z^2 + a_3z^3 + a_4z^4 + \cdots + a_nz^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_nz^n, a_n \in \mathbb{C}. \quad (1.1)$$

The subclass of A, which are univalent functions in U is denoted by S in the literature. The class $S$was introduced by Köebe [1] first time and has become the core ingredient of advanced research in this field. After a short time, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the

coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. There are many articles in the literature regarding to this hypothesis (see [3-7]).

It is known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in S$, can written

$$g(w) = w + A_2w^2 + A_3w^3 + A_4w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

Where,

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-convex function class in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by C_Σ

$$C_\Sigma = \left\{ f \in S: Re\left(\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g\big(\omega(z)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class C_Σ (see for example [3, 8-14]).

Now, let's we define new subclass of bi-univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in S$ is said to be in the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $\lambda = 1$, we have the following subclass of analytic and bi-univalent functions.

Definition 1.2. The function $f \in S$ is said to be in the class $C_\Sigma(e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\big(p(z)\big) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy the above conditions have the following series expansion

$$p(z) = 1 + p_1z + p_2z^2 + p_3z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U \quad (1.3)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [15].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([16]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([16]) Let the an analytic function p be of the form (1.3), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1x - (4 - p_1^2)p_1x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$. Then, we have the following inequalities

$$|a_2| \leq \frac{1}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if \quad \lambda \in \left[\frac{25-\sqrt{177}}{32}, \frac{25+\sqrt{177}}{32}\right], \\ \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{25-\sqrt{177}}{32} or \lambda \geq \frac{25+\sqrt{177}}{32}. \end{cases} \quad (2.1)$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U, \varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} = e^{\omega(z)}, z \in U \text{ and } \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} = e^{\varpi(w)}, w \in U_{r_0}. \quad (2.2)$$

Let's the functions $p, q \in P$ defined as follows:

$$p(z) = \frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)} = 1 + p_1z + p_2z^2 + p_3z^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U,$$
$$q(w) = \frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)} = 1 + q_1w + q_2w^2 + q_3w^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} q_n w^n, w \in U_{r_0}. \quad (2.3)$$

It follows from that

$$\omega(z) = \frac{p(z)-1}{p(z)+1} = \frac{p_1}{2}z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right)z^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1p_2 - \frac{p_1^3}{4}\right)z^3 \ldots, z \in U,$$
$$\varpi(w) = \frac{q(w)-1}{q(w)+1} = \frac{q_1}{2}w + \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{2}\right)w^2 + \frac{1}{2}\left(q_3 - q_1q_2 - \frac{q_1^3}{4}\right)w^3 \ldots, w \in U_{r_0}. \quad (2.4)$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$1 + 2a_2(2\lambda - 1)z + (3(3\lambda - 1)a_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2)z^2 + \cdots$$
$$= 1 + \frac{p_1}{2}z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right)z^2 + \cdots, z \in U,$$
$$1 + 2A_2(2\lambda - 1)w + (3(3\lambda - 1)A_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)A_2^2)w^2 + \cdots$$
$$= 1 + \frac{q_1}{2}w + \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{4}\right)w^2 + \cdots, w \in f(U). \quad (2.5)$$

By equating the same coefficients, we obtain the following equalities

$$a_2 = \frac{p_1}{4(2\lambda-1)}, 3(3\lambda-1)a_3 + 4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2 = \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right), \quad (2.6)$$

$$a_2 = -\frac{q_1}{4(2\lambda-1)}, 3(3\lambda-1)A_3 + 4(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2 = \frac{1}{2}\left(q_2 - \frac{q_1^2}{4}\right). \quad (2.7)$$

Then,

$$\frac{p_1}{4(2\lambda-1)} = a_2 = -\frac{q_1}{4(2\lambda-1)}; \text{ that is, } p_1 = -q_1. \quad (2.8)$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.8), we have first result of theorem.
Considering $A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3$, from the equalities (2.6) and (2.7) we have

$$a_3 = \frac{1}{16(2\lambda-1)^2}p_1^2 + \frac{p_2-q_2}{12(3\lambda-1)}. \quad (2.9)$$

Applying Lemma 1.2, we can write

$$a_3 = \frac{1}{16(2\lambda-1)^2}p_1^2 + \frac{4-p_1^2}{24(3\lambda-1)}(x-y) \quad (2.10)$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Then, applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3| \leq \frac{t^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{4-t^2}{24(3\lambda-1)}(\zeta+\varsigma), \zeta, \varsigma \in [0,1], \quad (2.11)$$

where $\zeta = |x|$, $\varsigma = |y|$ and $t = |p_1|$.
The inequality (2.11) can written

$$|a_3| \leq \frac{a(\lambda)}{4}t^2 + \frac{1}{3(3\lambda-1)}, t \in [0,2],$$

where,

$$a(\lambda) = \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3(3\lambda-1)}.$$

Then, maximizing the function

$$\varphi(t) = \frac{a(\lambda)}{4}t^2 + \frac{1}{3(3\lambda-1)}, t \in [0,2]$$

it can easily be seen that $\varphi(t) \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}$ if $a(\lambda) \leq 0$ and $\varphi(t) \leq \frac{1}{4(2\lambda-1)^2}$ if $a(\lambda) \geq 0$.
With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.
Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 2.1, we obtain the following result.
Corollary 2.1. If $f \in C_\Sigma(e^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2} \text{ and } |a_3| \leq \frac{1}{4}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$.
Theorem 2.2. Let $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\ |1-\mu| \leq \frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu| \geq \frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}. \end{cases} \quad (2.12)$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$, then from the equalities (2.8) and (2.9), we can write

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)p_1^2}{4(2\lambda-1)^2(1+\beta)^2} + \frac{p_2-q_2}{4(3\lambda-1)(1+2\beta)}. \quad (2.13)$$

Then, applying Lemma 1.2 the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)p_1^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{4-p_1^2}{24(3\lambda-1)}(x-y) \quad (2.14)$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|1-\mu|t^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{4-t^2}{24(3\lambda-1)}(\xi + \eta), \xi, \eta \in [0,1], \quad (2.15)$$

where $\xi = |x|, \eta = |y|$ and $t = |p_1|$.
Maximizing the right-hand side of the inequality (2.15) with respect to the variables ξ and η, we can write:

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{b(\lambda,\mu)}{4}t^2 + c(\lambda), t \in [0,2],$$

Where,

$$b(\lambda,\mu) = \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3(3\lambda-1)} \text{ and } c(\lambda) = \frac{1}{3(3\lambda-1)}.$$

Maximizing the function $\psi: [0,2] \to \mathbb{R}$, defined as follows

$$\psi(t) = \frac{b(\lambda,\mu)}{4}t^2 + c(\lambda), t \in [0,2],$$

we can easily see that

$$\psi(t) \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}$$

if $b(\lambda,\mu) \leq 0$; that is if $3(3\lambda-1)|1-\mu| \leq 4(2\lambda-1)^2$ and

$$\psi(t) \leq \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2}$$

if $3(3\lambda-1)|1-\mu| \geq 4(2\lambda-1)^2$.
Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 2.2, we obtain the following result.
Corollary 2.2. If $f \in C_\Sigma(e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{6} & if\ |1-\mu| \leq \frac{2}{3}, \\ \frac{|1-\mu|}{4} & if\ |1-\mu| \geq \frac{2}{3}. \end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.
Corollary 2.3. If $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$, then

$$|a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if \quad \lambda \in \left[\frac{25-\sqrt{177}}{32}, \frac{25+\sqrt{177}}{32}\right], \\ \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{25-\sqrt{177}}{32} or \lambda \geq \frac{25+\sqrt{177}}{32}. \end{cases}$$

Corollary 2.4. If $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$, then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.3 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-convex function class of analytic functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-convex function class for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the q −pseudo-convex class, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, duersh automorpher Funktionen mit imaginarer Substitution gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.

[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138,. 940-955,1916.

[3] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl., 62, 611-619, 2011.

[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.

[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.

[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443,1969.

[7] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.

[8] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp. 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.

[9] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, pp.475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.

[10] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, pp. 2555-2563, Rize Turkey, 2023.

[11] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.

[12] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 18-25, 2023.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.

[14] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 131-140, 2023.

[15] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory Functions. Bull. Math. Soc. 81, 79-81, 1983.

[16] Duren, P. L., Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, 259, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE UNIVALENT FUNCTION CLASS

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274
Grad. Stud. KENAN YALÇIN*
Kafkas University, Kars/TURKEY
yalcin.kenan@hotmail.com
0009-0004-0357-2474

ÖZET

Bu çalışmada, biz yıldızıl ve ünivalent fonksiyonların psevdo-yıldızıl altsınıfı olarak adlandırılan bir sınıfını tanımladık. Burada, biz tanımlanan bu sınıfa ait olan fonksiyonların ilk iki katsayısı için üst sınır değerlendirmeleri verdik. Tanımlanan sınıf için Fekete-Szegö problemini de çözdük.

Anahtar Kelimeler: Yıldızıl fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-yıldızıl fonksiyon

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of starlike and univalent functions, which called pseudo-starlike function class. Here, we gave bound estimates for initial two coefficient of the functions belonging to the defined class. The Fekete-Szegö problem for the defined class is also solved.
.

Keywords: Starlke function, univalent function, pseudo-starlie function

5. Introduction and Preliminaries

We will denote by $H(U)$ the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{\zeta \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by series expansions

$$f(\zeta) = \zeta + a_2\zeta^2 + a_3\zeta^3 + a_4\zeta^4 + \cdots + a_n\zeta^n + \cdots = \zeta + \sum_{n=2}^{\infty} a_n\zeta^n, a_n \in \mathbb{C}. \quad (1.1)$$

The subclass of A, which are univalent functions in U is denoted by S in the literature. The class $S$was introduced by Köebe [1] first time and has become the core ingredient of advanced

research in this field. After a short time, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. There are many articles in the literature regarding to this hypothesis (see [3-14]).

It is well known that the starlike function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows

$$S^* = \left\{ f \in S: \ Re\left(\frac{\zeta f'(\zeta)}{f(\zeta)}\right) > 0, \zeta \in U \right\}$$

and denoted by S^*.

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(\zeta) = g\big(\omega(\zeta)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class S^* (see for example [3, 6-14]).

Now, let's we define new subclass of univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in S$ is said to be in the class $S^*\big(\tau, \lambda; e^{\zeta}\big)$, if the following conditions are satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\zeta\big(f'(\zeta)\big)^{\lambda}}{f(\zeta)} - 1\right] \prec exp(\zeta), \zeta \in U .$$

In the case $\tau = 1$ and $\lambda = 1$, we have the following subclasses of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. The function $f \in S$ is said to be in the class $S^*\big(\lambda, e^{\zeta}\big)$, if the following conditions is satisfied

$$\frac{\zeta\big(f'(\zeta)\big)^{\lambda}}{f(\zeta)} \prec exp(\zeta), \zeta \in U.$$

Definition 1.3. The function $f \in S$ is said to be in the class $S^*\big(\tau, e^{\zeta}\big)$, if the following conditions is satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\zeta f'(\zeta)}{f(\zeta)} - 1\right] \prec exp(\zeta), \zeta \in U.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\big(p(\zeta)\big) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(\zeta) = 1 + p_1\zeta + p_2\zeta^2 + p_3\zeta^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n\zeta^n, \zeta \in U. \qquad (1.2)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [15].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([16]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+\zeta}{1-\zeta}.$$

Lemma 1.2 ([16]) Let the an analytic function p be of the form (1.2), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1x - (4 - p_1^2)p_1x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$. Then, we have the following inequalities

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq \frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if\ 4s(\tau,\lambda) \leq 1,\\ 4s(\tau,\lambda) & if\ 4s(\tau,\lambda) \geq 1,\end{cases} \tag{2.1}$$

where,

$$s(\tau, \lambda) = \frac{\left|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$, then exists Schwartz function $\omega: U \to U$, such that

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\zeta\left(f'(\zeta)\right)^{\lambda}}{f(\zeta)} - 1\right] = exp\left(\omega(\zeta)\right), \zeta \in U. \tag{2.2}$$

Let's the function $p \in P$ defined as follows:

$$p(\zeta) = \frac{1+\omega(\zeta)}{1-\omega(\zeta)} = 1 + p_1\zeta + p_2\zeta^2 + p_3\zeta^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n\zeta^n, \zeta \in U \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(\zeta) = \frac{p(\zeta)-1}{p(\zeta)+1} = \frac{p_1}{2}\zeta + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right)\zeta^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1p_2 - \frac{p_1^3}{4}\right)\zeta^3 + \ldots, \zeta \in U. \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$a_2(2\lambda - 1)\zeta + \left((3\lambda - 1)a_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2\right)\zeta^2 + \cdots = \tau\left[\frac{p_1}{2}\zeta + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right)\zeta^2 + \cdots\right], \zeta \in U. \tag{2.5}$$

By equate the coefficients, we obtain the following equalities

$$(2\lambda - 1)a_2 = \frac{\tau}{2}p_1, \tag{2.6}$$

$$(3\lambda - 1)a_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2 = \frac{\tau}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right). \tag{2.7}$$

Then, from the equality (2.6), we have

$$a_2 = \frac{\tau}{2(2\lambda-1)}p_1\ . \tag{2.8}$$

Using Lemma 1.1, from the equality (2.8), we have first result of theorem.

Now let's find an upper bound estimate for the coefficient a_3. For the coefficient a_3 from the equalities (2.7) and (2.8) we can write the following expression

$$a_3 = \frac{\tau}{3\lambda-1}\left[\frac{p_2}{2} - \frac{2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau+(2\lambda-1)^2}{8(2\lambda-1)^2}{p_1}^2\right]. \quad (2.9)$$

Applying Lemma 1.2, equality (2.9) can written as follows

$$a_3 = \frac{\tau}{3\lambda-1}\left[\frac{4-{p_1}^2}{4}x - \frac{2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2}{8(2\lambda-1)^2}{p_1}^2\right]$$

for some $x \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$. Then, applying triangle inequality, we have

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{3\lambda-1}\left[s(\tau,\lambda)t^2 + \frac{4-t^2}{4}\xi\right]$$

Where, $\xi = |x|$, $t = |p_1|$ and

$$s(\tau,\lambda) = \frac{|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Then, by maximizing the function φ defied as follows

$$\varphi(\xi,t) = s(\tau,\lambda)t^2 + \frac{4-t^2}{4}\xi, \xi \in [0,1], t \in [0,2]$$

with respect to variables ξ and then t it can easily be seen that $\varphi(\xi,t) \leq 1$ if $4s(\tau,\lambda) \leq 1$ and $\varphi(\xi,t) \leq 4s(\tau,\lambda)$ if $4s(\tau,\lambda) \geq 1$.

With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.

Thus, the proof of the theorem is completed.

In the case $\tau = 1$ and $\lambda = 1$ from the Theorem 2.1, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.1. If $f \in S^*(\lambda, e^{\zeta})$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq \frac{1}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if\ \frac{3+\sqrt{3}}{4} \leq \lambda,\\ \frac{4\lambda-1}{2(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{3+\sqrt{3}}{4}.\end{cases}$$

Corollary 2.2. If $f \in S^*(\tau, e^{\zeta})$, then

$$|a_2| \leq |\tau| \text{ and } |a_3| \leq \frac{|\tau|}{2}\begin{cases}1 & if\ |2\tau+1| \leq 2,\\ |2\tau+1| & if\ |2\tau+1| \geq 2.\end{cases}$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $S^*(\tau,\lambda;e^{\zeta})$.

Theorem 2.2. Let $f \in S^*(\tau,\lambda;e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{2(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if\ s(\tau,\lambda,\mu) \leq 2,\\ s(\tau,\lambda,\mu) & if\ s(\tau,\lambda,\mu) \geq 2,\end{cases} \quad (2.10)$$

where,

$$s(\tau,\lambda,\mu) = \frac{|2[(2\lambda^2-4\lambda+1)+(3\lambda-1)\mu]\tau-(2\lambda-1)^2|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in S^*(\tau,\lambda;e^{\zeta})$. Then, applying Lemma 2.2, from the equalities (2.8) and (2.9) the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{\tau}{8(3\lambda-1)}\left\{2(4-p_1^2)x - \frac{2[(2\lambda^2-4\lambda+1)+(3\lambda-1)\mu]\tau-(2\lambda-1)^2}{(2\lambda-1)^2}p_1^2\right\} \quad (2.11)$$

for some $x \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$.

Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{8(3\lambda-1)}\left\{2(4-t^2)\xi + \frac{|2[(2\lambda^2-4\lambda+1)+(3\lambda-1)\mu]\tau-(2\lambda-1)^2|}{(2\lambda-1)^2}t^2\right\}, \quad (2.12)$$

Where, $\xi = |x|$ and $t = |p_1|$.

If we maximize the expression on the right side of the inequality (2.12) with respect to the variable ξ, we obtain the following inequality:

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{8(3\lambda-1)}\{[s(\tau,\lambda,\mu)-2]t^2+8\}, t \in [0,2],$$

where,

$$s(\tau,\lambda,\mu) = \frac{|2[(2\lambda^2-4\lambda+1)+(3\lambda-1)\mu]\tau-(2\lambda-1)^2|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Maximizing the function $\psi: [0,2] \to \mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t) = [s(\tau,\lambda,\mu)-2]t^2+8, t \in [0,2],$$

we can easily see that $\psi(t) \leq 8$ if $s(\tau,\lambda,\mu) \leq 2$ and $\psi(t) \leq 4s(\tau,\lambda,\mu)$ if $s(\tau,\lambda,\mu) \geq 2$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau = 1$ and $\lambda = 1$ from the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.3. If $f \in S^*(\lambda, e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{2(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if \quad s_0(\lambda,\mu) \leq 2,\\ s(\lambda,\mu) & if \quad s_0(\lambda,\mu) \geq 2,\end{cases}$$

where,

$$s_0(\lambda,\mu) = \frac{|2(3\lambda-1)\mu-(4\lambda-1)|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.4. If $S^*(\tau, e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4}\begin{cases}2 & if \quad |2(1-2\mu)\tau+1| \leq 2,\\ |2(1-2\mu)\tau+1| & if \quad |2(1-2\mu)\tau+1| \geq 2.\end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.5. If $f \in S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$, then

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{3\lambda-1}\begin{cases}1 & if\ 4s(\tau,\lambda) \leq 1,\\ 4s(\tau,\lambda) & if\ 4s(\tau,\lambda) \geq 1,\end{cases}$$

where,

$$s(\tau,\lambda) = \frac{|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.6. If $f \in S^*(\tau, \lambda; e^{\zeta})$, then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{2(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if \quad s_1(\tau,\lambda) \leq 2,\\ s_1(\tau,\lambda) & if \quad s_1(\tau,\lambda) \geq 2,\end{cases}$$

where

$$s_1(\tau,\lambda) = \frac{|2(3\lambda-2)\tau-(2\lambda-1)^2|}{(2\lambda-1)^2}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.5 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-starlike function class of analytic and univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-starlike function class for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the $q-$pseudo-starlike function class, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, duersh automorpher Funktionen mit imaginarer Substitution gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138,. 940-955,1916.
[3] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl., 62, 611-619, 2011.
[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443,1969.
[7] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[8] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp. 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.
[9] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International

Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, pp.475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.

[10] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, pp. 2555-2563, Rize Turkey, 2023.

[11] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.

[12] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 18-25, 2023.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.

[14] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 131-140, 2023.

[15] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory Functions. Bull. Math. Soc. 81, 79-81, 1983.

[16] Duren, P. L., Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, 259, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX UNIVALENT FUNCTION CLASS

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274
Grad. Stud. KENAN YALÇIN*
Kafkas University, Kars/TURKEY
yalcin.kenan@hotmail.com
0009-0004-0357-2474

ÖZET

Bu çalışmada, biz konveks ve ünivalent fonksiyonların psevdo-konveks altsınıfı olarak adlandırılan bir sınıfını tanımladık. Burada, biz bu sınıf için bazı katsayı değerlendirmesini verdik ve Fekete-Szegö problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Konveks fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-konveks fonksiyon

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of convex and univalent functions, which called pseudo-convex function class. Here, we gave some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Keywords: Convex function, univalent function, pseudo-convex function

6. Introduction and Preliminaries

We will denote by $H(U)$ the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{\zeta \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by series expansions

$$f(\zeta) = \zeta + a_2\zeta^2 + a_3\zeta^3 + a_4\zeta^4 + \cdots + a_n\zeta^n + \cdots = \zeta + \sum_{n=2}^{\infty} a_n\zeta^n, a_n \in \mathbb{C}. \quad (1.1)$$

The subclass of A, which are univalent functions in U is denoted by S in the literature. The class $S$was introduced by Köebe [1] first time and has become the core ingredient of advanced research in this field. After a short time, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the

coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. There are many articles in the literature regarding to this hypothesis (see [3-14]).

It is well known that the convex function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows

$$C = \left\{ f \in S: \ Re\left(\frac{\left(\zeta f'(\zeta)\right)'}{f'(\zeta)} \right) > 0, \zeta \in U \right\}$$

and denoted by C.

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(\zeta) = g\big(\omega(\zeta)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class C (see for example [3, 6-14]).

Now, let's we define new subclass of univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in S$ is said to be in the class $C\big(\tau, \lambda; e^{\zeta}\big)$, if the following conditions are satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\zeta\left(f'(\zeta)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(\zeta)} - 1 \right] \prec exp(\zeta), \zeta \in U.$$

In the case $\tau = 1$ and $\lambda = 1$, we have the following subclasses of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. The function $f \in S$ is said to be in the class $C\big(\lambda, e^{\zeta}\big)$, if the following conditions is satisfied

$$\frac{\left[\zeta\left(f'(\zeta)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(\zeta)} \prec exp(\zeta), \zeta \in U.$$

Definition 1.3. The function $f \in S$ is said to be in the class $C\big(\tau, e^{\zeta}\big)$, if the following conditions is satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\zeta\left(f'(\zeta)\right)'}{f'(\zeta)} - 1 \right] \prec exp(\zeta), \zeta \in U.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\big(p(\zeta)\big) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(\zeta) = 1 + p_1\zeta + p_2\zeta^2 + p_3\zeta^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n\zeta^n, \zeta \in U. \qquad (1.2)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [15].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([16]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, \ |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+\zeta}{1-\zeta}.$$

Lemma 1.2 ([16]) Let the an analytic function p be of the form (1.2), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1x - (4 - p_1^2)p_1x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $C(\tau, \lambda; e^{\zeta})$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $C(\tau, \lambda; e^{\zeta})$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $C(\tau, \lambda; e^{\zeta})$. Then, we have the following inequalities

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)} \begin{cases} 1 & if\ 4c(\tau,\lambda) \leq 1, \\ 4c(\tau,\lambda) & if\ 4c(\tau,\lambda) \geq 1, \end{cases} \tag{2.1}$$

where,

$$c(\tau, \lambda) = \frac{\left|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in C(\tau, \lambda; e^{\zeta})$, then exists Schwartz function $\omega: U \to U$, such that

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(\zeta f'(\zeta)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(\zeta)} - 1\right] = exp\left(\omega(\zeta)\right), \zeta \in U. \tag{2.2}$$

Let's the function $p \in P$ defined as follows:

$$p(\zeta) = \frac{1+\omega(\zeta)}{1-\omega(\zeta)} = 1 + p_1\zeta + p_2\zeta^2 + p_3\zeta^3 + \ldots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n\zeta^n, \zeta \in U \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(\zeta) = \frac{p(\zeta)-1}{p(\zeta)+1} = \frac{p_1}{2}\zeta + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right)\zeta^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1p_2 - \frac{p_1^3}{4}\right)\zeta^3 + \ldots, \zeta \in U. \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$2a_2(2\lambda - 1)\zeta + (3(3\lambda - 1)a_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2)\zeta^2 + \cdots = \tau\left[\frac{p_1}{2}\zeta + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right)\zeta^2 + \cdots\right], \zeta \in U. \tag{2.5}$$

By equate the coefficients, we obtain the following equalities

$$2(2\lambda - 1)a_2 = \frac{\tau}{2}p_1, \tag{2.6}$$

$$3(3\lambda - 1)a_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2 = \frac{\tau}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{4}\right). \tag{2.7}$$

Then, from the equality (2.6), we have

$$a_2 = \frac{\tau}{4(2\lambda-1)}p_1\,. \tag{2.8}$$

Using Lemma 1.1, from the equality (2.8) we have first result of theorem.

Now let's find an upper bound estimate for the coefficient a_3. For the coefficient a_3 from the equalities (2.7) and (2.8) we can write the following expression

$$a_3 = \frac{\tau}{3(3\lambda-1)}\left[\frac{p_2}{2} - \frac{2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau+(2\lambda-1)^2}{8(2\lambda-1)^2}{p_1}^2\right]. \quad (2.9)$$

Applying Lemma 1.2, equality (2.9) can written as follows

$$a_3 = \frac{\tau}{3(3\lambda-1)}\left[\frac{4-{p_1}^2}{4}x - \frac{2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2}{8(2\lambda-1)^2}{p_1}^2\right]$$

for some $x \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$.

Then, applying triangle inequality to the last euality, we have

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\left[c(\tau,\lambda)t^2 + \frac{4-t^2}{4}\xi\right]$$

Where, $\xi = |x|$, $t = |p_1|$ and

$$c(\tau,\lambda) = \frac{\left|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2\right|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Then, by maximizing the function φ defined as follows

$$\varphi(\xi,t) = c(\tau,\lambda)t^2 + \frac{4-t^2}{4}\xi, \xi \in [0,1], t \in [0,2]$$

with respect to variables ξ and then t it can easily be seen that $\varphi(\xi,t) \leq 1$ if $4c(\tau,\lambda) \leq 1$ and $\varphi(\xi,t) \leq 4c(\tau,\lambda)$ if $4c(\tau,\lambda) \geq 1$

With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.

Thus, the proof of the theorem is completed.

In the case $\tau = 1$ and $\lambda = 1$ from the Theorem 2.1, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.1. If $f \in C(\lambda, e^{\zeta})$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & if\ \frac{3+\sqrt{3}}{4} \leq \lambda,\\ \frac{4\lambda-1}{2(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{3+\sqrt{3}}{4}.\end{cases}$$

Corollary 2.2. If $f \in C(\tau, e^{\zeta})$, then

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2} \text{ and } |a_3| \leq \frac{|\tau|}{6}\begin{cases}1 & if\ |2\tau+1| \leq 2,\\ |2\tau+1| & if\ |2\tau+1| \geq 2.\end{cases}$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C(\tau,\lambda;e^{\zeta})$.

Theorem 2.2. Let $f \in C(\tau,\lambda;e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{6(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if\ \ c(\tau,\lambda,\mu) \leq 2,\\ c(\tau,\lambda,\mu) & if\ \ c(\tau,\lambda,\mu) \geq 2,\end{cases} \quad (2.10)$$

where,

$$c(\tau,\lambda,\mu) = \frac{\left|\left[4(2\lambda^2-4\lambda+1)+3(3\lambda-1)\mu\right]\tau-2(2\lambda-1)^2\right|}{2(2\lambda-1)^2}.$$

Proof. Let $f \in C(\tau,\lambda;e^{\zeta})$. Then, applying Lemma 1.2, from the equalities (2.8) and (2.9) the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3-\mu a_2^2=\frac{\tau}{24(3\lambda-1)}\left\{2(4-p_1^2)x-\frac{[4(2\lambda^2-4\lambda+1)+3(3\lambda-1)\mu]\tau-2(2\lambda-1)^2}{2(2\lambda-1)^2}p_1^2\right\} \quad (2.11)$$

for some $x \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$.

Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{24(3\lambda-1)}\left\{2(4-t^2)\xi+\frac{|[4(2\lambda^2-4\lambda+1)+3(3\lambda-1)\mu]\tau-2(2\lambda-1)^2|}{2(2\lambda-1)^2}t^2\right\}, \quad (2.12)$$

where, $\xi=|x|$ and $t=|p_1|$.

If we maximize the expression on the right side of the inequality (2.12) with respect to the variable ξ, we obtain the following inequality:

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{24(3\lambda-1)}\{[c(\tau,\lambda,\mu)-2]t^2+8\}, t \in [0,2],$$

where,

$$c(\tau,\lambda,\mu)=\frac{|2[4(2\lambda^2-4\lambda+1)+3(3\lambda-1)\mu]\tau-2(2\lambda-1)^2|}{2(2\lambda-1)^2}.$$

Maximizing the function $\psi: [0,2] \to \mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t)=[c(\tau,\lambda,\mu)-2]t^2+8, t \in [0,2],$$

we can easily see that $\psi(t) \leq 8$ if $c(\tau,\lambda,\mu) \leq 2$ and $\psi(t) \leq 4c(\tau,\lambda,\mu)$ if $c(\tau,\lambda,\mu) \geq 2$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau=1$ and $\lambda=1$ from the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.3. If $f \in C(\lambda, e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \frac{1}{6(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if \quad c_0(\lambda,\mu) \leq 2,\\ c_0(\lambda,\mu) & if \quad c_0(\lambda,\mu) \geq 2,\end{cases}$$

where,

$$c_0(\lambda,\mu)=\frac{|3(3\lambda-1)\mu-2(4\lambda-1)|}{2(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.4. If $f \in C(\tau, e^{\zeta})$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{12}\begin{cases}2 & if \quad |(3\mu-2)\tau-1| \leq 2,\\ |(3\mu-2)\tau-1| & if \quad |(3\mu-2)\tau-1| \geq 2.\end{cases}$$

Also, taking $\mu=0$ and $\mu=1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.5. If $f \in C(\tau,\lambda; e^{\zeta})$, then

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}\begin{cases}1 & if\ 4c(\tau,\lambda) \leq 1,\\ 4c(\tau,\lambda) & if\ 4c(\tau,\lambda) \geq 1,\end{cases}$$

where,

$$c(\tau,\lambda)=\frac{|2(2\lambda^2-4\lambda+1)\tau-(2\lambda-1)^2|}{8(2\lambda-1)^2}.$$

Corollary 2.6. If $f \in C(\tau,\lambda; e^{\zeta})$, then

$$|a_3-a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{6(3\lambda-1)}\begin{cases}2 & if \quad c_1(\tau,\lambda) \leq 2,\\ c_1(\tau,\lambda) & if \quad c_1(\tau,\lambda) \geq 2,\end{cases}$$

where

$$c_1(\tau,\lambda)=\frac{|(8\lambda^2-7\lambda+5)\tau-2(2\lambda-1)^2|}{2(2\lambda-1)^2}$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.5 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-convex function class of analytic and univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-convex function class for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the q −pseudo-convex class, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, duersh automorpher Funktionen mit imaginarer Substitution gruppe. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln. Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138,. 940-955,1916.
[3] Sokol, J. A certain class of starlike functions. Comput. Math. Appl., 62, 611-619, 2011.
[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394, 2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443,1969.
[7] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp.234-241, Istanbul, Turkey, 2023.
[8] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, pp. 242-249, Istanbul, Turkey, 2023.
[9] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International

Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, pp.475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.

[10] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, pp. 2555-2563, Rize Turkey, 2023.

[11] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.

[12] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 18-25, 2023.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.

[14] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 10, 6, 131-140, 2023.

[15] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory Functions. Bull. Math. Soc. 81, 79-81, 1983.

[16] Duren, P. L., Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, 259, 1983.

COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q −DERIVATIVE

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Doç. Dr. VEYSEL NEZİR
Kafkas University, Kars/TURKEY
veyselnezir@yahoo.com
0000-0001-9640-8526

ÖZET

Bu çalışmada, karmaşık düzlemin açık birim diskinde tanımlanan konveks bi-ünivalent fonksiyonların yeni bir alt sınıfını tanımladık. Burada, katsayılar için bazı üst sınır tahminleri verdik ve bu tanımlanan sınıf için Fekete-Szegö problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Konveks fonksiyon, bi-ünivalent fonksiyon, psevdo-konveks fonksiyon, q −türev

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of convex bi-univalent functions defined in the open unit disk of the complex plane. Here, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Szegö problem for this defination class.

Keywords: Analytic function, bi-univalent functin, pseudo-convex function, q −derivative

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. By A, we will denote class of the functions $f \in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z) = z + a_2z^2 + a_3z^3 + a_4z^4 + \cdots + a_nz^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_nz^n \, , a_n \in \mathbb{C} \, . \qquad (1.1)$$

It is clear that the function $f \in H(U)$ belonging to the class A satisfies the conditions $f(0) = 0$ and $f'(0) = 1$.

The subclass of univalent functions of A is denoted by S in the literature. This class was first time introduced by Köebe [1] and has become the core ingredient of advanced research in this field. Later, many mathematicians became interested in coefficient estimates for this class. Within a short period, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the famous coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. This coefficient hypothesis is known as the Bieberbach conjecture in the literature. In 1985, it was de-Branges [3], who settled this long-lasting conjecture. There were a lot of papers devoted to this conjecture in the literature (see [4-14]).

It is well known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $f \in S$ $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in S$, can written

$$g(w) = w + A_2w^2 + A_3w^3 + A_4w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

where,

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-convex function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by C_Σ

$$C_\Sigma = \left\{ f \in S: Re\left(\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g\big(\omega(z)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class C_Σ (see for example [4, 10-23]).

2. MATERİALS AND METHODS

Throughout this section and further on, we always make use the classical definition of quantum concepts as follows.

The q −numbers and q −factorial are defined, respectively by

$$[n]_q = \frac{1-q^n}{1-q} = 1 + q + \cdots + q^{n-1} = \sum_{k=0}^{n-1} q^k, q \in (0,1), n \in \mathbb{N};$$

$$[0]_q! = 1, [n]_q! = [n-1]_q! [n]_q.$$

It is well known that in the standard approach to the q −calculus q −exponential function defined as follows

$$e_q^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{[n]_q!} = \prod_{n=0}^{\infty} \frac{1}{[1-(1-q)q^n z]}, 0 < |q| < 1, |z| < \frac{1}{|1-q|}.$$

It is clear that $\lim_{q\to 1}[n]_q = n$ and $\lim_{q\to 1}[n]_q! = n!$. Also, $\lim_{q\to 1} e_q^z = e^z$.

Now, let's we define new class of bi-univalent functions defined in the open unit disk U.

Definition 2.1. For $q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma\left(\lambda; e_q^z\right)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and } \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $q \to 1^-$ and $\lambda = 1$ from the Definition 2.1, we have the following subclasses of convex bi-univalent function class.

Definition 2.2. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma(\lambda; e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 2.3. For $q \in (0,1)$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma\left(e_q^z\right)$ if the following conditions are satisfied

$$\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and } \frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\left(p(z)\right) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(z) = 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U. \quad (2.1)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [24].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 2.1 ([25]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 2.2 ([25]) Let the an analytic function p be of the form (2.1), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1 x - (4 - p_1^2)p_1 x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma\left(\lambda; e_q^z\right)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

3. RESULTS AND DİSCUSSİON

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

First of all, we give the following theorem for coefficient estimates.

Theorem 3.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$,. Then, we have the following upper bound estimates

$$|a_2| \leq \frac{1}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \left(\frac{1}{2}, \frac{25+\sqrt{881}}{32}\right), \\ \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\quad \lambda \geq \frac{25+\sqrt{881}}{32}. \end{cases} \tag{3.1}$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U$ and $\varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} = e_q^{\omega(z)}, z \in U \text{ and } \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} = e_q^{\varpi(w)}, w \in U_{r_0}. \tag{3.2}$$

Let's the functions $p, \varphi \in P$ defined as follows:

$$\begin{aligned} p(z) = \frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)} &= 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U, \\ \varphi(w) = \frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)} &= 1 + \varphi_1 w + \varphi_2 w^2 + \varphi_3 w^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n w^n, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.3}$$

It follows from that

$$\begin{aligned} \omega(z) = \frac{p(z)-1}{p(z)+1} &= \frac{p_1}{2} z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right) z^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1 p_2 + \frac{p_1^3}{4}\right) z^3 + \cdots, z \in U, \\ \varpi(w) = \frac{\varphi(w)-1}{\varphi(w)+1} &= \frac{\varphi_1}{2} w + \frac{1}{2}\left(\varphi_2 - \frac{\varphi_1^2}{2}\right) w^2 + \frac{1}{2}\left(\varphi_3 - \varphi_1 \varphi_2 - \frac{\varphi_1^3}{4}\right) w^3 + \cdots, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.4}$$

From the (3.2) and (3.4) can written

$$\begin{aligned} &1 + 2a_2(2\lambda-1)z + (3(3\lambda-1)a_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2) z^2 + \cdots \\ &= 1 + \frac{p_1}{2} z + \frac{1}{4}\left(2p_2 - \frac{q}{1+q} p_1^2\right) z^2 + \cdots, z \in U, \\ &1 + 2A_2(2\lambda-1)w + (3(3\lambda-1)A_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)A_2^2) w^2 + \cdots \\ &= 1 + \frac{\varphi_1}{2} w + \frac{1}{4}\left(2\varphi_2 - \frac{q}{1+q} \varphi_1^2\right) w^2 + \cdots, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.5}$$

By equate the coefficients on the left and right sides of the equality (3.5), we get

$$\begin{aligned} 2(2\lambda-1)a_2 &= \frac{p_1}{2}; \text{ that is } a_2 = \frac{p_1}{4(2\lambda-1)}, \\ 3(3\lambda-1)a_3 + 4(2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2 &= \frac{1}{4}\left(2p_2 - \frac{q}{1+q} p_1^2\right). \\ 2(2\lambda-1)A_2 &= \frac{\varphi_1}{2}; \text{ that is } A_2 = \frac{\varphi_1}{4(2\lambda-1)}, \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$3(3\lambda-1)A_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2=\frac{1}{4}\left(2\varphi_2-\frac{q}{1+q}\varphi_1^2\right). \quad (3.7)$$

Then, since $A_2=-a_2$

$$\frac{p_1}{4(2\lambda-1)}=a_2=-\frac{\varphi_1}{4(2\lambda-1)}\text{; that is, } p_1=-\varphi_1. \quad (3.8)$$

Using Lemma 2.1 to the first equality (3.8), we have the first result of theorem.
Considering $A_2=-a_2, A_3=2a_2^2-a_3$, from the second equalities of the equalities (3.6) and (3.7) we get

$$a_3=a_2^2+\frac{p_2-\varphi_2}{12(3\lambda-1)}. \quad (3.9)$$

Using the first equality (3.6) for the coefficient a_2 to the equality (3.9), then applying Lemma 2.2, we can write the following equality for the coefficient a_3

$$a_3=\frac{1}{16(2\lambda-1)^2}p_1^2+\frac{4-p_1^2}{24(3\lambda-1)}(x-y) \quad (3.10)$$

for some $x,y\in\mathbb{C}$ with $|x|\le 1$ and $|y|\le 1$.
Applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3|\le\frac{t^2}{16(2\lambda-1)^2}+\frac{4-t^2}{24(3\lambda-1)}(\xi+\eta), \xi,\eta\in[0,1], \quad (3.11)$$

where $\xi=|x|$, $\eta=|y|$ and $t=|p_1|$.
Maximizing the right side of the inequlity (3.11) to the parametrs ξ and η, respectevely, we get

$$|a_3|\le c(\lambda)t^2+\frac{1}{3(3\lambda-1)}, t\in[0,2],$$

where,

$$c(\lambda)=\frac{1}{4}\left[\frac{1}{4(2\lambda-1)^2}-\frac{1}{3(3\lambda-1)}\right].$$

Let the function ψ: $[0,2]\to\mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t)=c(\lambda)t^2+\frac{1}{3(3\lambda-1)}, t\in[0,2].$$

Maximizing the function ψ it can easily be seen that $\psi(t)\le\frac{1}{3(3\lambda-1)}$ if $c(\lambda)\le 0$ and

$$\psi(t)\le 4c(\lambda)+\frac{1}{3(3\lambda-1)}\text{; that is,}$$

$$\psi(t)\le\frac{1}{4(2\lambda-1)^2}$$

if $c(\lambda)\ge 0$.
With this, the proof of second inequality of (3.1) is provided.
Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $q\to 1^-$ and $\lambda=1$ from the Theorem 3.1, we obtain the following results.
Corollary 3.1. If $f\in C_\Sigma(\lambda;e^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \left(\frac{1}{2}, \frac{25+\sqrt{881}}{32}\right), \\ \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if \quad \lambda \geq \frac{25+\sqrt{881}}{32}. \end{cases}$$

Corollary 3.2. If $f \in C_\Sigma\left(e_q^z\right)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2} \text{ and } |a_3| \leq \frac{1}{4}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma\left(\lambda; e_q^z\right)$.

Theorem 3.2. Let $f \in C_\Sigma\left(\lambda; e_q^z\right)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\ |1-\mu| \leq \frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu| \geq \frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}. \end{cases} \tag{3.12}$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma\left(\lambda; e_q^z\right)$. Then, from the equality (3.9) the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = (1-\mu)a_2^2 + \frac{p_2 - \varphi_2}{12(3\lambda-1)}.$$

Applying the first equality of Lemma 2.2 to this equality and considering first equality of the equality (3.6), we get

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1-\mu}{16(2\lambda-1)^2} p_1^2 + \frac{4-p_1^2}{24(3\lambda-1)}(x-y) \tag{3.13}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$, $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to the equality (3.13), we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|1-\mu|t^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-t^2)(\xi+\eta)}{24(3\lambda-1)},\ \xi, \eta \in [0,1], t \in [0,2], \tag{3.14}$$

where $\xi = |x|$, $\eta = |y|$ and $t = |p_1|$.
Maximizing the right-hand side function of the inequality (3.14) with respect to the variables ξ and η, we can obtain:

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq c(\lambda, \mu)t^2 + \frac{1}{3(3\lambda-1)},\ t \in [0,2],$$

where,

$$c(\lambda, \mu) = \frac{1}{4}\left[\frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3(3\lambda-1)}\right].$$

Let's the function $\sigma: [0,2] \to \mathbb{R}$, defined as follows

$$\sigma(t) = c(\lambda, \mu)t^2 + \frac{1}{3(3\lambda-1)}, t \in [0,2].$$

Maximiziring the function $\sigma(t), t \in [0,2]$, we can easily see that

$$\sigma(t) \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}$$

if $c(\lambda,\mu) \leq 0$; that is if

$$3(3\lambda-1)|1-\mu| \leq 4(2\lambda-1)^2$$

and

$$\sigma(t) \leq \frac{|1-\mu|}{4(2\lambda-1)^2}$$

if

$$3(3\lambda-1)|1-\mu| \geq 4(2\lambda-1)^2.$$

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 3.2, we obtain the following result.

Corollary 3.3. If $f \in C_\Sigma(e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{6} & if\ |1-\mu| \leq \frac{2}{3}, \\ \frac{|1-\mu|}{4} & if\ |1-\mu| \geq \frac{2}{3}. \end{cases}$$

In the case $\mu \in \mathbb{R}$ the following theorem is proved similarly.

Theorem 3.3. Let $f \in C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{R}$, then

$$|a_3-\mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\ 1-\frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)} \leq \mu \\ & \leq 1+\frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \frac{1-\mu}{4(2\lambda-1)^2} & if\ \mu \leq 1-\frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \frac{\mu-1}{4(2\lambda-1)^2} & if \mu \geq 1+\frac{4(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}. \end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 3.3, we obtain the following results, respectively.

Corollary 3.4. If $f \in C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{25+\sqrt{881}}{32}, \\ \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if \quad \lambda \geq \frac{25+\sqrt{881}}{32}. \end{cases}$$

Corollary 3.5. If $f \in C_\Sigma(\lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3-a_2^2| \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}.$$

Remark 3.1. We note that Corollary 3.4 confirms the second result of Theorem 3.1.

4. CONCLUSIONS AND EVALUATIONS

In this study, we examined a certain subclass of convex functions defined using a generalized operator. By employing coefficient bounds and applying the necessary conditions, we have derived meaningful inequalities that contribute to the existing literature in geometric function theory. The analytic and univalent nature of the functions ensures their applicability in further complex analysis investigations.

Moreover, by manipulating the parameters of the operator, a broader spectrum of function behavior has been analyzed, enabling deeper insight into the function class structure.

5. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

The results obtained in this paper provide new coefficient estimates and structural properties for a specific class of convex functions. These findings not only generalize several known results but also open new avenues for studying similar classes using modified operators. Future research may consider extending the results to multivalent or bi-univalent function classes and exploring the impact of these operators on geometric properties such as starlikeness, close-to-convexity, and subordination.

REFERENCES

[1] Koebe, P., Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutionsgruppe, Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys., pp. 68–76, 1909.

[2] Bieberbach, L., Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einheitskreises vermitteln, Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138, pp. 940–955, 1916.

[3] De Branges, L., A proof of the Bieberbach conjecture, Acta Math., 154, pp. 137–152, 1985.

[4] Sokol, J., A certain class of starlike functions, Comput. Math. Appl., 62, pp. 611–619, 2011.

[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J., A new class of analytic functions associated with Salagean operator, J. Funct. Spaces, Article ID 5157394, 2019.

[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E., On some classes of bounded univalent functions, J. Lond. Math. Soc., 2, pp. 431–443, 1969.

[7] Sokol, J., Stankiewcz, J., Radius of convexity of some subclasses of strongly starlike functions, Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math., vol. 19, pp. 101–105, 1996.

[8] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V., Starlike function associated with a cardioid, Afr. Math., 27, pp. 923–939, 2016.

[9] Kumar, S. S., Arora, K., Starlike functions associated with a petal shaped domain, ArXiv, arXiv:2010.10072, 2020.

[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V., On a subclass of strongly starlike functions associated with exponential function, Bull. Malays. Math. Soc., 38, pp. 365–386, 2015.

[11] Bano, K., Raza, M., Starlike functions associated with cosine function, Bull. Iran. Math. Soc., 47, pp. 1513–1532, 2020.

[12] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S., Starlikeness associated with cosine hyperbolic function, Mathematics, 8, p. 1118, 2020.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 234–241, Istanbul, Turkey, 29–30 April 2023.

[14] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V., Starlike function associated with a cardioid, Afr. Math., 27, pp. 923–939, 2016.

[15] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M., Radius problems for starlike functions associated with the tan hyperbolic function, J. Funct. Spaces, Article ID 9967640, 2021.

[16] Cho, N. E., Kumar, V., Kumar, S. S., Ravichandran, V., Radius problems for starlike functions associated with the sine function, Bull. Iran. Math. Soc., 45, pp. 213–232, 2019.

[17] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 234–241, Istanbul, Turkey, 29–30 April 2023.

[18] Mustafa, N., Nezir, V., Coefficient estimates and Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 475–481, Istanbul, Turkey, 1–2 May 2023.

[19] Mustafa, N., Demir, H. A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions, 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research, pp. 2555–2563, Rize, Turkey, 6–8 June 2023.

[20] Mustafa, N., Demir, H. A., Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions, 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research, pp. 2564–2572, Rize, Turkey, 6–8 June 2023.

[21] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order, Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), pp. 18–25, 2023.

[22] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., The Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order, Eastern Anatolian Journal of Science, 9(1), pp. 1–6, 2023.

[23] Mustafa, N., Demir, H. A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions with complex order, Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), pp. 131–140, 2023.

[24] Miller, S. S., Differential inequalities and Caratheodory functions, Bull. Am. Math. Soc., 81, pp. 79–81, 1975.

[25] Duren, P. L., Univalent Functions, Springer-Verlag, Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Vol. 259, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, 1983.

COEFFICIENT PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS RELATED WITH q −DERIVATIVE

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Doç. Dr. VEYSEL NEZİR
Kafkas University, Kars/TURKEY
veyselnezir@yahoo.com
0000-0001-9640-8526

ÖZET

Bu çalışmada, karmaşık düzlemin açık birim diskinde tanımlanan yıldızıl konveks bi-ünivalent fonksiyonların yeni bir alt sınıfını tanımladık. Burada, bazı katsayı üst sınır tahminleri verdik ve bu tanım sınıfı için Fekete-Szegö problemini çözdük.

Anahtar Kelimeler: Yıldızıl fonksiyon, ünivalent fonksiyon, psevdo-yıldızıl fonksiyon

ABSTRACT

In this study, we defined a new subclass of starlike bi-univalent functions defined in the open unit disk of the complex plane. Here, we gave some coefficient upper bound estimates and solve Fekete-Szegö problem for this defination class.

Keywords: Analytic function, bi-univalent functin, pseudo-starlike function, q −derivative

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. By A, we will denote class of the functions $f \in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + a_4 z^4 + \cdots + a_n z^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n \, , a_n \in \mathbb{C} \, . \qquad (1.1)$$

It is clear that the function $f \in H(U)$ belonging to the class A satisfies the conditions $f(0) = 0$ and $f'(0) = 1$.

The subclass of univalent functions of A is denoted by S in the literature. This class was first time introduced by Köebe [1] and has become the core ingredient of advanced research in this field. Later, many mathematicians became interested in coefficient estimates for this class. Within a short period, in 1916 Bieberbach [2] published a paper in which the famous coefficient

hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. This coefficient hypothesis is known as the Bieberbach conjecture in the literature. In 1985, it was de-Branges [3], who settled this long-lasting conjecture. There were a lot of papers devoted to this conjecture in the literature (see [4-14]).

It is well known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $f \in S$ $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in S$, can written

$$g(w) = w + A_2w^2 + A_3w^3 + A_4w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

where,

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-starlike function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by S_Σ^*

$$S_\Sigma^* = \left\{ f \in S: Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{wg'(w)}{g(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g\big(\omega(z)\big)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class S_Σ^* (see for example [4, 10-23]).

2. MATERİALS AND METHODS

Throughout this section and further on, we always make use the classical definition of quantum concepts as follows.

The q −numbers and q −factorial are defined, respectively by

$$[n]_q = \frac{1-q^n}{1-q} = 1 + q + \cdots + q^{n-1} = \sum_{k=0}^{n-1} q^k, q \in (0,1), n \in \mathbb{N};$$

$$[0]_q! = 1, [n]_q! = [n-1]_q! [n]_q.$$

It is well known that in the standard approach to the q −calculus q −exponential function defined as follows

$$e_q^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{[n]_q!} = \prod_{n=0}^{\infty} \frac{1}{[1-(1-q)q^n z]}, 0 < |q| < 1, |z| < \frac{1}{|1-q|}.$$

It is clear that $\lim_{q\to 1}[n]_q = n$ and $\lim_{q\to 1}[n]_q! = n!$. Also, $\lim_{q\to 1} e_q^z = e^z$.

Now, let's we define new class of bi-univalent functions defined in the open unit disk U.

Definition 2.1. For $q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_\Sigma^*\big(\lambda; e_q^z\big)$, if the following conditions are satisfied

$$\frac{z\big(f'(z)\big)^\lambda}{f(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and } \frac{w\big(g'(w)\big)^\lambda}{g(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $q \to 1^-$ and $\lambda = 1$ from the Definition 2.1, we have the following subclasses of convex bi-univalent function class.

Definition 2.2. For $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$if the following conditions are satisfied

$$\frac{z\left(f'(z)\right)^\lambda}{f(z)} \prec e^z, z \in U \text{ and } \frac{w\left(g'(w)\right)^\lambda}{g(w)} \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 2.3. For $q \in (0,1)$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_\Sigma^*\left(e_q^z\right)$if the following conditions are satisfied

$$\frac{zf'(z)}{f(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and } \frac{wg'(w)}{g(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0) = 1$ and $Re\left(p(z)\right) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(z) = 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U. \quad (2.1)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [24].

Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 2.1 ([25]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n - \nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n, k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z) = \frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 2.2 ([25]) Let the an analytic function p be of the form (2.1), then

$$2p_2 = p_1^2 + (4 - p_1^2)x,$$
$$4p_3 = p_1^3 + 2(4 - p_1^2)p_1 x - (4 - p_1^2)p_1 x^2 + 2(4 - p_1^2)(1 - |x|^2)y$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $S_\Sigma^*\left(\lambda; e_q^z\right)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

3. RESULTS AND DİSCUSSİON

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $S_\Sigma^*\left(\lambda; e_q^z\right)$and solve Fekete-Szegö problem for this class.

First of all, we give the following theorem for coefficient estimates.

Theorem 3.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$. Then, we have the following upper bound estimates

$$|a_2| \leq \frac{1}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if \lambda \in \left(\frac{1}{2}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}\right), \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if \quad \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases} \tag{3.1}$$

Proof. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U$ and $\varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)} = e_q^{\omega(z)}, z \in U \text{ and } \frac{w\left(g'(w)\right)^{\lambda}}{g(w)} = e_q^{\varpi(w)}, w \in U_{r_0}. \tag{3.2}$$

Let's the functions $p, \varphi \in P$ defined as follows:

$$\begin{aligned} p(z) = \frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)} = 1 + p_1 z + p_2 z^2 + p_3 z^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n z^n, z \in U, \\ \varphi(w) = \frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)} = 1 + \varphi_1 w + \varphi_2 w^2 + \varphi_3 w^3 + \cdots = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n w^n, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.3}$$

It follows from that

$$\begin{aligned} \omega(z) = \frac{p(z)-1}{p(z)+1} = \frac{p_1}{2} z + \frac{1}{2}\left(p_2 - \frac{p_1^2}{2}\right) z^2 + \frac{1}{2}\left(p_3 - p_1 p_2 + \frac{p_1^3}{4}\right) z^3 + \cdots, z \in U, \\ \varpi(w) = \frac{\varphi(w)-1}{\varphi(w)+1} = \frac{\varphi_1}{2} w + \frac{1}{2}\left(\varphi_2 - \frac{\varphi_1^2}{2}\right) w^2 + \frac{1}{2}\left(\varphi_3 - \varphi_1 \varphi_2 - \frac{\varphi_1^3}{4}\right) w^3 + \cdots, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.4}$$

From the (3.2) and (3.4) can written

$$\begin{aligned} 1 + a_2(2\lambda-1)z + \left((3\lambda-1)a_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2\right) z^2 + \cdots \\ = 1 + \frac{p_1}{2} z + \frac{1}{4}\left(2p_2 - \frac{q}{1+q} p_1^2\right) z^2 + \cdots, z \in U, \\ 1 + A_2(2\lambda-1)w + \left((3\lambda-1)A_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)A_2^2\right) w^2 + \cdots \\ = 1 + \frac{\varphi_1}{2} w + \frac{1}{4}\left(2\varphi_2 - \frac{q}{1+q} \varphi_1^2\right) w^2 + \cdots, w \in U_{r_0}. \end{aligned} \tag{3.5}$$

By equate the coefficients on the left and right sides of the equality (3.5), we get

$$\begin{aligned} (2\lambda-1)a_2 = \frac{p_1}{2}; \text{ that is } a_2 = \frac{p_1}{2(2\lambda-1)}, \\ (3\lambda-1)a_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)a_2^2 = \frac{1}{4}\left(2p_2 - \frac{q}{1+q} p_1^2\right). \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$\begin{aligned} (2\lambda-1)A_2 = \frac{\varphi_1}{2}; \text{ that is } A_2 = \frac{\varphi_1}{2(2\lambda-1)}, \\ (3\lambda-1)A_3 + (2\lambda^2 - 4\lambda + 1)A_2^2 = \frac{1}{4}\left(2\varphi_2 - \frac{q}{1+q} \varphi_1^2\right). \end{aligned} \tag{3.7}$$

Then, since $A_2 = -a_2$

$$\frac{p_1}{2(2\lambda-1)} = a_2 = -\frac{\varphi_1}{2(2\lambda-1)}; \text{ that is, } p_1 = -\varphi_1. \tag{3.8}$$

Using Lemma 2.1 to the first equality (3.8), we have the first result of theorem.

Considering $A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3$, from the second equalities of the equalities (3.6) and (3.7) we get

$$a_3 = a_2^2 + \frac{p_2 - \varphi_2}{4(3\lambda - 1)}. \tag{3.9}$$

Using the first equality (3.6) for the coefficient a_2 to the equality (3.9), then applying Lemma 2.2, we can write the following equality for the coefficient a_3

$$a_3 = \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} p_1^2 + \frac{4 - p_1^2}{8(3\lambda - 1)} (x - y) \tag{3.10}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3| \leq \frac{t^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{4 - t^2}{8(3\lambda - 1)} (\xi + \eta), \xi, \eta \in [0,1], \tag{3.11}$$

where $\xi = |x|, \eta = |y|$ and $t = |p_1|$.
Maximizing the right side of the inequlity (3.11) to the parametrs ξ and η, respectevely, we get

$$|a_3| \leq s(\lambda)t^2 + \frac{1}{3\lambda - 1}, t \in [0,2],$$

where,

$$c(\lambda) = \frac{1}{4}\left[\frac{1}{(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3\lambda-1}\right].$$

Let the function ψ: $[0,2] \to \mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t) = s(\lambda)t^2 + \frac{1}{3\lambda - 1}, t \in [0,2].$$

Maximizing the function ψ it can easily be seen that $\psi(t) \leq \frac{1}{3\lambda-1}$ if $s(\lambda) \leq 0$ and

$$\psi(t) \leq 4s(\lambda) + \frac{1}{3\lambda-1}; \text{ that is,}$$

$$\psi(t) \leq \frac{1}{(2\lambda - 1)^2}$$

if $s(\lambda) \geq 0$.
With this, the proof of second inequality of (3.1) is provided.
Hence, the proof of theorem is completed.

In the case $q \to 1^-$ and $\lambda = 1$ from the Theorem 3.1, we obtain the following results.
Corollary 3.1. If $f \in S_\Sigma^*(\lambda; e^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2\lambda - 1} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if \lambda \in \left(\frac{1}{2}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}\right), \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if \quad \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases}$$

Corollary 3.2. If $f \in S_\Sigma^*\left(e_q^z\right)$, then

$$|a_2| \leq 1 \text{ and } |a_3| \leq \frac{1}{2}.$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $S_\Sigma^*\left(\lambda; e_q^z\right)$.

Theorem 3.2. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |1-\mu| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2} & if |1-\mu| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases} \tag{3.12}$$

Proof. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$. Then, from the equality (3.9) the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = (1-\mu)a_2^2 + \frac{p_2 - \varphi_2}{4(3\lambda-1)}.$$

Applying the first equality of Lemma 2.2 to this equality and considering first equality of the equality (3.6), we get

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1-\mu}{4(2\lambda-1)^2} p_1^2 + \frac{4-p_1^2}{8(3\lambda-1)}(x-y) \tag{3.13}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$, $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to the equality (3.13), we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|1-\mu|t^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-t^2)(\xi+\eta)}{8(3\lambda-1)}, \xi, \eta \in [0,1], t \in [0,2], \tag{3.14}$$

where $\xi = |x|$, $\eta = |y|$ and $t = |p_1|$.
Maximizing the right-hand side function of the inequality (3.14) with respect to the variables ξ and η, we can obtain:

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq s(\lambda, \mu)t^2 + \frac{1}{3\lambda-1}, t \in [0,2],$$

where,

$$s(\lambda, \mu) = \frac{1}{4}\left[\frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3\lambda-1}\right].$$

Let's the function $\sigma: [0,2] \to \mathbb{R}$, defined as follows

$$\sigma(t) = s(\lambda, \mu)t^2 + \frac{1}{3\lambda-1}, t \in [0,2].$$

Maximiziring the function $\sigma(t), t \in [0,2]$, we can easily see that

$$\sigma(t) \leq \frac{1}{3\lambda-1}$$

if $s(\lambda, \mu) \leq 0$; that is if

$$(3\lambda-1)|1-\mu| \leq (2\lambda-1)^2$$

and

$$\sigma(t) \leq \frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2}$$

if

$$(3\lambda-1)|1-\mu| \geq (2\lambda-1)^2.$$

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\lambda = 1$ from the Theorem 3.2, we obtain the following result.

Corollary 3.3. If $f \in S_{\Sigma}^{*}(e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{2} & if\ |1-\mu| \leq \frac{1}{2}, \\ |1-\mu|\ if |1-\mu| \geq \frac{1}{2}. \end{cases}$$

In the case $\mu \in \mathbb{R}$ the following theorem is proved similarly.

Theorem 3.3. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{R}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ 1\text{-}\frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1} \leq \mu \\ & \leq 1 + \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{1-\mu}{(2\lambda-1)^2} & if\ \mu \leq 1\text{-}\frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{\mu-1}{(2\lambda-1)^2} & if\ \mu \geq 1 + \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 3.3, we obtain the following results, respectively.

Corollary 3.4. If $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}, \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if \quad \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases}$$

Corollary 3.5. If $f \in S_{\Sigma}^{*}(\lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{1}{3\lambda-1}.$$

Remark 3.1. We note that Corollary 3.4 confirms the second result of Theorem 3.1.

4. CONCLUSIONS AND EVALUATIONS

In this section, the results obtained in the previous parts are interpreted. The main results on the coefficient estimates and Fekete–Szegö problems are seen to align with existing literature. Moreover, the results presented show that the class considered exhibits important analytic properties under the bi-univalent function theory framework.

5. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In conclusion, this paper introduced a new subclass of pseudo-starlike bi-univalent functions related to derivative operators. The coefficient bounds and Fekete–Szegö inequalities obtained extend and generalize several known results. Future studies can further explore other subclasses with various operators or parameters for broader applicability in geometric function theory.

REFERENCES

[1] Koebe, P., Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutionsgruppe, Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys., pp. 68–76, 1909.

[2] Bieberbach, L., Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einheitskreises vermitteln, Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138, pp. 940–955, 1916.

[3] De Branges, L., A proof of the Bieberbach conjecture, Acta Math., 154, pp. 137–152, 1985.

[4] Sokol, J., A certain class of starlike functions, Comput. Math. Appl., 62, pp. 611–619, 2011.

[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J., A new class of analytic functions associated with Salagean operator, J. Funct. Spaces, Article ID 5157394, 2019.

[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E., On some classes of bounded univalent functions, J. Lond. Math. Soc., 2, pp. 431–443, 1969.

[7] Sokol, J., Stankiewcz, J., Radius of convexity of some subclasses of strongly starlike functions, Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math., vol. 19, pp. 101–105, 1996.

[8] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V., Starlike function associated with a cardioid, Afr. Math., 27, pp. 923–939, 2016.

[9] Kumar, S. S., Arora, K., Starlike functions associated with a petal shaped domain, ArXiv, arXiv:2010.10072, 2020.

[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V., On a subclass of strongly starlike functions associated with exponential function, Bull. Malays. Math. Soc., 38, pp. 365–386, 2015.

[11] Bano, K., Raza, M., Starlike functions associated with cosine function, Bull. Iran. Math. Soc., 47, pp. 1513–1532, 2020.

[12] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S., Starlikeness associated with cosine hyperbolic function, Mathematics, 8, p. 1118, 2020.

[13] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 234–241, Istanbul, Turkey, 29–30 April 2023.

[14] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V., Starlike function associated with a cardioid, Afr. Math., 27, pp. 923–939, 2016.

[15] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M., Radius problems for starlike functions associated with the tan hyperbolic function, J. Funct. Spaces, Article ID 9967640, 2021.

[16] Cho, N. E., Kumar, V., Kumar, S. S., Ravichandran, V., Radius problems for starlike functions associated with the sine function, Bull. Iran. Math. Soc., 45, pp. 213–232, 2019.

[17] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 234–241, Istanbul, Turkey, 29–30 April 2023.

[18] Mustafa, N., Nezir, V., Coefficient estimates and Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function, 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences, pp. 475–481, Istanbul, Turkey, 1–2 May 2023.

[19] Mustafa, N., Demir, H. A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions, 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research, pp. 2555–2563, Rize, Turkey, 6–8 June 2023.

[20] Mustafa, N., Demir, H. A., Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions, 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research, pp. 2564–2572, Rize, Turkey, 6–8 June 2023.

[21] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order, Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), pp. 18–25, 2023.

[22] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç, A., The Fekete–Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine hyperbolic function with complex order, Eastern Anatolian Journal of Science, 9(1), pp. 1–6, 2023.

[23] Mustafa, N., Demir, H. A., Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associated with sine and cosine functions with complex order, Journal of Scientific and Engineering Research, 10(6), pp. 131–140, 2023.

[24] Miller, S. S., Differential inequalities and Caratheodory functions, Bull. Am. Math. Soc., 81, pp. 79–81, 1975.

[25] Duren, P. L., Univalent Functions, Springer-Verlag, Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Vol. 259, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-CONVEX BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Grad. Stud. Davut MİNGSAR*
Kafkas University, Kars/TURKEY
davutmingsar36@gmail.com
0009-0006-0046-4421

ÖZET

Bu çalışmada, biz karmaşık mertebeden bi-ünivalent fonksiyonların q -türevi ile ilgili psevdo-konveks sınıfını tanımladık. Tanımlanan bu sınıfa ait olan fonksiyonların ilk iki katsayısı için üst sınır değerlendirmeleri verdik. Ayrıca, bu sınıf için Fekete-Szegö problemini de çözdük.

Anahtar Kelimeler: Konveks fonksiyon, bi-ünivalent fonksiyon, psevdo-konveks fonksiyon, karmaşık mertebe

ABSTRACT

In this study, we defined a new class of pseudo-convex bi-univalent functions of complex order related with q -derivative. We gave bound estimates for initial two coefficients of the functions belonging to this defined function class. Moreover, we solve the Fekete-Szegö problem for this class.

Keywords: Convex function, bi-univalent function, pseudo-convex function, complex order

7. Introduction and Preliminaries

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + a_4 z^4 + \cdots + a_n z^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n, a_n \in \mathbb{C}. \quad (1.1)$$

The subclass of A, which is univalent functions in the open unit disk U, denoted by S. This class was introduced by Köebe [1] first time. Within a short period, [2] published a paper in

which the famous coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. It was De-Branges [3], who settled this long-lasting hypothesis. There were a lot of papers devoted to this hypothesis and its related coefficient problems (see [4-18, 26]).

Throughout the is paper, we always make use of the classical definition of quantum concepts as follows.

The q -numbers and q -factorial are defined by

$$[a]_q = \frac{1-q^a}{1-q}, q \neq 1, a \in \mathbb{C}, [0]_q! = 1, [n]_q! = [n-1]_q! [n]_q.$$

In the standard approach to the q -calculus q -exponential function (see [27]) is defined as follows

$$e_q^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{[n]_q!}, |q| \in (0,1), |z| < \frac{1}{|1-q|}.$$

It is known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in \Sigma$, can written

$$g(w) = w + A_2 w^2 + A_3 w^3 + A_4 w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

where

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2 a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-convex function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by C_Σ

$$C_\Sigma \left\{ f \in S: Re\left(\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g\left(\omega(z)\right)$.

In the past few years, numerous subclasses of the class S have been introduced as special choices of the class C_Σ (see for example [3, 5, 8-26]).

Now, let's we define new subclass of bi-univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\tau \in \mathbb{C} - \{0\}$,$q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma\left(\tau, \lambda; e_q^z\right)$, if the following conditions are satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} - 1\right] \prec e_q^z, z \in U \text{ and} 1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} - 1\right] \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$, we have the following subclasses of analytic and bi-univalent functions.

Definition 1.2. For $q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma\left(\lambda, e_q^z\right)$, if the following conditions is satisfied

$$\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^\lambda}{f'(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and} \frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^\lambda}{g'(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 1.3. For $\tau \in \mathbb{C}-\{0\}$ and $q \in (0,1)$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma\left(\tau, e_q^z\right)$, if the following conditions are satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}-1\right] \prec e_q^z, z \in U \text{ and} 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)}-1\right] \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 1.4. For $\tau \in \mathbb{C}-\{0\}$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $C_\Sigma(\tau, \lambda; e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left(zf'(z)\right)'}{f'(z)}-1\right] \prec e^z, z \in U \text{ and} 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left(wg'(w)\right)'}{g'(w)}-1\right] \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0)=1$ and $Re\left(p(z)\right) > 0, z \in U$. It is clear that the functions that satisfy these conditions have the following series expansion

$$p(z)=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\cdots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n, z \in U. \quad (1.3)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [28].
Now, let us give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([29]). Let the function p belong to the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N}, |p_n-\nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n,k \in \mathbb{N}, n > k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities hold for the function

$$p(z)=\frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([29]) Let the an analytic function p be of the form (1.3), then

$$2p_2=p_1^2+(4-p_1^2)x,$$
$$4p_3=p_1^3+2(4-p_1^2)p_1x-(4-p_1^2)p_1x^2+2(4-p_1^2)(1-|x|^2)y$$

for some $x,y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma\left(\tau, \lambda; e_q^z\right)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give some coefficient estimates for the functions belonging to the class $C_\Sigma\left(\tau, \lambda; e_q^z\right)$ and solve Fekete-Szegö problem for this class.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $C_\Sigma\left(\tau, \lambda; e_q^z\right)$. Then, we have the following inequalities

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\ 3(3\lambda-1)|\tau| \leq (2\lambda-1)^2, \\ \frac{|\tau|}{4(2\lambda-1)^2} & if\ 3(3\lambda-1)|\tau| \geq (2\lambda-1)^2. \end{cases} \quad (2.1)$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma\left(\tau, \lambda; e_q^z\right)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U, \varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(zf'(z)\right)'\right]^{\lambda}}{f'(z)}-1\right]\prec e_q^{\omega(z)}, z\in U, z\in U \text{ and } 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{\left[\left(wg'(w)\right)'\right]^{\lambda}}{g'(w)}-1\right]\prec e_q^{\varpi(w)}, w\in U_{r_0}. \tag{2.2}$$

Let's the functions $p,q\in P$ defined as follows:

$$p(z)=\frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)}=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\ldots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n, z\in U,$$

$$q(w)=\frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)}=1+q_1w+q_2w^2+q_3w^3+\ldots=1+\sum_{n=1}^{\infty}q_nw^n, w\in U_{r_0}. \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(z)=\frac{p(z)-1}{p(z)+1}=\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{2}\left(p_2-\frac{p_1^2}{2}\right)z^2+\frac{1}{2}\left(p_3-p_1p_2-\frac{p_1^3}{4}\right)z^3\ldots, z\in U,$$
$$\varpi(w)=\frac{q(w)-1}{q(w)+1}=\frac{q_1}{2}w+\frac{1}{2}\left(q_2-\frac{q_1^2}{2}\right)w^2+\frac{1}{2}\left(q_3-q_1q_2-\frac{q_1^3}{4}\right)w^3\ldots, w\in U_{r_0}. \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4), considering series expansions of the exponential function can written

$$\begin{aligned}&2(2\lambda-1)a_2z+[3(3\lambda-1)a_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2]z^2+\cdots\\&=\tau\left\{\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{4}\left[2p_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)p_1^2\right]z^2+\cdots\right\}, z\in U,\\&2(2\lambda-1)A_2w+[3(3\lambda-1)A_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2]w^2+\cdots\\&=\tau\left\{\frac{q_1}{2}w+\frac{1}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]w^2+\cdots\right\}, w\in U_{r_0}.\end{aligned} \tag{2.5}$$

By equate the same coefficients in the (2.5), we obtain the following equalities

$$a_2=\frac{\tau p_1}{4(2\lambda-1)}, 3(3\lambda-1)a_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2p_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)p_1^2\right], \tag{2.6}$$

$$a_2=-\frac{\tau q_1}{4(2\lambda-1)}, 3(3\lambda-1)A_3+4(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]. \tag{2.7}$$

Then,

$$\frac{\tau p_1}{4(2\lambda-1)}=a_2=-\frac{\tau q_1}{4(2\lambda-1)}; \text{ that is, } p_1=-q_1. \tag{2.8}$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.8), we have first result of theorem.

Considering the expressions $A_2=-a_2, A_3=2a_2^2-a_3$ in the equality (2.7), we can write

$$3(3\lambda-1)(2a_2^2-a_3)+4(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]. \tag{2.9}$$

If subtract equality (2.9) from equality (2.6), we obtain

$$6(3\lambda-1)(a_3-a_2^2)=\frac{\tau}{2}(p_2-q_2);$$

that is,

$$a_3 = a_2^2 + \frac{p_2 - q_2}{12(3\lambda - 1)}\tau. \tag{2.10}$$

Applying Lemma 1.2, we can write

$$a_3 = \frac{\tau^2}{16(2\lambda-1)^2}p_1^2 + \frac{\tau}{24(3\lambda-1)}(4 - p_1^2)(x - y) \tag{2.11}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

Then, applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3| \leq |\tau|\left[\frac{|\tau|t^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-t^2)}{24(3\lambda-1)}(\zeta + \varsigma)\right], \zeta, \varsigma \in [0,1], \tag{2.12}$$

where $\zeta = |x|$, $\varsigma = |y|$ and $t = |p_1|$. The inequality (2.12) can written

$$|a_3| \leq |\tau|\left[c(\lambda)t^2 + \frac{1}{3(3\lambda-1)}\right], t \in [0,2],$$

where

$$c(\lambda) = \frac{|\tau|}{16(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{12(3\lambda-1)}.$$

Then, maximizing the function

$$\varphi(t) = c(\lambda)t^2 + \frac{1}{3(3\lambda - 1)}, t \in [0,2]$$

it can easily be seen that $\varphi(t) \leq \frac{1}{3(3\lambda-1)}$ if $c(\lambda) \leq 0$ and $\varphi(t) \leq \frac{|\tau|}{4(2\lambda-1)^2}$ if $c(\lambda) \geq 0$.

With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$ from the Theorem 2.1, we have the following results.

Corollary 2.1. If $f \in C_\Sigma\left(\lambda, e_q^z\right)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if \quad \lambda \geq \frac{13+5\sqrt{5}}{8}, \\ \frac{1}{4(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{13+5\sqrt{5}}{8}. \end{cases}$$

Corollary 2.2. If $f \in C_\Sigma\left(\tau, e_q^z\right)$, then

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2} \text{ and } |a_3| \leq \frac{|\tau|}{2}\begin{cases} \frac{1}{3}\ if\ |\tau| \leq \frac{1}{6}, \\ \frac{|\tau|}{2}\ if\ |\tau| \geq \frac{1}{6}. \end{cases}$$

Corollary 2.3. If $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3(3\lambda-1)} & if\ |\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \frac{|\tau|}{4(2\lambda-1)^2} & if\ |\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}. \end{cases}$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $C_\Sigma(\tau, \lambda; e_q^z)$.

Theorem 2.2. Let $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4} \begin{cases} \frac{4}{3(3\lambda-1)} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \leq 4(2\lambda-1)^2, \\ \frac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \geq 4(2\lambda-1)^2. \end{cases} \quad (2.13)$$

Proof. Let $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e_q^z)$, then from the equalities (2.8) and (2.10), we can write

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)\tau^2 p_1^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{(p_2-q_2)\tau}{12(3\lambda-1)}. \quad (2.14)$$

Then, applying Lemma 1.2 the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)\tau^2 p_1^2}{16(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-p_1^2)\tau}{24(3\lambda-1)}(x-y) \quad (2.15)$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{8}\left[\frac{|1-\mu||\tau|t^2}{2(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-t^2)}{3(3\lambda-1)}(\xi+\eta)\right], \xi, \eta \in [0,1], \quad (2.16)$$

where $\xi = |x|$, $\eta = |y|$ and $t = |p_1|$.

Maximizing to the parameters ξ and η, from the inequality (2.16), we can write

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{8}\left[b(\lambda,\mu)t^2 + \frac{8}{3(3\lambda-1)}\right], t \in [0,2],$$

where

$$b(\lambda,\mu) = \frac{|1-\mu||\tau|}{2(2\lambda-1)^2} - \frac{2}{3(3\lambda-1)}.$$

Maximizing the function ψ: $[0,2] \to \mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t) = b(\lambda,\mu)t^2 + \frac{8}{3(3\lambda-1)}, t \in [0,2],$$

we can easily see that

$$\psi(t) \leq \frac{8}{3(3\lambda-1)}$$

if $b(\lambda,\mu) \leq 0$; that is if $3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \leq 4(2\lambda-1)^2$ and

$$\psi(t) \leq \frac{2|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2}$$

if $3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \geq 4(2\lambda-1)^2$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$ from the Theorem 2.2, we have the following results.

Corollary 2.4. If $f \in C_\Sigma(\lambda, e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{4}\begin{cases}\dfrac{4}{3(3\lambda-1)} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu| \leq 4(2\lambda-1)^2, \\ \dfrac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu| \geq 4(2\lambda-1)^2.\end{cases}$$

Corollary 2.5. If $f \in C_\Sigma(\lambda; e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4}\begin{cases}\dfrac{2}{3} & if\ |1-\mu||\tau| \leq \dfrac{2}{3}, \\ |1-\mu||\tau| & if\ |1-\mu||\tau| \geq \dfrac{2}{3}.\end{cases}$$

Corollary 2.6. If $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4}\begin{cases}\dfrac{4}{3(3\lambda-1)} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \leq 4(2\lambda-1)^2, \\ \dfrac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ 3(3\lambda-1)|1-\mu||\tau| \geq 4(2\lambda-1)^2.\end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.7. If $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3| \leq |\tau|\begin{cases}\dfrac{1}{3(3\lambda-1)}\ if\ |\tau| \leq \dfrac{(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}, \\ \dfrac{|\tau|}{(2\lambda-1)^2}\ if\ |\tau| \geq \dfrac{(2\lambda-1)^2}{3(3\lambda-1)}.\end{cases}$$

Corollary 2.8. If $f \in C_\Sigma(\tau, \lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{3(3\lambda-1)}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.7 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-convex function class of complex order of analytic bi-univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-convex function class of complex order for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The evaluations obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the q −pseudo-convex function class of complex order, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutions gruppe, Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln, Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138, 940-955, 1916.
[3] De Branges, L. A proof of the Bieberbach conjecture. Acta Math., 154,137-152, 1985.
[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394,2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443, 1969.
[7] Sokol, J., Stankiewcz, J. Radius of conexity of some subclasses of strongy starlike functions. *Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math.*, 19, 101–105, 1996.
[8] Sharma, K., Jain, N. K. Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid.Afr. Math., 27, 923-939, 2016.
[9] Kumar, S. S., Arora, K. Starlike functions associated with a petal shaped domain. ArXiv 2020, arXiv: 2010.10072.
[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V. On a subclass of strongly starlike functions assiociated ith exponential function. Bull. Malays. Math. Soc., 38, 365-386, 2015.
[11] Shi,. L., Srivastava, H. M., Arif, M., Hussain, S., Khan, H. An investigation of the third Hankel determinant problem for certain subfamilies of univalent functions involving the exponential function. Symmetry, 11,598, 2019.
[12] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc., 47, 1513-1532, 2020.
[13] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine hyperbolic function. Mathematics, 8, 1118, 2020.
[14] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M. Radius Problems for Starlike Functions Associated with the Tan Hyperbolic Function. J. Funct. Spaces, 2021, 9967640, 2021.
[15] Cho, N. E., Kumar, V., Kumar, S. S., Ravichandran, V. Radius problems for starlike functions associated with the sine function. Bull. Iran. Math. Soc., 45, 213-232, 2019.
[16] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul

Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 234-241, 2023.
[17] Frasin, B. and Aouf, M. K. New Subclasses of Bi-univalent Functions. Applied Mathematics Letters, 24, 9, 1569-1573, 2011.
[18] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid. Afr. Math., 27, 923-939, 2016.
[19] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç., A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 242-249, Istanbul, Türkiye, 2023.
[20] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, 475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.
[21] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2555-2563, Rize Turkey, 2023.
[22] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.
[23] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research,, 10, 6, 18-25, 2023.
[24] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.
[25] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10, 6, 131-140, 2023.
[26] Mustafa, N., Kankılıç. A. On the pseudo starlike bi-univalent function class of complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 11, 5, 26-34, 2024.
[27] Cieslinski, J. L. (2011). Improved q -exponential and q -trigonometric functions. Applied Mathematics Letters, 24(12), 2110-2114.
[28] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory functions. Bull. Am. Math. Soc. 81, 79-81, (1975).
[29] Duren, P. L. Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, Volume 259, 1983.

ON THE COEFFICIENT AND FEKETE-SZEGÖ PROBLEM FOR THE PSEUDO-STARLIKE BI-UNIVALENT FUNCTION CLASS OF COMPLEX ORDER

Prof. Dr. NİZAMİ MUSTAFA
Kafkas University, Kars/TURKEY
nizamimustafa@gmail.com
0000-0002-2758-0274

Grad. Stud. DAVUT MİNGSAR*
Kafkas University, Kars/TURKEY
davutmingsar36@gmail.com
0009-0006-0046-4421

ÖZET

Bu çalışmada, biz yıldızıl ve karmaşık mertebeden bi-ünivalent fonksiyonların q -türevle ilgili psevdo-yıldızıl sınıfını tanımladık. Burada, biz bu tanımlanan sınıfa ait olan fonksiyonların ilk iki katsayısı için üst sınır değerlendirmeleri verdik. Ayrıca, bu sınıf için Fekete-Szegö problemini de çözdük.

Anahtar Kelimeler: Yıldızıl fonksiyon, bi-ünivalent fonksiyon, psevdo-yıldızıl fonksiyon, kompleks mertebe

ABSTRACT

In this study, we defined a new class of starlike and pseudo-starlike bi-univalent functions of complex order related with q -derivative. Here, we gave bound estimates for initial two coefficients of the functions belonging to this defined function class. Moreover, we solve the Fekete-Szegö problem for this class.

Keywords: Starlie function, bi-univalent function, pseudo-starlike function, complex order

8. Introduction and Preliminaries

Let $H(U)$ be the class of analytic functions in the open unit disk $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ of the complex plane $\mathbb{C}$. Let A be the class of the functions $f \in H(U)$ given by the following series expansions

$$f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + a_4 z^4 + \cdots + a_n z^n + \cdots = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n \, , a_n \in \mathbb{C} \, . \qquad (1.1)$$

The subclass of A, which is univalent functions in the open unit disk U, denoted by S. This class was introduced by Köebe [1] first time. Within a short period, Biebarch [2] published a paper in which the famous coefficient hypothesis was proposed. This hypothesis states that if $f \in S$ and has the series form (1.1), then $|a_n| \leq n$ for each $n \geq 2$. It was De-Branges [3], who settled this long-lasting hypothesis. There were a lot of papers devoted to this hypothesis and its related coefficient problems (see [4-18, 26]).

Throughout the is paper, we always make use of the classical definition of quantum concepts as follows.

The q -numbers and q -factorial are defined by

$$[a]_q = \frac{1-q^a}{1-q}, q \neq 1, a \in \mathbb{C}, [0]_q! = 1, [n]_q! = [n-1]_q! [n]_q.$$

In the standard approach to the q -calculus q -exponential function (see [27]) is defined as follow:

$$e_q^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{[n]_q!}, |q| \in (0,1), |z| < \frac{1}{|1-q|}.$$

It is known that the function f is called bi-univalent function, if itself and inverse is univalent in U and $f(U)$, respectively. The class of bi-univalent functions in U is denoted by Σ in the literature.

For the inverse $g(w) = f^{-1}(w)$ of the function $f \in \Sigma$, can written

$$g(w) = w + A_2 w^2 + A_3 w^3 + A_4 w^4 + \ldots = w + \sum_{n=2}^{\infty} A_n z^n, w \in f(U) = U_{r_0}, \quad (1.2)$$

where

$$A_2 = -a_2, A_3 = 2a_2^2 - a_3, A_4 = -a_2^3 + 5a_2 a_3 - a_4, \ldots .$$

The bi-convex function classes in the open unit disk U is defined analytically as follows and denoted by S_Σ^*

$$S_\Sigma^* = \left\{ f \in S: Re\left(\frac{zf'(z)}{f(z)}\right) > 0, z \in U \text{ and } Re\left(\frac{wg'(w)}{g(w)}\right) > 0, w \in U_{r_0} \right\}.$$

Let's $f, g \in H(U)$, then it is said that f is subordinate to g and denoted by $f \prec g$, if there exists a Schwartz function ω, such that $f(z) = g(\omega(z))$.

In the past few years, numerous subclasses of the collection S have been introduced as special choices of the class S^* (see for example [3, 5, 8-26]).

Now, let's define some new subclass of bi-univalent functions in the open unit disk U.

Definition 1.1. For $\tau \in \mathbb{C} - \{0\}, q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_\Sigma^*(\tau, \lambda; e_q^z)$, if the following conditions are satisfied

$$1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{z(f'(z))^\lambda}{f(z)} - 1\right] \prec e_q^z, z \in U \text{ and } 1 + \frac{1}{\tau}\left[\frac{w(g'(w))^\lambda}{g(w)} - 1\right] \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$, we have the following subclasses of analytic and univalent functions.

Definition 1.2. For $q \in (0,1)$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_\Sigma^*(\lambda, e_q^z)$, if the following conditions is satisfied

$$\frac{z(f'(z))^\lambda}{f(z)} \prec e_q^z, z \in U \text{ and } \frac{w(g'(w))^\lambda}{g(w)} \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 1.3. For $\tau \in \mathbb{C}-\{0\}$ and $q \in (0,1)$ the function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, e_q^z)$, if the following conditions are satisfied

$$p(z)=\frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)}=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\ldots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n, z \in U \text{ and } 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{wg'(w)}{g(w)}-1\right] \prec e_q^w, w \in U_{r_0}.$$

Definition 1.4. For $\tau \in \mathbb{C}-\{0\}$ and $\lambda > \frac{1}{2}$ The function $f \in \Sigma$ is said to be in the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e^z)$, if the following conditions are satisfied

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)}-1\right] \prec e^z, z \in U \text{ and } 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{w\left(g'(w)\right)^{\lambda}}{g(w)}-1\right] \prec e^w, w \in U_{r_0}.$$

Let P be the class of analytic functions in U satisfied the conditions $p(0)=1$ and $Re\left(p(z)\right)>0$, $z \in U$. The function $p \in P$ has a series expansion of the following form

$$p(z)=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\cdots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n, z \in U. \quad (1.3)$$

The class P defined above is known as the class Caratheodory functions in the literature [28]. We give some necessary lemmas for the proof of our main results.

Lemma 1.1 ([29]). Let the function p belong in the class P. Then,

$$|p_n| \leq 2 \text{ for each } n \in \mathbb{N} \text{ and } |p_n-\nu p_k p_{n-k}| \leq 2 \text{ for } n,k \in \mathbb{N}, n>k \text{ and } \nu \in [0,1].$$

The equalities holds for the function

$$p(z)=\frac{1+z}{1-z}.$$

Lemma 1.2 ([29]) Let the an analytic function p be of the form (1.3), then

$$2p_2=p_1^2+(4-p_1^2)x,\ 4p_3=p_1^3+2(4-p_1^2)p_1x-(4-p_1^2)p_1x^2+2(4-p_1^2)(1-|x|^2)y$$

for $x,y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

In this paper, we give some coefficient estimates and solve Fekete-Szegö problem for the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$. Additionally, the results obtained for specific values of the parameters in our study are compared with the results obtained in the literature.

2. Main Results

In this section, we give firstly some coefficient estimates for the functions belonging to the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$.

Theorem 2.1. Let the function f given by series expansions (1.1) belong to the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$. Then, we have

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases} \quad (2.1)$$

Proof. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\tau,\lambda;e_q^z)$, then exists Schwartz functions $\omega: U \to U, \varpi: U_{r_0} \to U_{r_0}$, such that

$$1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{z\left(f'(z)\right)^{\lambda}}{f(z)}-1\right] \prec e_q^{\omega(z)}, z \in U, z \in U \text{ and } 1+\frac{1}{\tau}\left[\frac{w\left(g'(w)\right)^{\lambda}}{g(w)}-1\right] \prec e_q^{\varpi(w)}, w \in U_{r_0}. \tag{2.2}$$

Let's the functions $p, q \in P$ defined as follows:

$$p(z)=\frac{1+\omega(z)}{1-\omega(z)}=1+p_1z+p_2z^2+p_3z^3+\ldots=1+\sum_{n=1}^{\infty}p_nz^n, z \in U,$$

$$q(w)=\frac{1+\varpi(w)}{1-\varpi(w)}=1+q_1w+q_2w^2+q_3w^3+\ldots=1+\sum_{n=1}^{\infty}q_nw^n, w \in U_{r_0}. \tag{2.3}$$

It follows from that

$$\omega(z)=\frac{p(z)-1}{p(z)+1}=\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{2}\left(p_2-\frac{p_1^2}{2}\right)z^2+\frac{1}{2}\left(p_3-p_1p_2-\frac{p_1^3}{4}\right)z^3\ldots, z \in U,$$
$$\varpi(w)=\frac{q(w)-1}{q(w)+1}=\frac{q_1}{2}w+\frac{1}{2}\left(q_2-\frac{q_1^2}{2}\right)w^2+\frac{1}{2}\left(q_3-q_1q_2-\frac{q_1^3}{4}\right)w^3\ldots, w \in U_{r_0}. \tag{2.4}$$

From the (2.2) and (2.4) can written

$$\begin{aligned}&(2\lambda-1)a_2z+[(3\lambda-1)a_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2]z^2+\cdots\\&=\tau\left\{\frac{p_1}{2}z+\frac{1}{4}\left[2p_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)p_1^2\right]z^2+\cdots\right\}, z \in U,\\&(2\lambda-1)A_2w+[(3\lambda-1)A_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2]w^2+\cdots\\&=\tau\left\{\frac{q_1}{2}z+\frac{1}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]z^2+\cdots\right\}, w \in U_{r_0}.\end{aligned} \tag{2.5}$$

By equate the same coefficients in the (2.5), we obtain the following equalities

$$a_2=\frac{\tau p_1}{2(2\lambda-1)}, (3\lambda-1)a_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2p_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)p_1^2\right], \tag{2.6}$$

$$A_2=\frac{\tau q_1}{2(2\lambda-1)}, (3\lambda-1)A_3+(2\lambda^2-4\lambda+1)A_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]. \tag{2.7}$$

Then,

$$\frac{\tau p_1}{2(2\lambda-1)}=a_2=-\frac{\tau q_1}{2(2\lambda-1)}; \text{ that is, } p_1=-q_1. \tag{2.8}$$

Using Lemma 1.1 to the equality (2.8), we have first result of theorem.

Considering that $A_2=-a_2, A_3=2a_2^2-a_3$ the equality (2.7), we can write

$$(3\lambda-1)(2a_2^2-a_3)+(2\lambda^2-4\lambda+1)a_2^2=\frac{\tau}{4}\left[2q_2-\left(1-\frac{1}{[2]_q!}\right)q_1^2\right]. \tag{2.9}$$

If subtract equality (2.9) from equality (2.6), we obtain

$$2(3\lambda-1)(a_3-a_2^2)=\frac{\tau}{2}(p_2-q_2);$$

that is,

$$a_3 = a_2^2 + \frac{\tau}{4(3\lambda-1)}(p_2 - q_2). \tag{2.10}$$

Applying Lemma 1.2, we can write

$$a_3 = \frac{\tau^2 p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-p_1^2)\tau}{8(3\lambda-1)}(x-y) \tag{2.11}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.

Then, applying triangle inequality to the last equality, we have

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{4}\left[\frac{|\tau|t^2}{(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-p_1^2)}{2(3\lambda-1)}(\zeta+\varsigma)\right], \zeta, \varsigma \in [0,1], \tag{2.12}$$

where $\zeta = |x|$, $\varsigma = |y|$ and $t = |p_1|$.

Maximizing to the parameters ζ and ς, the inequality (2.12) can written

$$|a_3| \leq \frac{|\tau|}{4}\left[a(\lambda,\beta)t^2 + \frac{4}{3\lambda-1}\right], t \in [0,2], \tag{2.13}$$

where

$$a(\lambda,\beta) = \frac{|\tau|}{(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3\lambda-1}.$$

Then, maximizing the function

$$\varphi(t) = a(\lambda,\beta)t^2 + \frac{4}{3\lambda-1}, t \in [0,2]$$

it can easily be seen that $\varphi(t) \leq \frac{1}{3\lambda-1}$ if $a(\lambda,\beta) \leq 0$ and $\varphi(t) \leq \frac{4|\tau|}{(2\lambda-1)^2}$ if $a(\lambda,\beta) \geq 0$.

With this, the proof of second inequality of (2.1) is provided.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$ from the Theorem 2.1, we have the following results.

Corollary 2.1. If $f \in S_\Sigma^*(\lambda, e_q^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{1}{2\lambda-1} \text{ and } |a_3| \leq \begin{cases} \frac{1}{(2\lambda-1)^2} & if\ \lambda \in \frac{1}{2}, \frac{7+\sqrt{17}}{8}, \\ \frac{1}{3\lambda-1} & if\ \lambda \geq \frac{7+\sqrt{17}}{8}. \end{cases}$$

Corollary 2.2. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, e_q^z)$, then

$$|a_2| \leq |\tau| \text{ and } |a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{2} & if\ |\tau| \leq \frac{1}{2}, \\ |\tau|\ if\ |\tau| \geq \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Corollary 2.3. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, \lambda; e^z)$, then

$$|a_2| \leq \frac{|\tau|}{2(2\lambda-1)} \text{ and } |a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases}$$

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class $S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$.

Theorem 2.2. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |1-\mu||\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu||\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases} \tag{2.14}$$

Proof. Let $f \in S_{\Sigma}^{*}(\tau, \lambda; e_q^z)$, then from the equalities (2.8) and (2.10), we can write

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)\tau^2 p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{(p_2-q_2)\tau}{4(3\lambda-1)}. \tag{2.15}$$

Then, applying Lemma 1.2 the expression $a_3 - \mu a_2^2$ can written as follows

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{(1-\mu)\tau^2 p_1^2}{4(2\lambda-1)^2} + \frac{(4-p_1^2)\tau}{8(3\lambda-1)}(x-y) \tag{2.16}$$

for some $x, y \in \mathbb{C}$ with $|x| \leq 1$ and $|y| \leq 1$.
Applying triangle inequality to this equality, we have

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4}\left[\frac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2}t^2 + \frac{4-t^2}{2(3\lambda-1)}(\xi+\eta)\right], \xi, \eta \in [0,1], \tag{2.17}$$

where $\xi = |x|, \eta = |y|$ and $t = |p_1|$.

Maximizing to the parameters ξ and η, from the inequality (2.17), we can write

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{4}\left[b(\lambda, \beta; \mu)t^2 + \frac{4}{3\lambda-1}\right], t \in [0,2],$$

where

$$b(\lambda, \beta; \mu) = \frac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} - \frac{1}{3\lambda-1}\ .$$

Maximizing the function ψ: $[0,2] \to \mathbb{R}$ defined as follows

$$\psi(t) = b(\lambda, \beta; \mu)t^2 + \frac{4}{3\lambda-1}, t \in [0,2],$$

we can easily see that

$$\psi(t) \leq \frac{4}{3\lambda-1}$$

if $b(\lambda, \beta; \mu) \leq 0$; that is if $|1-\mu||\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{(3\lambda-1)}$ and

$$\psi(t) \leq \frac{4|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2}$$

if $|1-\mu||\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{(3\lambda-1)}$.

Thus, the proof of theorem is completed.

In the case $\tau = 1, \lambda = 1$ and $q \to 1^-$ from the Theorem 2.2, we have the following results.

Corollary 2.4. If $f \in S_\Sigma^*(\lambda, e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |1-\mu| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|1-\mu|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases}$$

Corollary 2.5. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{2} & if\ |1-\mu||\tau| \leq \frac{1}{2}, \\ |1-\mu||\tau|\ if\ |1-\mu||\tau| \geq \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Corollary 2.6. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, \lambda; e^z)$ and $\mu \in \mathbb{C}$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |1-\mu||\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|1-\mu||\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |1-\mu||\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases}$$

Also, taking $\mu = 0$ and $\mu = 1$ in the Theorem 2.2, we obtain the following results, respectively.

Corollary 2.7. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, \lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3| \leq |\tau| \begin{cases} \frac{1}{3\lambda-1} & if\ |\tau| \leq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}, \\ \frac{|\tau|}{(2\lambda-1)^2} & if\ |\tau| \geq \frac{(2\lambda-1)^2}{3\lambda-1}. \end{cases}$$

Corollary 2.8. If $f \in S_\Sigma^*(\tau, \lambda; e_q^z)$, then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|\tau|}{3\lambda-1}.$$

Remark 2.1. We note that Corollary 2.7 confirms the second result of Theorem 2.1.

3. Conclusions and Evaluations

In this study, we considered the coefficient and Fekete-Szegö prolem for the new pseudo-starlike function class of complex order of analytic and univalent functions. In this study, unlike the results available in the literature (we should note that the case $\lambda \geq 1$is examined in the literature), the pseudo-starlike function class of complex order for $\lambda > \frac{1}{2}$ is examined. The estimates obtained for $\lambda \geq 1$confirm the results available in the literature.

4. General Evaluation and Conclusions

For the class defined in the paper, an upper bound estimate of the second Hankel determinant can also be performed. In addition, the broader class of this class, the q −pseudo-starlike function class of complex order, can be defined and similar work can be done for this class.

References

[1] Köebe, P. Über die Uniformisierrung der algebraishen Kurven, durch automorpher Funktionen mit imaginarer Substitutions gruppe, Nachr. Akad. Wiss. Göttingen Math.-Phys. 68-76, 1909.
[2] Bieberbach, L. Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen welche eine schlichte Abbidung des Einbeiskreises vermitteln, Sitzungsberichte Preuss. Akad. Der Wiss., 138, 940-955, 1916.
[3] De Branges, L. A proof of the Bieberbach conjecture. Acta Math., 154,137-152, 1985.
[4] Janowski, W. Extremal problems for a family of functions with positive real part and for some related families. Ann. Pol. Math., 23, 159-177, 1970.
[5] Arif, M., Ahmad, K., Liu, J.-L., Sokol, J. A new class of analytic functions associated with Salagean operatör. J. Funct. Spaces 2019, 5157394,2019.
[6] Brannan, D. A., Kirwan, W. E. On some classes of bounded univalent functions. J. Lond. Math. Soc., 2, 431-443, 1969.
[7] Sokol, J., Stankiewcz, J. Radius of conexity of some subclasses of strongy starlike functions. *Zesz. Nauk. Politech. Rzesz. Math.*, 19, 101–105, 1996.
[8] Sharma, K., Jain, N. K. Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid.Afr. Math., 27, 923-939, 2016.
[9] Kumar, S. S., Arora, K. Starlike functions associated with a petal shaped domain. ArXiv 2020, arXiv: 2010.10072.
[10] Mendiratta, R., Nagpal, S., Ravichandran, V. On a subclass of strongly starlike functions assiociated ith exponential function. Bull. Malays. Math. Soc., 38, 365-386, 2015.
[11] Shi,. L., Srivastava, H. M., Arif, M., Hussain, S., Khan, H. An investigation of the third Hankel determinant problem for certain subfamilies of univalent functions involving the exponential function. Symmetry, 11,598, 2019.
[12] Bano, K., Raza, M. Starlike functions associated with cosine function. Bull. Iran. Math. Soc., 47, 1513-1532, 2020.
[13] Alotaibi, A., Arif, M., Alghamdi, M. A., Hussain, S. Starlikness associated with cosine hyperbolic function. Mathematics, 8, 1118, 2020.
[14] Ullah, K., Zainab, S., Arif, M., Darus, M., Shutayi, M. Radius Problems for Starlike Functions Associated with the Tan Hyperbolic Function. J. Funct. Spaces, 2021, 9967640, 2021.
[15] Cho, N. E., Kumar, V., Kumar, S. S., Ravichandran, V. Radius problems for starlike functions associated with the sine function. Bull. Iran. Math. Soc., 45, 213-232, 2019.
[16] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul

Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 234-241, 2023.
[17] Frasin, B. and Aouf, M. K. New Subclasses of Bi-univalent Functions. Applied Mathematics Letters, 24, 9, 1569-1573, 2011.
[18] Sharma, K., Jain, N. K., Ravichandran, V. Starlike function associated witha cardioid. Afr. Math., 27, 923-939, 2016.
[19] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç., A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on April 29-30, 242-249, Istanbul, Türkiye, 2023.
[20] Mustafa, N., Nezir, V. Coefficient estimates and Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function. 13th International Istanbul Scientific Research Congress on Life, Engineering and Applied Sciences on May 1-2, 475-481, Istanbul, Türkiye, 2023.
[21] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2555-2563, Rize Turkey, 2023.
[22] Mustafa, N., Demir, H. A. Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine and cosine functions. 4th International Black Sea Congress on Modern Scientific Research on June 6-8, 2564-2572, Rize Turkey, 2023.
[23] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research,, 10, 6, 18-25, 2023.
[24] Mustafa, N., Nezir, V., Kankılıç. A. The Fekete-Szegö problem for certain subclass of analytic and univalent functions associted with sine hyperbolic function with complex order. Eastern Anatolian Journal of Science, 9, 1, 1-6, 2023.
[25] Mustafa, N., Demir, H. A. Coefficient estimates for certain subclass of analytic and univalent functions with associated with sine and cosine functions with complex order. Journal of Scientific and Engineering Research, 10, 6, 131-140, 2023.
[26] Mustafa, N., Kankılıç. A. On the pseudo starlike bi-univalent function class of complex order. Journal of Scientific and Engineering Research., 11, 5, 26-34, 2024.
[27] Cieslinski, J. L. (2011). Improved q -exponential and q -trigonometric functions. Applied Mathematics Letters, 24(12), 2110-2114.
[28] Miller, S. S. Differential inequalities and Caratheodory functions. Bull. Am. Math. Soc. 81, 79-81, (1975).
[29] Duren, P. L. Univalent Functions. In Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, New York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer-Verlag, Volume 259, 1983.

YEMEKLİK BAKLAGİLLERİN KARBON AYAK İZİ VE İKLİM DOSTU TARIM SİSTEMLERİNDEKİ ROLÜ

THE CARBON FOOTPRINT OF FOOD LEGUMES AND THEIR ROLE IN CLIMATE-SMART AGRICULTURAL SYSTEMS

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR, ORCID: 0000-0002-4650-4998

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ozgeonder@siirt.edu.tr

ÖZET

Yemeklik baklagiller, sürdürülebilir tarım ve iklim değişikliğiyle mücadelede giderek artan bir öneme sahiptir. Azot fiksasyonu yapabilme yetenekleri sayesinde toprağa ihtiyaç duyduğu azotu doğal yoldan sağlamakta, böylece sentetik gübre kullanımını azaltarak sera gazı emisyonlarının düşürülmesine katkıda bulunmaktadır. Bu özellikleri, yemeklik baklagilleri düşük karbon ayak izine sahip bitkisel protein kaynakları haline getirmektedir. Bu çalışmada, yemeklik baklagillerin karbon ayak izi ölçümünde kullanılan yaşam döngüsü analizleri ve hesaplama yöntemleri incelenmiş; tarımsal uygulamaların, toprak ve iklim koşullarının karbon ayak izi üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır. Ayrıca, farklı baklagil türlerinin üretim süreçlerine bağlı olarak ortaya çıkan çevresel etkiler değerlendirilmiştir. İklim dostu tarım sistemlerinde baklagiller, toprak sağlığının korunması, azot döngüsünün desteklenmesi ve karbon depolama kapasitesinin artırılması açısından kritik rol oynamaktadır. Üretim tekniklerindeki iyileştirmeler, gübre ve sulama yönetimiyle karbon salınımının minimize edilmesi mümkün olmaktadır. Sonuç olarak, yemeklik baklagillerin hem beslenme güvenliği hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemi büyüktür. Bu nedenle, tarımsal politikalarda ve üretim sistemlerinde bu ürünlerin daha yaygın ve verimli kullanımı, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yemeklik baklagiller, Karbon ayak izi, İklim dostu tarım, Azot fiksasyonu

ABSTRACT

Leguminous crops play an increasingly vital role in sustainable agriculture and climate change mitigation. Their ability to fix atmospheric nitrogen biologically reduces the need for synthetic fertilizers, thereby contributing to lower greenhouse gas emissions. These characteristics position legumes as plant-based protein sources with a comparatively low carbon footprint. This study examines the methodologies used to assess the carbon footprint of food legumes, focusing on life cycle assessment approaches and calculation techniques. The impacts of agricultural practices, soil conditions, and climate on carbon emissions are analyzed in detail. Additionally, the environmental effects associated with the production of various legume species are evaluated. Within climate-smart agricultural systems, legumes are crucial for maintaining soil health, supporting nitrogen cycling, and enhancing carbon sequestration capacity. Improvements in production methods, alongside optimized fertilizer and irrigation management, can effectively minimize carbon emissions. Consequently, food legumes are of significant importance for both nutritional security and environmental sustainability. Therefore, the broader and more efficient integration of these crops into agricultural policies and production systems is essential to advance efforts to mitigate the adverse effects of climate change.

Keywords: Food legumes, Carbon footprint, Climate-smart agriculture, Nitrogen fixation

1. Introduction

Global climate change stands as one of the most significant environmental challenges confronting humanity today. The accumulation of greenhouse gases in the atmosphere leads to rising global temperatures, irregular precipitation patterns, and an increased frequency of extreme weather events such as droughts and floods, thereby exerting substantial pressure on agricultural production systems worldwide (Vogel et al., 2019). The agricultural sector is not only directly affected by these changes but also represents a major source of global greenhouse gas emissions. Indeed, agricultural production processes including soil cultivation, fertilizer and pesticide application, irrigation, energy consumption, and transportation contribute significantly to greenhouse gas emissions (Smith et al., 2014). In this context, transitioning agricultural systems toward climate-friendly practices has become a strategic imperative for ensuring both sustainable food security and the mitigation of environmental impacts.

One of the most critical steps in transforming agriculture to combat climate change involves promoting products with low carbon footprints. The carbon footprint is defined as the total greenhouse gas emissions, expressed typically in carbon dioxide (CO_2) equivalents, directly or indirectly associated with the life cycle of a product or service (Buberger et al., 2022). Considerable variation exists among agricultural products regarding their carbon footprints. Production systems reliant on intensive inputs, such as synthetic fertilizers and pesticides, tend to generate high emissions, whereas those that enhance soil fertility through biological processes and require fewer external inputs are regarded as more environmentally sustainable (Zhu and Shao, 2025). Within this framework, food legumes—including chickpeas, lentils, dry beans, faba beans, and peas emerge as crops with high environmental performance.

Legumes constitute a unique group of plants capable of biologically fixing atmospheric nitrogen into the soil through symbiotic relationships with bacteria such as *Rhizobium* spp. This process not only supplies the nitrogen required for their own growth but also enriches soil nitrogen content, benefiting subsequent crops (Huang, 2024). Consequently, legumes reduce the dependency on synthetic nitrogen fertilizers, thereby lowering both production costs and greenhouse gas emissions associated with fertilizer use. Notably, the manufacture and field application of nitrogen fertilizers are among the largest sources of greenhouse gas emissions in agriculture (Guo et al., 2022). Thus, integrating legumes into cropping systems provides both economic and ecological benefits.

The contribution of food legumes to climate-smart agriculture extends beyond nitrogen fixation. Their root systems improve soil structure, increase soil organic matter content, and enhance water retention capacity. Additionally, legumes play a vital role in crop rotation schemes by suppressing disease and pest pressures, preventing soil fatigue, and supporting microbial diversity in the soil. These combined effects are crucial for soil health preservation and carbon sequestration. The soil degradation and organic matter depletion caused by monoculture practices lead to long-term declines in productivity and increased reliance on external inputs (Akchaya et al., 2025). In contrast, legume-supported systems offer a nature-aligned approach that reverses these adverse effects.

Legumes' low carbon footprint has been consistently demonstrated through various international Life Cycle Assessment (LCA) studies. The carbon footprint of products such as lentils and chickpeas is markedly lower compared to equivalent amounts of animal-based protein or cereal products. For example, the carbon footprint of 1 kg of lentils is approximately 1.0 kg CO_2-eq, whereas the same quantity of beef can generate emissions ranging from 25 to 30 kg CO_2-eq. This disparity arises not only from production processes but also from a

combination of factors including energy consumption, water use, feed inputs, and land use (Poore and Nemecek, 2018). Consequently, legumes rank among the food groups with the lowest environmental impacts during both production and consumption phases and thus constitute a fundamental component of sustainable dietary systems.

All these attributes position food legumes at the core of agriculture-based strategies to combat climate change. Crop pattern plays a crucial role in transforming agricultural production systems into climate-friendly models. Replacing high-emission crops with those that exhibit strong environmental performance not only reduces ecological pressures but also lowers farmers' costs, contributing to economic sustainability. However, widespread integration of legumes into agricultural production requires comprehensive approaches, including the development of supportive policies, enhancement of farmers' knowledge, and breeding of varieties adapted to local climatic conditions. In this regard, food legumes play a key role in reducing the environmental footprint of agriculture, preserving soil health, and building sustainable farming systems characterized by low carbon emissions.

2. Agricultural and Ecological Importance of Food Legumes

2.1. Agricultural Characteristics

Food legumes have historically been among the staple crops in both human nutrition and agricultural systems. Particularly, species such as chickpeas, lentils, dry beans, faba beans, and cowpeas provide an essential source of plant-based protein for millions globally. The protein content of legumes generally ranges between 20–30%, which is significantly higher compared to cereals (Boye et al., 2010). This characteristic is critically important for nutritional security, especially in developing countries where animal protein consumption is limited.

Moreover, food legumes are rich in carbohydrates, dietary fiber, vitamins especially B-complex vitamins and various micronutrients, supporting balanced nutrition. Their low glycemic index makes them a recommended food group for individuals with diabetes. Scientific studies have also documented health benefits such as cholesterol reduction, improved digestion, and cardiovascular protection (Curran, 2012).

From an agricultural perspective, legumes' relatively low water requirements enable secure production in arid and semi-arid regions (Akchaya et al., 2025). This trait positions them as an alternative crop group in response to increasing water stress linked to climate change (Basu et al., 2016). Additionally, their broad genetic diversity and adaptability to diverse soil and climatic conditions facilitate their integration into regional farming systems (Kumar et al., 2023).

Another production advantage is the low input demand of legumes. Their biological nitrogen fixation significantly minimizes the need for synthetic nitrogen fertilizers, easing cost burdens for farmers (Huang, 2024). This makes legumes an economically sustainable production option, particularly for smallholder family farms.

Storage and transport advantages further enhance the strategic importance of legumes. Their low moisture content after harvest allows for long-term storage and resilience against spoilage. This characteristic makes them particularly valuable as strategic food resources during periods when food security is threatened, such as droughts, conflicts, or natural disasters.

2.2. Ecological Benefits

Food legumes are not only agriculturally important but also highly valuable from an ecological perspective. One of their most significant ecological contributions is their ability to fix atmospheric nitrogen into the soil. This process occurs through symbiotic relationships with *Rhizobium* species bacteria residing in root nodules (Kebede, 2021). Biological nitrogen fixation enables legumes to nourish the soil without relying on synthetic nitrogen fertilizers, thereby reducing production costs and mitigating environmental issues such as nitrate pollution.

In addition, legumes play a crucial role in improving soil structure. Their high organic matter production and the carbon compounds in their residues help maintain soil structural integrity, reducing erosion risk. Increased organic matter also stimulates microbial activity, enriching soil biodiversity. This is especially critical for preventing soil fatigue caused by intensive agricultural practices (Stagnari et al., 2017).

Moreover, the deep root systems of legume plants enhance soil water retention capacity, imparting resilience to agricultural systems during drought periods. This represents a significant advantage in adapting to climate change. Particularly, the selection of long and thick-rooted species contributes to increased carbon sequestration and more balanced use of groundwater resources (Abd-Alla et al., 2023).

Another important ecological benefit arises when legumes are incorporated into crop rotation systems. In these systems, legumes enrich the soil for subsequent crops by reducing fertilizer needs, supporting biological control of pests and diseases, and naturally maintaining soil fertility.

Therefore, food legumes hold strategic importance not only for food security and nutrition but also for environmental sustainability. In countries like Turkey, where agricultural diversity and soil-water resources are limited, expanding the production and consumption of these crops offers significant opportunities for long-term agricultural planning.

3. Carbon Footprint and Greenhouse Gas Emissions of Legumes

3.1. What Is Carbon Footprint?

The carbon footprint represents the total amount of greenhouse gases emitted into the atmosphere throughout the production, consumption, and disposal phases of a product or service, usually measured in carbon dioxide equivalents (CO_2-eq). This concept forms a fundamental basis for sustainability assessments, particularly in agriculture and the food sector, in the fight against global climate change. Agricultural inputs such as energy, fertilizers, pesticides, water, and machinery, as well as land use and soil management practices, directly influence the carbon footprint (Yue et al., 2017).

The food production chain encompasses all stages from seed to consumption, with greenhouse gas emissions occurring at every link in this chain. Notably, the use of fossil fuels, production and application of nitrogen fertilizers, and emissions of potent greenhouse gases such as methane and nitrous oxide contribute significantly. Therefore, when calculating the carbon

footprint of an agricultural product, it is essential to consider not only field-level production but also the upstream and downstream processes (Kazimierczuk et al., 2023).

Life Cycle Assessment (LCA) is frequently employed in carbon footprint calculations. This methodology systematically analyzes the environmental impacts throughout a product's entire life cycle. For agricultural products, LCA covers a broad spectrum from seed production, field operations, harvesting, transportation, processing, packaging, to post-consumption waste management (Nemecek et al., 2024). These analyses help identify stages with the highest greenhouse gas emissions, thereby guiding targeted improvements.

One critical factor determining the carbon footprint in food systems is the mode of protein production. Animal products, especially beef and dairy, produce high amounts of methane, and indirect emissions related to feed production and animal maintenance further increase their carbon footprint. In contrast, plant-based proteins, particularly legumes, have substantially lower carbon footprints. This discrepancy is related not only to emission levels but also to production efficiency and soil impact (Cammarata et al., 2023).

The concept of carbon footprint serves as an important indicator not only environmentally but also economically and socially. Promoting low-emission agricultural systems in the fight against climate change can offer economic advantages to producers while reducing the overall carbon output of society. Thus, the carbon footprint is a powerful decision-making tool for policymakers and producers aiming to enhance ecological efficiency in agricultural production.

3.2. Analysis of the Carbon Footprint of Legumes

The carbon footprint of food legumes is considerably lower compared to many other agricultural products. The primary reason for this is legumes' ability to biologically fix atmospheric nitrogen within their tissues, eliminating or significantly reducing the need for synthetic nitrogen fertilizers. The production and application of nitrogen fertilizers are among the highest greenhouse gas-emitting processes in agriculture. By reducing dependence on this cycle, legumes substantially lower total emissions (Herridge et al., 2008).

Legume cultivation generally requires low input levels. Irrigation, pesticide use, and soil tillage are comparatively minimal. This not only reduces energy consumption but also helps preserve soil structure. Additionally, soils under legume cultivation show increased organic matter content, promoting carbon sequestration. In this regard, legumes contribute both directly through low carbon emissions and indirectly by storing carbon in the soil, thereby aiding climate change mitigation (Kumar et al., 2023).

Comparative analyses of carbon footprints reveal that legumes are much more efficient than other protein sources. For example, producing the same amount of protein from animal sources requires substantially more resources and generates higher emissions, whereas legumes meet this demand at a much lower environmental cost. Consequently, legumes are gaining increasing importance in the development of sustainable food systems (Chatterjee et al., 2020).

The use of legumes in crop rotation systems can indirectly reduce the carbon footprint associated with the production of other crops. For example, areas where legumes are cultivated show increased soil nitrogen levels, thereby reducing the need for nitrogen fertilizer application in subsequent crops. This practice is considered a long-term agricultural approach that lowers carbon emissions. Furthermore, legume-based production systems enhance land use efficiency and support biodiversity (Lötjönen and Ollikainen, 2017).

When evaluated from these perspectives, food legumes not only exhibit a low carbon footprint but also play a central role in climate-friendly production models due to their contributions to ecosystem services and compatibility with sustainable agricultural systems. The expansion of legumes in both food security and environmental sustainability contexts holds a strategic position in the global transformation of food systems.

4. Climate-Friendly Agricultural Systems and Legumes

4.1. Definition of Climate-Friendly Agriculture

Climate-friendly agriculture refers to an approach in agricultural production that aims to both mitigate the factors contributing to climate change and adapt to current and future climatic conditions. This model is a holistic system grounded in sustainability principles, minimizing environmental degradation, enhancing productivity, and conserving natural resources. Climate-friendly agriculture encompasses not only production techniques but also agricultural policies, land management, crop patterns, and farmer behaviors, representing a multidimensional transformation (FAO, 2013).

This production model includes practices aimed at reducing greenhouse gas emissions while emphasizing soil- and plant-based carbon sinks. For instance, increasing soil organic matter accumulation helps sequester carbon from the atmosphere and simultaneously improves soil health. Climate-friendly agriculture also encourages the adoption of more resilient crop species to variable climate conditions, integrated pest management, and conservation tillage practices that are environmentally benign (Paustian et al., 2016).

Sustainable management of agricultural lands, efficient use of water resources, preservation of soil organic matter, and promotion of agro-biodiversity form the cornerstones of this system. Thus, climate-friendly agriculture supports sustainability not only environmentally but also economically and socially. It is noteworthy for reducing input costs, preventing rural poverty, and lowering production risks for smallholder farmers. The success of this system depends on knowledge-based, participatory planning that aligns with local ecosystems.

4.2. The Role of Legumes in Climate-Friendly Agricultural Systems

Legumes stand out as multifunctional crops within climate-friendly agricultural systems. Particularly due to their biological nitrogen fixation, support for soil health, and resilience to climate stressors, they play a strategic role in combating climate change.

Nitrogen fixation and reduction in fertilizer dependency: Legumes host Rhizobium bacteria in their root nodules, which convert atmospheric nitrogen into forms usable by the plant. This symbiotic relationship reduces the need for external nitrogen fertilizers. Since nitrogen fertilizer production and application are major sources of greenhouse gas emissions, legumes contribute to emission reduction while lowering agricultural input costs.

Improvement of Soil Health: The roots and plant residues of legumes contribute organic matter to the soil, which enhances water retention capacity, improves soil structure, and supports carbon sequestration. Additionally, soil permeability and microbial activity increase, resulting in healthier and more productive soil systems.

Resilience in Agricultural Systems: Legumes such as chickpeas and lentils are drought-tolerant and resilient to seasonal variations. Their short growing periods provide flexibility in production schedules, facilitating climate change adaptation and risk management. These characteristics make legumes an essential component of sustainable and reliable agricultural production.

5. Crop Rotation and Carbon Sequestration

5.1. The Role of Legumes in Crop Rotation

Crop rotation is one of the most effective practices to ensure sustainability in agricultural production. It involves planting different crops on the same field in successive seasons. Rotating cereals with legumes offers numerous benefits for both plant health and soil quality. The inclusion of food legumes in these rotation systems enhances ecosystem services and improves soil health compared to traditional monoculture practices (Shah et al., 2021).

The alternating cultivation of legumes and cereals positively affects many chemical and biological soil properties, particularly soil nitrogen balance. The biological nitrogen fixed by legumes reduces the fertilizer requirements of subsequent cereal crops, providing economic benefits and mitigating the environmental impacts of agricultural activities. Moreover, the rapid growth and ground-covering nature of legumes reduce erosion risk by protecting the soil from loss (Meena and Lal, 2018).

Integrating legumes into crop rotations also leads to structural improvements in the soil. Their root systems loosen the soil, enhancing aeration and supporting microbial activity. This facilitates the circulation of plant nutrients and promotes soil biodiversity. Long-term studies on rotation systems such as chickpea-wheat and lentil-winter wheat have demonstrated increases in soil organic matter and microbial activity in rotated fields (Tahat et al., 2020).

Crop rotation further helps reduce disease and pest pressure. While monoculture systems often experience an increase in pathogens causing yield losses, diversified cropping interrupts pathogen life cycles. Thus, incorporating legumes in rotation systems enhances the resilience of agriculture against biotic stresses. Rotation also increases soil water retention capacity, offering protective effects against drought stress (Gogoi et al., 2018).

The positive impacts of legumes in crop rotation extend beyond short-term yield improvements; they also contribute to the maintenance and enhancement of soil carbon balance over the long term. For these reasons, legumes have become indispensable components of climate-friendly agricultural systems.

5.2. Carbon Sequestration Potential

Carbon sequestration refers to the process of capturing and storing atmospheric carbon dioxide through plants and soils. Agricultural soils represent significant carbon sinks in this regard. Integrating legumes into agricultural systems is considered an effective strategy to reduce atmospheric CO_2 levels. Particularly, plants with strong root systems that contribute to long-lasting organic matter in the soil have a high capacity to support carbon sequestration (Yao et al., 2025).

The carbon retention potential of legumes occurs both through the direct accumulation of carbon fixed by photosynthesis in plant tissues and through the decomposition of roots and residues left in the soil after harvest. The decomposition of these plant residues contributes to the soil carbon pool by mineralizing organic carbon compounds. The fibrous root structures and substantial below-ground biomass of legumes enable carbon to remain longer in the deeper soil layers (Kumar et al., 2018).

Deep-rooted legume species are particularly effective in preventing surface carbon loss as they transport carbon to lower soil horizons. For example, certain chickpea and bean varieties have root systems extending up to 1.5 meters, allowing them to store carbon in subsoil layers and increase long-term carbon retention. This also positively affects soil water retention capacity and biological activity (Pett-Ridge et al., 2018).

The permanence of carbon stored in the soil is directly related to the extent to which it is bound to soil organic matter. Legume residues contain components with high lignin and cellulose content, which decompose slowly. This characteristic allows carbon to remain in the soil for extended periods rather than being rapidly released (Sá Pereira et al., 2017). Increasing such forms of carbon in agricultural systems is critical not only for combating climate change but also for enhancing soil health, productivity, and ecosystem services.

In summary, integrating legumes into agricultural production systems represents a strategic step for carbon sequestration. When supported by practices such as crop rotation, organic residue management, minimum tillage, and cover cropping, the carbon sequestration potential of legumes can be further enhanced. This approach promotes agricultural sustainability while enabling the sector to play an active role in climate change mitigation.

6. Food Legumes in Turkey and Alignment with Carbon Policies

Turkey, due to its geographic location and diverse agroecological zones, is highly suitable for legume production. Anatolia is considered a genetic center for many food legumes such as chickpeas, lentils, and beans. However, over the last thirty years, there has been a significant decline in legume cultivation areas. Since the 1990s, factors such as insufficient support policies, market difficulties faced by farmers, and increased imports have led to decreased production of strategic legumes like chickpeas and lentils (Ton et al., 2014). This decline poses risks for food security and weakens sustainable agricultural systems.

In this context, giving renewed strategic importance to food legumes within Turkey's climate change mitigation policies has become an urgent necessity. The Ministry of Agriculture and Forestry's national climate strategies include targets to reduce greenhouse gas emissions from the agricultural sector and promote comprehensive policies that enhance carbon sinks and encourage low-emission agricultural practices. Legumes have the potential to become a central focus of these policies (TOB, 2023).

Legumes hold a significant position within climate-friendly agricultural strategies due to their ability to reduce nitrogen fertilizer usage through biological nitrogen fixation, contribute organic matter to the soil, and enhance soil fertility within crop rotation systems. Turkey's nationally determined contributions clearly emphasize the necessity for agricultural practices to support emission reduction targets (Okumu et al., 2023). Accordingly, the integration of food legumes into agricultural systems carries strategic value not only for enhancing productivity but also for reducing the carbon footprint.

However, achieving these objectives requires certain structural and policy adjustments. Firstly, the production and distribution of certified seeds must be supported to conserve and expand locally adapted legume varieties. Preservation of genetic diversity is critical for food security as well as for resilience against stresses such as drought and diseases (Varshney et al., 2014). Research and development investments should also prioritize breeding climate-resilient legume cultivars.

Furthermore, organic legume production should be incentivized, and organic certification processes must be made more accessible to farmers. Organic farming reduces environmental impacts by minimizing chemical inputs and contributes to soil health preservation. Despite its potential, organic legume production in Turkey remains limited; expanding this sector holds significant opportunities for both domestic markets and exports.

In addition, establishing life cycle assessment (LCA)-based systems for calculating agricultural carbon footprints is vital. Such systems would enable comprehensive measurement of environmental impacts from production to consumption, facilitating the development of lower-emission production models. LCA data can also underpin carbon certification schemes and enable the participation of agricultural projects in carbon markets (Fan et al., 2022).

Finally, education and awareness-raising efforts are essential to facilitate farmers' transition to climate-friendly practices. A producer base conscious of carbon management will play a pivotal role in the success of this transformation. Encouraging cooperatives, producer unions, and non-governmental organizations to actively engage in this process is also critical.

In summary, restructuring Turkey's food legume production in alignment with climate policies will contribute to establishing a sustainable agricultural system from both environmental and economic perspectives. Through effective planning, robust incentive mechanisms, and participatory approaches, legumes can assume a central role in Turkey's climate-resilient agricultural future.

7. Conclusion and Recommendations

Food legumes, owing to their multifaceted contributions to sustainable agriculture and climate change mitigation, represent a product group that must be placed at the center of contemporary agricultural policies. Their low carbon footprints, unique ability to biologically fix atmospheric nitrogen, enhancement of soil organic matter content, and resilience against stress conditions such as drought render them indispensable for environmentally friendly farming systems.

In an era where traditional production models fall short against climate change challenges, agricultural sustainability must be considered alongside resilience.

Legumes are among the few plant groups capable of simultaneously addressing two fundamental needs. Their low greenhouse gas emissions throughout their life cycle and high environmental performance make them critical from a carbon management perspective. Moreover, when integrated into crop rotation systems, they enhance the productivity of subsequent crops and reduce reliance on chemical inputs, thereby strengthening ecosystem services.

At this point, for legumes to secure their rightful place within agricultural policies, a series of both structural and practical recommendations should be considered:

Designation as a strategic crop in agricultural planning: Given the importance of food legumes for food security, environmental sustainability, and climate-friendly production, they must be prioritized as a key crop group within national agricultural strategies. In line with this, support policies should be revised, and input subsidies as well as production incentives must be increased.

Expansion of crop rotation systems: Promoting legume-based rotation systems, especially in regions with intensive cereal production, is crucial for both protecting soil health and ensuring production sustainability. To achieve this, technical guidance should be provided to farmers, and agricultural advisory services must be strengthened.

Integration of carbon footprint calculations at the national level: Life cycle assessment (LCA)-based data systems need to be established to measure the environmental impacts of agricultural production, alongside developing decision support mechanisms for farmers and policymakers. These systems will facilitate the adoption of low-emission production models.

Enhancement of education and awareness activities: Raising producers' awareness regarding climate change, carbon management, and environmentally friendly agricultural practices will ensure that sustainability transitions are adopted in the field. Education programs should be implemented in cooperation with agricultural cooperatives, non-governmental organizations, and universities.

In conclusion, Turkey's agroecological richness and genetic diversity of legumes present a significant opportunity in the fight against climate change. Supporting legume production through appropriate policies will contribute both to reducing carbon emissions and to building a climate-resilient agricultural system. Within this framework, Turkey can not only secure its own food security but also position itself as a regional leader in climate-friendly agricultural policies.

REFERENCES

Abd-Alla, M. H., Al-Amri, S. M., & El-Enany, A. W. E. (2023). Enhancing rhizobium–legume symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. Agriculture, 13(11), 2092.

Akchaya, K., Parasuraman, P., Pandian, K., Vijayakumar, S., Thirukumaran, K., Mustaffa, M. R. A. F., ... & Choudhary, A. K. (2025). Boosting resource use efficiency, soil fertility, food security, ecosystem services, and climate resilience with legume intercropping: a review. Frontiers in Sustainable Food Systems, 9, 1527256.

Basu, P. S., Singh, U. M. M. E. D., Kumar, A. N. I. L., Praharaj, C. S., & Shivran, R. K. (2016). Climate change and its mitigation strategies in pulses production. Indian journal of Agronomy, 61(4), 71-82.

Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. Food research international, 43(2), 414-431.

Buberger, J., Kersten, A., Kuder, M., Eckerle, R., Weyh, T., & Thiringer, T. (2022). Total CO2-equivalent life-cycle emissions from commercially available passenger cars. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 159, 112158.

Cammarata, M., Timpanaro, G., Incardona, S., La Via, G., & Scuderi, A. (2023). The quantification of carbon footprints in the agri-food sector and future trends for carbon sequestration: A systematic literature review. Sustainability, 15(21), 15611.

Chatterjee, S., Ghosh, S., & Pal, P. (2020). Soil carbon restoration through conservation agriculture. Natural Resources Management and Biological Sciences, 125.

Curran, J. (2012). The nutritional value and health benefits of pulses in relation to obesity, diabetes, heart disease and cancer. British Journal of Nutrition, 108(S1), S1-S2.

Fan, J., Liu, C., Xie, J., Han, L., Zhang, C., Guo, D., ... & McConkey, B. G. (2022). Life cycle assessment on agricultural production: a mini review on methodology, application, and challenges. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(16), 9817.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). Climate-smart agriculture sourcebook. Rome: FAO. https://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf

Gogoi, N., Baruah, K. K., & Meena, R. S. (2018). Grain legumes: impact on soil health and agroecosystem. In Legumes for soil health and sustainable management (pp. 511-539). Singapore: Springer Singapore.

Guo, C., Liu, X., & He, X. (2022). A global meta-analysis of crop yield and agricultural greenhouse gas emissions under nitrogen fertilizer application. Science of the Total Environment, 831, 154982.

Herridge, D. F., Peoples, M. B., & Boddey, R. M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. Plant and soil, 311(1), 1-18.

Huang, W. (2024). Nitrogen Fixation in Legumes: Genetic Mechanisms and Agricultural Applications. Field Crop, 7.

Kazimierczuk, K., Barrows, S. E., Olarte, M. V., & Qafoku, N. P. (2023). Decarbonization of agriculture: The greenhouse gas impacts and economics of existing and emerging climate-smart practices. ACS Engineering Au, 3(6), 426-442.

Kebede, E. (2021). Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5, 767998.

Kumar, R., Kumar, M., Kumar, D., & Verma, R. (2023). Response of bio-fertilizers, levels of nitrogen and different row spacings on productivity of chickpea (Cicer arietinum L.). Journal of Soil and Water Conservation, 22(2), 193-203.

Kumar, S. (2018). Role of legumes in soil carbon sequestration. In 'Legumes for soil health and sustainable management'.(Eds RS Meena, A Das, GS Yadav, R Lal) pp. 109–138. Singapore: Springer) doi, 10, 978-981.

Lötjönen, S., & Ollikainen, M. (2017). Does crop rotation with legumes provide an efficient means to reduce nutrient loads and GHG emissions?. Review of agricultural, food and environmental studies, 98(4), 283-312.

M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. Sustainability, 12(12), 4859.

Meena, R. S., & Lal, R. (2018). Legumes and sustainable use of soils. In Legumes for soil health and sustainable management (pp. 1-31). Singapore: Springer Singapore.

Nemecek, T., Roesch, A., Bystricky, M., Jeanneret, P., Lansche, J., Stüssi, M., & Gaillard, G. (2024). Swiss agricultural life cycle assessment: a method to assess the emissions and environmental impacts of agricultural systems and products. The International Journal of Life Cycle Assessment, 29(3), 433-455.

Okumu, O. O., Otieno, H. M., & Okeyo, G. O. (2023). Production systems and contributions of grain legumes to soil health and sustainable agriculture: A review. Arch. Agric. Environ. Sci, 8(2), 259-267.

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. Nature, 532(7597), 49-57.

Pett-Ridge, J., Nuccio, E., & Mcfarlane, K. (2018). Deeply rooted: Evaluating plant rooting depth as a means for enhanced soil carbon sequestration (No. LLNL-CONF-750320). Lawrence Livermore National Lab.(LLNL), Livermore, CA (United States).

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science, 360(6392), 987-992.

Sá Pereira, E. D., Duval, M. E., & Galantini, J. A. (2017). Decomposition from legume and non-legume crop residues: Effects on soil organic carbon fractions under controlled conditions. Spanish Journal of Soil Science, 7(2), 86-96.

Shah, K. K., Modi, B., Pandey, H. P., Subedi, A., Aryal, G., Pandey, M., & Shrestha, J. (2021). Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production. Advances in Agriculture, 2021(1), 8924087.

Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., ... & Tubiello, F. N. (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (pp. 811-922). Cambridge University Press.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Türkiye tarım sektöründe iklim değişikliği ile mücadele stratejileri. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/toprakgubre/Menu/20/Iklim-Degisikligi-Ve-Tarimsal-Ekoloji-Bolumu

Ton, A., Karaköy, T. İ., & Anlarsal, A. E. (2014). Türkiye 'de Yemeklik Tane Baklagiller Üretiminin Sorunları ve Çözüm Önerileri. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 2(4), 175-180.

Varshney, R. K., Terauchi, R., & McCouch, S. R. (2014). Harvesting the promising fruits of genomics: applying genome sequencing technologies to crop breeding. PLoS biology, 12(6), e1001883.

Vogel, E., Donat, M. G., Alexander, L. V., Meinshausen, M., Ray, D. K., Karoly, D., ... & Frieler, K. (2019). The effects of climate extremes on global agricultural yields. Environmental Research Letters, 14(5), 054010.

Yao, W., Yang, Y., Beillouin, D., Zhao, J., Olesen, J. E., Zhou, J., ... & Zang, H. (2025). Legume-rice rotations increase rice yields and carbon sequestration potential globally. One Earth, 8(2).

Yue, Q., Xu, X., Hillier, J., Cheng, K., & Pan, G. (2017). Mitigating greenhouse gas emissions in agriculture: From farm production to food consumption. Journal of Cleaner Production, 149, 1011-1019.

Zhu, X., & Shao, X. (2025). Spatiotemporal evolution of agricultural carbon emissions intensity in China and analysis of influencing factors. Scientific Reports, 15(1), 19202.

SUSTAINABILITY IN AQUACULTURE

Assoc. Prof. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
Çanakkale Onsekiz Mart University
latifeirkin@gmail.com – 0000-00016603-8413

ABSTRACT

Sustainability in aquaculture aims to protect the natural stocks of aquatic organisms such as fish, crustaceans and mollusks obtained from marine and inland water resources, and to ensure that future generations can benefit from these resources without harming the ecosystem. Overfishing and stock management, overfishing is one of the main problems that leads to the depletion of aquatic product stocks. Sustainable fishing includes practices such as determining the amount of catch based on scientific data and protecting species during their breeding periods. Aquaculture, the cultivation of fish and other aquatic products under controlled conditions, reduces the pressure on natural stocks. However, controlling the environmental effects of this method (waste, disease, genetic pollution) is also important in terms of sustainability. Ecosystem approach, sustainable aquaculture management considers the balance of not only the target species but also the entire ecosystem. The protection of marine habitats, not destroying the seabed and maintaining biodiversity are taken as basis. Consumer awareness and certification, Sustainability certificates offer consumers the opportunity to choose environmentally friendly products. Conscious consumption habits encourage sustainable hunting. As a result, sustainability in aquaculture; long-term health of the seas and freshwater resources is vital for food security and economic development. The protection of these resources is possible with scientific management, environmental sensitivity and social awareness.

Keywords: Aquaculture, ecosystem, hunting, stock management.

1. INTRODUCTION

Aquaculture, the farming of aquatic organisms including fish, mollusks, crustaceans, and aquatic plants, has become one of the fastest-growing food production sectors globally. As capture fisheries reach their maximum sustainable yield, aquaculture is increasingly seen as a solution to meet the rising global demand for protein-rich food (FAO, 2022). However, concerns about environmental degradation, biodiversity loss, and resource overuse have triggered a critical discourse on sustainability in aquaculture practices. Aquaculture is expected

to play a central role in achieving global food and nutrition security. As capture fisheries plateau and global demand for seafood increases, aquaculture now provides more than 50% of all aquatic animal protein consumed worldwide (FAO, 2022). However, the challenge lies in ensuring that aquaculture expansion does not come at the cost of environmental degradation or social inequality.

2. SUSTAINABILITY DIMENSIONS IN AQUACULTURE

Sustainable aquaculture aims to balance economic viability, environmental protection, and social equity. Environmentally, the main challenges include water pollution from nutrient effluents, habitat destruction, disease transmission to wild populations, and reliance on wild fish for feed (Naylor et al., 2021). Economically, high input costs and market instability can threaten long-term viability. Social sustainability involves fair labor practices, community inclusion, and equitable access to benefits.

One promising strategy is integrated multi-trophic aquaculture (IMTA), where species from different trophic levels are farmed together to mimic natural ecosystems. For example, finfish, shellfish, and seaweed can be co-cultured, where waste from one species serves as input for another (Chopin et al., 2012). This not only reduces environmental impact but also diversifies revenue streams.

3. TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND CIRCULAR APPROACHES

Technological innovations such as recirculating aquaculture systems (RAS) and biofloc technology have contributed to reducing water usage and improving waste management. RAS, in particular, enables inland farming with minimal water exchange and high biosecurity, which helps control diseases and antibiotics use (Badiola et al., 2018). Circular economy principles—such as reusing fish waste for fertilizer or energy—are being explored to further reduce ecological footprints. The use of sustainable feed alternatives is another crucial area. Traditional fishmeal and fish oil are increasingly being replaced with plant-based ingredients, insect protein, and even microalgae, which can offer a more sustainable nutrient source without relying on wild fisheries (Turchini et al., 2019). Effective governance frameworks are essential for regulating aquaculture development and ensuring sustainability. Certification programs such as the Aquaculture Stewardship Council (ASC) and Best Aquaculture Practices (BAP) promote responsible farming practices. National policies must integrate environmental impact assessments, coastal zone planning, and participatory decision-making involving local communities and stakeholders.

4. ENVIRONMENTAL CHALLENGES AND BIODIVERSITY CONSIDERATIONS

Environmental sustainability in aquaculture involves minimizing the ecological footprint while maintaining ecosystem services. One major concern is biodiversity loss caused by the introduction of non-native species, habitat conversion (e.g., mangrove deforestation for shrimp farms), and escape of farmed species that may interbreed with wild populations (Pérez et al.,

2017). Additionally, disease outbreaks—such as viral or bacterial infections—can spread from aquaculture farms to wild populations, reducing native fish stocks. The overuse of antibiotics and chemicals exacerbates antimicrobial resistance, posing a public and environmental health risk (Cabello et al., 2013).

5. CLIMATE CHANGE AND AQUACULTURE

Aquaculture is both vulnerable to and a contributor to climate change. Rising sea temperatures, ocean acidification, and extreme weather events can affect fish health, feed efficiency, and farm infrastructure (Barange et al., 2018). Conversely, poorly managed aquaculture can emit greenhouse gases (GHGs), particularly methane and nitrous oxide, from ponds and feed production systems. To mitigate these risks, there is a growing emphasis on climate-resilient aquaculture practices. Examples include selecting heat-tolerant species, improving feed conversion ratios, and enhancing adaptive governance frameworks to respond to environmental shocks.

6. SOCIAL SUSTAINABILITY AND EQUITY

While much attention is given to environmental factors, social sustainability in aquaculture is equally crucial. The sector employs millions globally, especially in low- and middle-income countries. However, gender inequality, lack of labor rights, and unequal access to markets remain persistent issues (Kruijssen et al., 2016). Small-scale aquaculture producers often face challenges such as limited access to finance, technology, and training. Supporting inclusive business models, cooperatives, and fair-trade certifications can empower these stakeholders and contribute to rural development.

7. GLOBAL GOVERNANCE AND CERTIFICATION SYSTEMS

International certification schemes (e.g., ASC, GlobalG.A.P., BAP) have helped standardize best practices. These programs address water quality, feed sourcing, animal welfare, and worker conditions. However, critics argue that these systems are often inaccessible for small-scale farmers due to high compliance costs. Stronger national regulations and local co-management approaches are also necessary. Integrating aquaculture into marine spatial planning (MSP) and ecosystem-based management (EBM) frameworks ensures that its development aligns with environmental and social objectives.

8. THE ROLE OF RESEARCH AND INNOVATION

Research institutions and startups are exploring genetic improvement, digital monitoring systems, blockchain-based traceability, and precision feeding technologies. These tools can reduce resource use, enhance animal health, and ensure transparency in the supply chain (Gentry et al., 2017). Additionally, microalgae and insect-based feeds show promise in replacing traditional fishmeal and fish oil, reducing pressure on wild fisheries.

9. CONCLUSION

To ensure a sustainable future for aquaculture, it is critical to adopt holistic and adaptive strategies that address ecological, economic, and social dimensions. Innovations in technology, better management practices, and inclusive governance structures play vital roles. With responsible development, aquaculture can contribute significantly to global food security while minimizing its environmental impact. Sustainable aquaculture is not a fixed goal but a dynamic process that must evolve alongside technological advancements and socio-environmental realities. The future of aquaculture lies in embracing ecosystem-based, climate-smart, and socially inclusive models that prioritize long-term resilience over short-term gains.

REFERENCES

Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2018). Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, 51, 26–35.

Chopin, T., Cooper, J. A., Reid, G., Cross, S., & Moore, C. (2012). Open-water integrated multi-trophic aquaculture: Environmental biomitigation and economic diversification of coastal communities. Aquaculture Economics & Management, 16(2), 111–130.

FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/publications/sofia/2022

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., ... & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. Nature, 591(7851), 551–563.

Turchini, G. M., Trushenski, J. T., & Glencross, B. D. (2019). Thoughts for the future of aquaculture nutrition: Realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. North American Journal of Aquaculture, 81(1), 13–39.

Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., & Poulain, F. (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation, and mitigation options. FAO.

Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Tomova, A., Ivanova, L., Dölz, H., Millanao, A., & Buschmann, A. H. (2013). Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. Environmental Microbiology, 15(7), 1917–1942. https://doi.org/10.1111/1462-2920.12134

Gentry, R. R., Froehlich, H. E., Grimm, D., Kareiva, P., Parke, M., Rust, M., ... & Halpern, B. S. (2017). Mapping the global potential for marine aquaculture. Nature Ecology & Evolution, 1(9), 1317–1324. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0257-9

Kruijssen, F., McDougall, C. L., & van Asseldonk, I. J. (2016). Gender and aquaculture value chains: A review of key issues and implications for research. Aquaculture, 493, 328–337. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.019

Pérez, A., Aznar, M., & Cerdà, J. (2017). Biodiversity impacts of fish farming: A review. Marine Pollution Bulletin, 124(1), 311–320. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.012

ALGAE and SUSTAINABILITY

Assoc. Prof. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
Çanakkale Onsekiz Mart University
latifeirkin@gmail.com – 0000-0001-6603-8413

ABSTRACT

Algae are aquatic microorganisms that can photosynthesize and have great potential in terms of sustainability. Commonly found in both freshwater and marine environments, algae play an important role in many areas such as environmentally friendly energy production, wastewater treatment, reduction of carbon emissions and protection of biodiversity. Biofuels obtained from algae (e.g. biodiesel) offer a clean and renewable energy source as an alternative to fossil fuels. Moreover, algae have the capacity to produce oil with high efficiency and can be produced without the need for agricultural land. Algae contribute to the reduction of carbon footprint by absorbing CO_2 in the atmosphere through photosynthesis. With these features, they are considered an effective tool in the fight against climate change. Algae help clean water by naturally absorbing pollutants such as nitrate and phosphate in wastewater. This method is a more environmentally friendly and sustainable alternative compared to chemical treatment. Since algae are rich in protein, vitamins and minerals, they are used in both human nutrition and animal feed. In addition, some types of algae can also be used as biofertilizers.
As a result, algae stand out as an important resource in achieving sustainable development goals thanks to their environmentally friendly, economical and renewable properties. They are expected to be used more widely in the future thanks to their contributions in the fields of energy, environment and food.
Keywords: Algae, wastewater, biofuel, nutrition.

1. INTRODUCTION

In line with sustainable development goals, the development of environmentally friendly, economical and renewable resources is of great importance. Algae are biological resources that can respond to these needs in many ways. Both microalgae (e.g. Chlorella, Spirulina) and macroalgae (e.g. seaweed) can be evaluated in various areas from energy production to waste treatment, from agriculture to food. In this article, the contributions of algae in terms of sustainability are examined under five main headings.

2. Energy Production and Algae

2.1.Biofuel potential

Algae are a suitable raw material for biodiesel production thanks to their high lipid (oil) content. The oil obtained from microalgae can be converted into biodiesel through esterification. This process uses less agricultural land and fresh water than traditional biofuel sources such as soybean or rapeseed.

2.2.High productivity

Algae can provide 10–20 times more biofuel yield per unit area than corn or rapeseed. In addition, their ability to be produced on low-quality waters such as wastewater or seawater increases sustainability.

2.3.Other energy types

Some algae species can be used in biohydrogen and biogas production. Biomethane production, especially by anaerobic fermentation, contributes to the zero-waste approach in the energy cycle.

3. Water Treatment and Waste Management

3.1.Nutrient element removal

Algae rapidly absorb polluting elements such as nitrogen (N) and phosphorus (P). Thanks to these features, they can be used in the biological treatment of domestic and industrial wastewater. At the same time, these nutrients constitute a source for algae production.

3.2.Heavy metal removal

Some algae species can remove toxic heavy metals such as lead, cadmium and mercury from water by retaining them in their cell walls. These features can be used in the waste management of heavy industries such as mining and textile.

3.3.Circular economy approach

The algae biomass treated from wastewater can then be used for energy production, fertilizer or animal feed. This is a system that is fully compatible with the principles of the circular economy.

4. Algae in Agriculture and Food Systems

4.1.Fertilizer and soil improver

Biofertilizers obtained from algae (such as Ascophyllum nodosum extracts) increase the water retention capacity and microbial activity of the soil. They also contain hormones that support plant growth.

4.2.Animal feed and fisheries

Algae are a primary source of nutrients, especially in aquaculture. They are widely used in fish feed due to their high protein, vitamin and mineral content.

4.3.Human food

Microalgae such as Spirulina and Chlorella are classified as protein-rich "superfoods". They are preferred as a source of protein and B12 in vegan diets. In addition, algae-based food additives (e.g. agar, carrageenan) are used extensively in industry.

5. Carbon Capture and Combating Climate Change

5.1.Photosynthetic carbon capture

Algae can capture large amounts of CO_2 through photosynthesis. This makes them particularly attractive for integrated carbon capture systems in facilities with high CO_2 emissions, such as power plants and cement plants.

5.2.Negative emission technologies

The conversion of algae-based biomass systems into biochar or carbonaceous sediments allows the application of negative emission technologies. This is one of the methods recommended by the IPCC to achieve climate goals.

6. Commercial and Industrial Applications

6.1.Cosmetics and pharmaceuticals

Algae contain antioxidant, anti-inflammatory and UV-protective compounds. For this reason, they are used as active ingredients in cosmetics and some pharmaceutical preparations.

6.2.Materials Science and Bioplastics

Polysaccharides (e.g. alginate, agar) obtained from algae can be used in the production of biodegradable plastics. This offers environmentally friendly alternatives that can replace petroleum-based plastics.

6.3.Economic Potential

The global algae market is growing every year. According to 2024 data, algae-based biofuel and food sectors have reached a billion-dollar market volume. This is a strategic opportunity for investors and governments.

7. Conclusion

Algae are one of the most effective biological systems offered by nature and can provide solutions in many areas of sustainable development goals. The expansion of algae-based applications in key areas such as energy, water treatment, food, carbon management and industry will provide both environmental and economic benefits. In the future, with advances in biotechnology and engineering, more efficient, economical and widespread use of algae will become possible.

REFERENCES

[1] Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 25(3), 294–306.
[2] Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(1), 217–232.
[3] Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extraction. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(2), 557–577.
[4] Markou, G., & Georgakakis, D. (2011). Cultivation of filamentous cyanobacteria (Spirulina) in agro-industrial wastes and wastewaters. Environmental Technology, 32(7), 895–906.

[5] Singh, J., & Gu, S. (2010). Commercialization potential of microalgae for biofuels production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 2596–2610.
Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae—their development and commercialisation. Journal of Applied Phycology, 25(3), 743–756. https://doi.org/10.1007/s10811-013-9983-9
[6] Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. Microbial Cell Factories, 17, Article 36. https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x
[7] Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., & Florou-Paneri, P. (2013). Functional properties of carotenoids originating from algae. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(1), 5–11.
[8] Milledge, J. J., & Heaven, S. (2013). A review of the harvesting of micro-algae for biofuel production. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 12(2), 165–178.
[9] Wijffels, R. H., Kruse, O., & Hellingwerf, K. J. (2013). Potential of industrial biotechnology with cyanobacteria and eukaryotic microalgae. Current Opinion in Biotechnology, 24(3), 405–413.
[10] Lam, M. K., & Lee, K. T. (2012). Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. Biotechnology Advances, 30(3), 673–690.
[11] Slade, R., & Bauen, A. (2013). Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects. Biomass and Bioenergy, 53, 29–38.
[12] Clarens, A. F., Resurreccion, E. P., White, M. A., & Colosi, L. M. (2010). Environmental life cycle comparison of algae to other bioenergy feedstocks. Environmental Science & Technology, 44(5), 1813–1819.
[13] Razzak, S. A., Hossain, M. M., Lucky, R. A., Bassi, A. S., & De Lasa, H. (2013). Integrated CO_2 capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing—A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 27, 622–653.

THE EFFECT OF CYSTEINE ON MORPHOLOGY AND PIGMENT CONCENTRATION in SORGHUM VARIETY (*Sorghum bicolor* L. 'Gözde') UNDER BORON TOXICITY

Master Student Seda ŞAHİN
Düzce University, Institute of Graduate School, Ecotourism Department
sedasahin9797@gmail.com- https://orcid.org/ 0000-0001-7123-7417

Assoc. Prof. Dr. Hülya TORUN
Düzce University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering
hulyatorun@duzce.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-1118-5130

ABSTRACT

Boron (B) is an essential element that affects plant growth and development at low concentrations, but is toxic at high concentrations. High concentrations of B in the soil negatively affect many physiological processes in plants, such as photosynthesis, water status, stomatal conductance, and membrane integrity. Cysteine (Cys) is a sulphur-containing amino acid and a natural antioxidant. The aim of this study is to investigate the role of Cys, which may act as a protective agent against B toxicity, on growth parameters, relative water content, chlorophyll, and carotenoid levels. In this context, Cys (1 mM) was applied foliar to sorghum (*Sorghum bicolor* L. cv. "Gözde", Fam: Poaceae) plants for 3 days, followed by a 2 mM H_3BO_3 application for B toxicity. The application was continued for 7 days, and at the end of the period, the fresh and dry weights of the leaves, water status, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and total carotenoid contents were determined using standard analytical methods. In all measured parameters, high B concentrations caused inhibition in sorghum seedlings, while exogenous Cys application mitigated the adverse effects of B toxicity. In conclusion, exogenous Cys application plays an important role in enhancing the plant's tolerance to B toxicity in the *Sorghum bicolor* variety.

Keywords: Boron toxicity, sorghum, cysteine, photosynthetic pigment

BOR TOKSİSİTESİ ALTINDAKİ SORGUM ÇEŞİDİNDE (*Sorghum bicolor* L. 'Gözde') SİSTEİNİN MORFOLOJİ VE PİGMENT KONSANTRASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Seda ŞAHİN
Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekoturizm ABD
sedasahin9797@gmail.com - 0000-0001-7123-7417

Doç. Dr. Hülya TORUN
Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
hulyatorun@duzce.edu.tr - 0000-0002-1118-5130

ÖZET

Bor (B) düşük konsantrasyonlarda bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde etkili olan mutlak gerekli bir element iken yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterir. Toprakta yüksek konsantrasyonda bulunan B bitkide fotosentez, su durumu, stoma iletkenliği ve membran bütünlüğünün sağlanması gibi pek çok fizyolojik süreci olumsuz etkiler. Sistein (Cys) kükürt içeren bir amino asit olup doğal bir antioksidandır. Bu çalışmanın amacı, B toksisitesine karşı olası bir koruyucu görev üstlenebilecek Cys'in büyüme parametreleri, nisbi su içeriği, klorofil ve karotenoid miktarları üzerine olan rolünü araştırmaktır. Bu kapsamda, sorgum (*Sorghum bicolor* L. cv. 'Gözde', Fam: Poaceae) bitkisine Cys (1 mM) 3 gün boyunca foliar olarak uygulanmış ve ardından B toksisitesi için 2 mM H_3BO_3 uygulaması yapılmıştır. Uygulama 7 gün boyunca devam ettirildi ve süre sonunda yaprakların yaş ve kuru ağırlıkları, su durumu, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid içerikleri standart analiz yöntemleri kullanılarak belirlendi. Tüm ölçülen parametrelerde B'un yüksek konsantrasyonu sorgum fidelerinde inhibisyona neden olurken dıştan Cys uygulaması B toksisitesinde olumsuz etkileri hafifletmiştir. Sonuç olarak, ekzojenik Cys uygulaması, *Sorghum bicolor* çeşidinde B toksisitesine karşı bitkinin toleransını artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bor toksisitesi, sorgum, sistein, fotosentetik pigment

1. GİRİŞ

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), iklim değişikliğine dayanıklılığı, marjinal topraklarda yetişebilme yeteneği ve biyotik streslere karşı gösterdiği direnç ile dikkat çeken önemli bir tahıl ürünüdür (Getachew vd., 2016; Gleadow vd., 2016; Abu-Ellail vd., 2023). Sıcak iklim koşullarına uyumlu tek yıllık bir C4 bitkisi olan sorgum, saplarında fermente edilebilir şekerler biriktirme özelliğine de sahiptir (Vance vd., 2003; Köppen, Reinhardt ve Gärtner, 2009; Malabadi vd., 2022;). Glütensiz yapısı ve zengin besin içeriği sayesinde insan beslenmesinde değerlendirilmesinin yanı sıra yüksek biyokütle verimi ve çevresel dayanıklılığı ile hayvan yemi ve biyoyakıt üretiminde de önemli bir hammaddedir (Balakrishna vd., 2019; Meena vd., 2022).

Bitkiler, doğal çevrelerinde çeşitli abiyotik stres faktörlerinin etkisi altında kalır (Ashraf vd., 2024). Bu stres etmenlerinden biri de besin stresidir. Makro ve mikro besin elementleri olarak bilinen mutlak gerekli elementler yüksek konsantrasyonlarda toksik etki meydana getirebilmektedir. Bor (B), bitkiler için hayati öneme sahip bir mikro element olup vasküler bitkilerde hücre yapısı ve hücre duvarının korunması gibi önemli işlevler üstlenir (Gimeno vd., 2012; Yan vd., 2022). Diğer taraftan B'un toksik etkisi de bitkilerde rapor edilmiştir (Liu vd., 2018; Nicolas-Espinosa vd., 2024). Uygun düzeyde bulunduğunda bitkilerin sağlıklı büyümesini ve gelişimini desteklerken, aşırı B konsantrasyonu yaprak kenarında sararma ve nekroz gibi toksik etkiler oluşturur (Souri & Hatamian, 2019; Jokanović, 2020; Brdar- Balcı ve Taban, 2022; Kumar vd., 2022). Ayrıca B, nükleik asit, protein ve fosfor metabolizması ile hormonların düzenlenmesinde rol oynar; polen kalitesi, çiçeklenme ve ürün verimini de doğrudan etkiler (Yediyıldız, 2019). B toksisitesi, klorofil içeriğini ve fotosentez hızını düşürerek fotosentez ürünlerinin taşınmasını engeller, PSII reaksiyon merkezinin aktivitesini ve karbon asimilasyon kapasitesini azaltır (Landi vd., 2013; Naeem vd., 2018; Andreon Viçosi vd., 2020). Ayrıca enzim aktivitelerini olumsuz etkileyip besin alımı ve taşınmasını kısıtlayarak lipid peroksidasyonunu tetikler ve hücre ölümüne neden olabilir (Qin vd., 2022).

Sistein (Cys), serinden sentezlenen ve bitkilerin topraktan aldıkları sülfatın indirgenmiş kükürt formunu içeren organik bileşik olarak öne çıkmaktadır (Takahashi vd., 2011). Cys, kükürt içeren temel bir amino asit olup proteinlerin yapısı ve fonksiyonunun yanı sıra metabolik süreçler ile redoks sinyalinde önemli roller üstlenmektedir (Bak vd., 2019; Garrido Ruiz, 2022). Bitkilerde ağır metal toleransını sağlayan glutatyon ve fitoşelatinler gibi pek çok biyomolekülün sentezinde de işlevsel öncü olarak görev yapmaktadır (Noctor, 2012).

B toksisitesine karşı Cys'in etkileri üzerine olan çalışmalar sınırlıdır ve konuyla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer abiyotik stres faktörleri üzerine Cys'in eksojen olarak uygulanmasının stres etkilerini hafiflettiği rapor edilmiştir ((Jia vd., 2016; Yıldız & Terzi, 2021; Terzi & Yıldız, 2021; Kim vd., 2022; Liv vd., 2024; Xue vd., 2024). Bu çalışmada, literatürde hakkında az bilgi bulunan B toksisitesi altında dıştan Cys uygulamasının sorgum bitkilerinde meydana getirdiği fizyolojik değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda sorgum bitkilerinde büyüme parametreleri, su durumu ve fotosentetik pigment içerikleri belirlenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki Materyali ve Yetiştirme Koşulları

Çalışma, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma serasında kontrollü şartlar altında (18-25 °C sıcaklık, %60-70 bağıl nem) yürütülmüştür. Denemede kullanılan sorgum (*Sorghum bicolor* L. cv. 'Gözde', Fam: Poaceae) tohumları, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Tohumlar, cocopeat ortamında ekimden itibaren 45 gün süreyle yetiştirilmiş ve bitkiler kontrol, Cys, B ve Cys+B olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Cys uygulaması için 1 mM konsantrasyon foliar olarak günde iki kez ve üç gün boyunca uygulanmıştır. Ardından B uygulaması için bitkilere bir hafta süre ile 2 mM H_3BO_3 verilmiştir. Kontrol grubundaki bitkilere ise aynı sıklık ve miktarda saf su uygulanmıştır. Süre sonunda hasat edilen bitkilerin yaprak yaş ağırlıkları tartılmış ve ardından örnekler 70 °C'de 72 saat kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

2.2. Nisbi Su İçeriği

Uygulama gruplarına ait yaprakların nisbi su içeriğini belirlemek için, öncelikle yaprakların taze ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra, yapraklar saf su içerisinde bekletilerek turgid ağırlıkları ve sonrasında da 70 °C'de 72 saat etüvde kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bu ölçümler doğrultusunda elde edilen veriler, Smart ve Bingham (1974) tarafından belirtilen formül kullanılarak nisbi su içeriği hesaplanmıştır.

2.3. Fotosentetik Pigment İçeriğinin Belirlenmesi

Fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b, karotenoid) içeriklerini saptamak amacıyla yapraklar %80'lik aseton çözeltisi kullanılarak homojenize edilerek süzülmüştür. Daha sonra süzüntü, 663, 645 ve 450 nm dalga boylarında spektrofotometre yardımıyla ölçülmüştür.

Ölçülen absorbans değerleri, Arnon (1949) ve Jaspars (1965) tarafından verilen formüller doğrultusunda hesaplanmıştır.

2.4. İstatistiksel Analizler

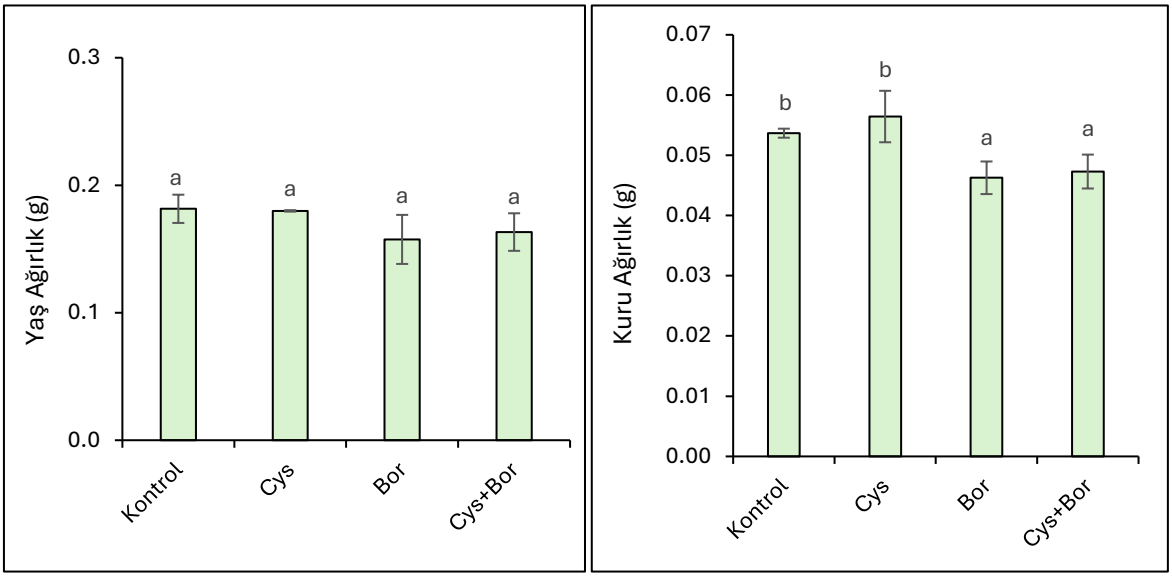
Her bir deneme, üç tekerrür (n=3) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemelerden elde edilen veriler Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) ile analiz edilmiş, ortalamalar arasındaki farklar ise Duncan testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar $p<0,05$ düzeyinde anlamlı kabul edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bitkilerde B fazlalığının toksik etki meydana getirerek antioksidan savunma sistemi, primer metabolizma, hücre bölünmesi, hücre duvarı stabilitesi ve fotosentez süreçlerini bozarak fizyolojik ve moleküler mekanizmaları olumsuz etkilediği bilinmektedir (Pandey vd., 2020). Bitkilerde abiyotik stres koşullarına karşı direnç geliştirmek ve tarımsal verimliliği sürdürülebilir kılmak amacıyla çeşitli yöntem ve yaklaşımlar benimsenmektedir (İhsan vd., 2019). Toksik olmayan ve bitki gelişimini destekleyici özellikteki amino asitlerden biri olan sisteinin, bazı abiyotik stresler altında bitki performansını iyileştirdiği ve verimliliği artırdığı bilinmekte olup stres etkilerini azaltma durumlarında kullanılmaktadır.

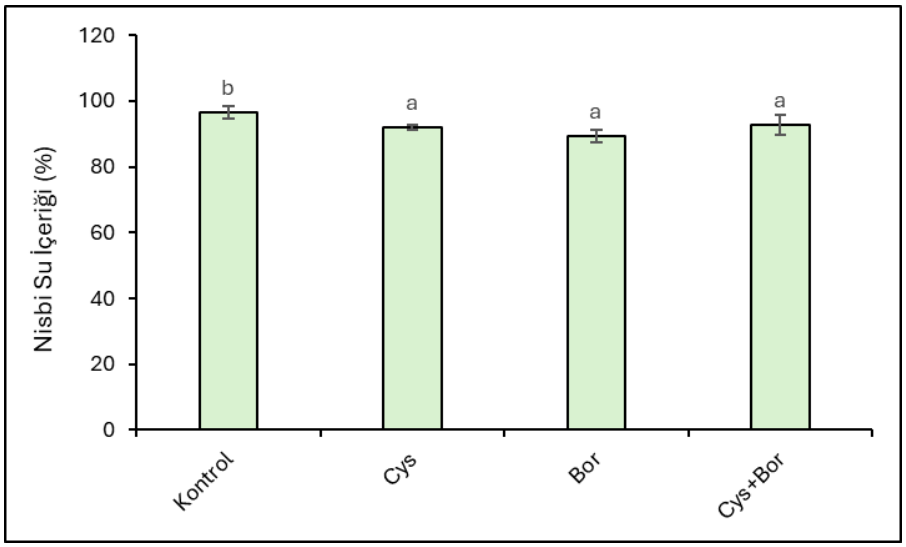
Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, B stresi altındaki Cys'in koruyucu potansiyeli değerlendirilmiş; büyüme parametreleri, su tutma kapasitesi ile klorofil ve karotenoid miktarları üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. B stresinin en belirgin zararı ise fotosentetik pigmentlerde meydana gelen azalma olmuştur. Cys'in iyileştirici etkisi B toksikliğine karşı gözlenmiştir.

B stresinin sürgün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri ve Cys'nin bu strese olan yanıtı değerlendirilmiştir. Sürgün yaş ağırlığı için, kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark meydana gelmemiştir ($p<0,05$). Sürgün kuru ağırlığında ise kontrol grubuna kıyasla Cys uygulanan bitkilerde istatistiksel fark görülmezken ($p<0,05$), B uygulamasında %15, Cys+B uygulamasında ise %13 oranında azalma kaydedilmiştir (Şekil 1). Benzer şekilde, buğday (Yıldırım, 2020) ve soyada (Sarıoğlu ve Kaya, 2021) yapılan çalışmalar da B toksisitesinin sürgün kuru ağırlığını azalttığı rapor edilmiştir. Öte yandan, Cys uygulamasının hem kontrol hem de stres koşullarında kuru ağırlığı artırdığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Azizkhani vd., 2023; Yüce vd., 2024).



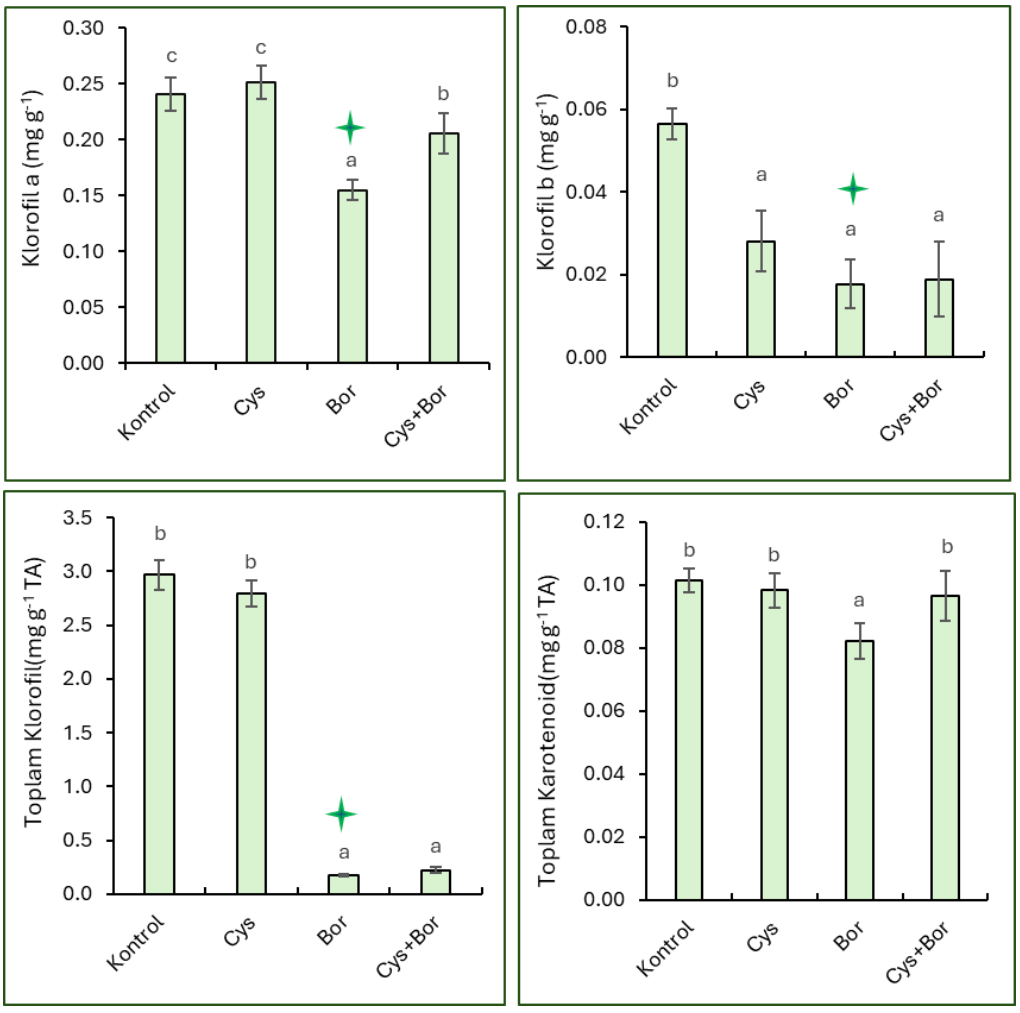
Şekil 1. Bor (B) Stresine Maruz Bırakılan Sorgum (*Sorghum bicolor* L. cv. Gözde) Bitkisine Dıştan Uygulanan Sisteinin (Cys) Sürgün Yaş ve Kuru Ağırlığına Etkisi

B toksisitesinde bitkinin su durumundaki değişimleri ortaya koymak amacıyla yaprak nisbi su içeriği (RWC) ölçülmüştür. Kontrol bitkileri, Cys, B ve Cys+B grupları ile karşılaştırıldığında RWC sırasıyla %5, %7,7 ve %4 oranında azalma kaydedilmiştir (Şekil 2). Bor fazlalığı bitki büyümesini baskılarken, Cys uygulaması B toksisitesinin RWC üzerindeki olumsuz etkilerini kısmen hafifletmiştir. Bulgularımızı destekler şekilde, B stresinin RWC'yi düşürdüğünü ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır (Masood vd., 2012; Escobar vd., 2013; Iqbal vd., 2025). Stres altındaki bitkilerde Cys uygulamasının hafifletici etkisine ilişkin olarak, buğdayda (Elkelish vd., 2021) ve soya fasulyesi (Igiehon vd., 2021) yapraklarında RWC artmıştır.



Şekil 2. Bor (B) Stresine Maruz Bırakılan Sorgum (*Sorghum bicolor* L. cv. Gözde) Bitkisine Dıştan Uygulanan Sisteinin (Cys) Yaprak Nisbi Su İçeriğine Etkisi

Bitkilerin besin stresine karşı toleransını belirlemede fotosentetik pigment içerikleri önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda, tüm uygulama gruplarında klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları ölçülmüştür (Şekil 3). Klorofil a düzeyinde, kontrol grubuna kıyasla Cys uygulamasında anlamlı bir değişim görülmezken; B uygulamasında %35,4, Cys+B uygulamasında ise %14 oranında azalma tespit edilmiştir. Bu sonuç, Cys uygulamasının B kaynaklı toksisiteyi kısmen hafiflettiğini göstermektedir. Klorofil b miktarında ise kontrol grubuna göre; Cys grubunda %50, B grubunda %68, Cys+B grubunda ise %66 oranında düşüş meydana gelmiştir. Bu azalma, Cys'nin antioksidan etkisiyle pigment kaybını sınırlamış olabilir. Toplam klorofil içeriğinde, kontrol ve Cys grubu arasında anlamlı bir fark gözlenmezken (p<0,05), B ve Cys+B gruplarında sırasıyla %94,2 ve %92,4 oranında önemli düşüşler belirlenmiştir. Karotenoid düzeylerinde ise kontrol grubuna kıyasla yalnızca B grubunda %19 oranında azalma meydana gelirken, Cys ve Cys+B gruplarında anlamlı bir değişim kaydedilmemiştir (p<0,05).



Şekil 3. Bor (B) Stresine Maruz Bırakılan Sorgum (*Sorghum bicolor* L. cv. Gözde) Bitkisine Dıştan Uygulanan Sisteinin (Cys) Klorofil a, Klorofil b, Toplam Klorofil ve Toplam Karotenoid Miktarlarına Etkisi

Elde edilen bu bulgular, Cys uygulamasının fotosentetik pigmentlerin korunmasında kısmi bir rol oynadığını ve B stresinin oluşturduğu oksidatif hasarı sınırlandırabileceğini göstermektedir. Bu durum, Cys'in bitkide antioksidan savunma sistemi yardımıyla pigment içeriğini koruduğunun göstergesi olabilir. Nitekim, B stresine bağlı pigment azalması daha önceki çalışmalarla da benzer şekilde rapor edilmiştir (Genisel vd., 2017; Moustafa-Farag vd., 2020; Huo vd., 2022). Ayrıca, Cys uygulamasının klorofil miktarı üzerindeki koruyucu etkisi literatürde de vurgulanmaktadır (Yu vd., 2023; Song vd., 2024).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sorgum, geniş adaptasyon yeteneği ve çok yönlü kullanım alanlarıyla tarımsal çeşitliliği ve gıda güvenliğini destekleyen önemli bir bitkidir. Bu çalışmada, sorgum bitkisine yüksek konsantrasyonda uygulanmış B'un toksik etkisi değerlendirilmiş; bu strese karşı foliar uygulanan Cys'in hafifletici etkisi, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, nisbi su içeriği ve fotosentetik pigmentler (klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid) üzerinden ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre, B stresi altındaki bitkilerde sürgün yaş ağırlığında anlamlı bir değişim gözlenmemiş, ancak sürgün kuru ağırlığında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Cys uygulaması bu düşüşü kısmen engelleyerek kuru madde miktarında hafif bir artış sağlamış ve B stresine karşı koruyucu bir etki göstermiştir. *Sorghum bicolor* cv. 'Gözde' çeşidinde B fazlalığı, yaprak nisbi su içeriğini baskılamış; Cys takviyesi ise bu olumsuz etkiyi kısmen azaltmıştır. Bu etkinin, Cys'in su durumunu artırarak hücre membran bütünlüğünü koruması ve ozmotik dengeyi sürdürmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. B toksisitesi, klorofil a ve b düzeylerini belirgin şekilde düşürerek fotosentetik kapasiteyi olumsuz etkilemiştir. Cys uygulaması, klorofil a'daki azalmayı sınırlı düzeyde hafifletmiş, ancak diğer taraftan klorofil b miktarında iyileştirici etki gösterememiştir. Ayrıca, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerindeki ciddi azalma, B toksisitesinin yalnızca fotosentezi değil, aynı zamanda bitkinin oksidatif stresle başa çıkma kapasitesini de zayıflattığını göstermektedir. Bu bulgular, Cys'in pigmentlerin korunması açısından etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, sorgum bitkisinde B toksikliği açısından sınırlı olan literatüre katkı sunulmuştur. Elde edilen veriler, B birikimi riski taşıyan tarım arazilerinde stres faktörleri ile mücadeleye yönelik stratejilerin geliştirilmesi açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Abu-Ellail, F. F., Ghareeb, Z. E., & Attia, A. E. (2023). Genetic analysis for morphological, quality and biofuel related traits in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 83(4), 508-517.

Andreon Viçosi, K., dos Santos de Carvalho, A., Castilho Silva, D., de Paula Almeida, F., Ribeiro, D., & Alves Flores, R. (2020). Foliar Fertilization with Boron on the Growth, Physiology, and Yield of Snap Beans. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, *20*(3), 917-924.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiology, 24(1), 1-15.

Ashraf, U., Anjum, S. A., Naseer, S., Abbas, A., Abrar, M., Nawaz, M., & Luo, K. (2024). Gamma amino butyric acid (GABA) application modulated the morpho-physiological and yield traits of fragrant rice under well-watered and drought conditions. BMC Plant Biology, 24(1), 569.

Azizkhani, S., Javadi, T., Ghaderi, N., & Farzinpour, A. (2023). Replacing conventional iron with cysteine-coated Fe3O4 nanoparticles in soilless culture of strawberry. Scientia Horticulturae, 318, 112098.

Bak, D. W., Bechtel, T. J., Falco, J. A., & Weerapana, E. (2019). Cysteine reactivity across the subcellular universe. Current Opinion in Chemical Biology, 48, 96-105.

Balakrishna, D., Vinodh, R., Madhu, P., Avinash, S., Rajappa, P. V., & Bhat, B. V. (2019). Tissue culture and genetic transformation in Sorghum bicolor. In Breeding sorghum for diverse end uses. Woodhead Publishing. 115-130.

Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. International Journal of Molecular Sciences, 21(4), 1424.

Elkelish, A., El-Mogy, M. M., Niedbała, G., Piekutowska, M., Atia, M. A., Hamada, M. M., ... & Ibrahim, M. F. (2021). Roles of exogenous α-lipoic acid and cysteine in mitigation of drought stress and restoration of grain quality in wheat. Plants, 10(11), 2318.

Escobar, H., Lara, N., Zapata, Y., Urbina, C., Rodriguez, M., & Figueroa, L. (2013). Estrés salino-boro en accesiones de olivos del norte de Chile: relaciones hídricas, contenido de B y Cl-e impacto en el crecimiento de las plantas. Ciencia e investigación agraria, *40*(3), 597-607.

Garrido Ruiz, D., Sandoval-Perez, A., Rangarajan, A. V., Gunderson, E. L., & Jacobson, M. P. (2022). Cysteine oxidation in proteins: structure, biophysics, and simulation. Biochemistry, 61(20), 2165-2176.

Genisel, M., Turk, H., & Dumlupinar, R. (2017). Exogenous aminolevulinic acid protects wheat seedlings against boron-induced oxidative stress. Romanian Biotechnological Letters, *22*(4), 12741-12750.

Getachew, G., Putnam, D. H., De Ben, C. M., & De Peters, E. J. (2016). Potential of sorghum as an alternative to corn forage. American Journal of Plant Sciences, 7(7), 1106-1121.

Gleadow, R. M., Ottman, M. J., Kimball, B. A., Wall, G. W., Pinter Jr, P. J., LaMorte, R. L., & Leavitt, S. W. (2016). Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO2 are age dependent. Field Crops Research, 185, 97-102.

Huo, J. L., Song, B. Q., Riaz, M., Song, X., Li, J. X., Liu, H. J., Huang, W. G., Jia, Q. E., & Wu, W. Y. (2022). High boron stress leads to sugar beet (*Beta vulgaris* L.) toxicity by disrupting photosystem II. Ecotoxicology and Environmental Safety, 248,114301.

Igiehon, N. O., Babalola, O. O., Cheseto, X., & Torto, B. (2021). Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress. Microbiological Research, 242, 126640.

Ihsan, M.Z., Daur, I., Alghabari, F., Alzamanan, S., Rizwan, S., Ahmad, M., Waqas, M. & Shafqat, W., 2019. Heat stress and plant development: role of sulphur metabolites and management strategies. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 69:4, 332-342.

Iqbal, M. M., Farooq, M. A., Ashraf, U., Alfaghom, A. T., & Alamri, S. (2025). Maize growth and physiological dynamics: Arsenic uptake modulation under combined abiotic stresses of salinity, boron and arsenic. Environmental Technology & Innovation, 37, 103915.

Jaspars, E. M. J. (1965). Pigmentation of tobacco crown-gall tissues cultured in vitro in dependence of the composition of the medium. Physiologia Plantarum, 18(4), 933-940.

Jia, H., Wang, X., Dou, Y., Liu, D., Si, W., Fang, H., ... & Li, J. (2016). Hydrogen sulfide-cysteine cycle system enhances cadmium tolerance through alleviating cadmium-induced oxidative stress and ion toxicity in Arabidopsis roots. Scientific Reports, *6*(1), 39702.

Kim, Y. O., Gwon, Y., & Kim, J. (2022). Exogenous cysteine improves mercury uptake and tolerance in Arabidopsis by regulating the expression of heavy metal chelators and antioxidative enzymes. Frontiers in Plant Science, 13, 898247.

Köppen, S., Reinhardt, G., & Gärtner, S. (2009). Assessment of energy and greenhouse gas inventories of Sweet Sorghum for first and second generation bioethanol. FAO Environmental and natural resources service series, 30.

Kumar, V., Pandita, S., Kaur, R., Kumar, A., & Bhardwaj, R. (2022). Biogeochemical cycling, tolerance mechanism and phytoremediation strategies of boron in plants: A critical review. Chemosphere, 300, 134505.

Li, L., Chen, Q., Cui, S., Ishfaq, M., Zhou, L., Zhou, X., ... & Wu, W. (2024). Exogenous Application of Amino Acids Alleviates Toxicity in Two Chinese Cabbage Cultivars by Modulating Cadmium Distribution and Reducing Its Translocation. International Journal of Molecular Sciences, 25(15), 8478.

Liu, C., Dai, Z., Xia, J., Chang, C., & Sun, H. (2018). Combined effect of salt and drought on boron toxicity in *Puccinellia tenuiflora*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 157, 395-402.

Malabadi, R. B., Kolkar, K. P., & Chalannavar, R. (2022). Sweet Sorghum for Biofuel energy: Grain sorghum for Food and Fodder-Phytochemistry and Health benefits. International Journal of Innovation Scientific Research and Review, 4(9), 3305-3323.

Masood, S., Saleh, L., Witzel, K., Plieth, C., & Mühling, K. H. (2012). Determination of oxidative stress in wheat leaves as influenced by boron toxicity and NaCl stress. Plant physiology and Biochemistry, 56, 56-61.

Meena, K., Visarada, K. B. R. S., & Meena, D. K. (2022). *Sorghum bicolor* (L.) Moench a multifarious crop-fodder to therapeutic potential and biotechnological applications: A future food for the millennium. Future Foods, 6, 100188.

Moustafa-Farag, M., Mohamed, H. I., Mahmoud, A., Elkelish, A., Misra, A. N., Guy, K. M., ... & Zhang, M. (2020). Salicylic acid stimulates antioxidant defense and osmolyte metabolism to alleviate oxidative stress in watermelons under excess boron. Plants, 9(6), 724.

Nicolas-Espinosa, J., Yepes-Molina, L., Martinez-Bernal, F., Fernandez-Pozurama, M., & Carvajal, M. (2024). Deciphering the effect of salinity and boron stress on broccoli plants reveals that membranes phytosterols and PIP aquaporins facilitate stress adaptation. Plant Science, 338, 111923.

Noctor, G., Mhamdi, A., Chaouch, S., Han, Y. I., Neukermans, J., Marquez-Garcia, B. E. L. E. N., ... & Foyer, C. H. (2012). Glutathione in plants: an integrated overview. Plant, cell & environment, 35(2), 454-484.

Pandey, A., Khan, M. K., Hamurcu, M., Yilmaz, F. G., & Gezgin, S. (2020). Boron Toxicity: An Insight on Its Influence on Wheat Growth. In Metal Toxicology Handbook 417-432. CRC Press.

Qin, S., Xu, Y., Nie, Z., Liu, H., Gao, W., Li, C., ... & Zhao, P. (2022). Effect of boron on cadmium uptake and expression of Cd transport genes at different growth stages of wheat (*Triticum aestivum* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety, 241, 113834.

Sarıoğlu, A., & Kaya, C. (2021). Tuz stresi ve bor toksisitesi koşulları altında yetişen soya bitkisine yapılan bakteri ve melatonin uygulamasının toprak mikrobiyal aktivitesine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3), 336-348.

Smart, R. E., & Bingham, G. E. (1974). Rapid estimates of relative water content. Plant Physiology, 53, 258-260.

Song, Y., Liang, H., Peng, J., Ding, S., Duan, X., & Shan, Y. Application of L-Cysteine Hydrochloride Delays the Ripening of Harvested Tomato Fruit. Foods, 13(6), 841. 2024.

Souri, M. K., & Hatamian, M. (2019). Aminochelates in plant nutrition: a review. Journal of plant nutrition, 42(1), 67-78.

Takahashi, H., Kopriva, S., Giordano, M., Saito, K., & Hell, R. (2011). Sulfur assimilation in photosynthetic organisms: molecular functions and regulations of transporters and assimilatory enzymes. Annual review of plant biology, 62(1), 157-184.

Terzi, H., & Yıldız, M. (2021). Proteomic analysis reveals the role of exogenous cysteine in alleviating chromium stress in maize seedlings. Ecotoxicology and Environmental Safety, 209, 111784.

Vance, C. P., Uhde-Stone, C., & Allan, D. L. (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New phytologist, 157(3), 423-447.

Xue, J., Wang, Y., Yang, Z., Huang, Z., Yao, Y., Liu, L., ... & Yan, M. (2024). Exogenous cysteine alleviates cadmium stress better than sulfate by enhancing nonenzymatic antioxidant system in *Brassica juncea*. Scientia Horticulturae, 328, 112943.

Yan, L., Riaz, M., Cheng, J., & Jiang, C. (2022). Boron-deficiency and aluminum toxicity activate antioxidant defense and disorganize the cell wall composition and architecture in trifoliate orange leaf. Scientia Horticulturae, 297, 110961.

Yediyıldız, G. A. 2019. Bor stresi altındaki buğday fidelerine dıştan uygulanan prolinin iyileştirici etkisinin araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 90 sayfa, Trabzon.

Yıldırım, B. (2022). Bor Stresi Koşullarında Trehaloz Uygulamalarının Buğdayın Biyokimyasal Özelliklerinde Meydana Getirdiği Değişimlerin Belirlenmesi.

Yıldız, M., & Terzi, H. (2021). Exogenous cysteine alleviates chromium stress via reducing its uptake and regulating proteome in roots of *Brassica napus* L. seedlings. South African Journal of Botany, 139, 114-121.

Yu, R., Song, H., Chen, Y., Shi, N., Shen, H., Shi, P., Luo, H., Incorporation of ascorbic acid and L-cysteine in sodium carboxymethyl cellulose coating delays color deterioration and extends the shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* var. angustata). Postharvest Biology and Technology, 204, 112419. 2023.

Yuce, M., Yildirim, E., Ekinci, M., Turan, M., Ilhan, E., Aydin, M., ... & Ucar, S. (2024). N-acetyl-cysteine mitigates arsenic stress in lettuce: Molecular, biochemical, and physiological perspective. Plant Physiology and Biochemistry, 207, 108390.

TOST PEYNİRİ VE ERİTME TUZU KULLANIMI

Prof. Dr. NURAY GÜZELER
Çukurova Üniversitesi,
nguzeler10@gmail.com - 0000-0001-5246-2491
Dr. Mine ÇÜRÜK
Çukurova Üniversitesi,
mcuruk@cu.edu.tr - 0000-0003-1978-3191

ÖZET

Türkiye'de en çok üretilen peynir çeşitlerinden biri olan Kaşar peyniri, zengin bileşimi ve sevilen lezzeti ile sofralarda yerini almaktadır. Kaşar peyniri geleneksel olarak tuzlu suda haşlanarak üretilen yarı sert bir peynir çeşididir. Günümüzde eritme tuzları ilave ederek kuru haşlama tekniğiyle Kaşar benzeri peynirler üretilmektedir. Bu çeşit üretilen peynirler eritme peynir grubunda yer almakta olup Tost peyniri olarak anılmaktadır. Eritme peyniri TGK de telemenin, bir veya bir kaç çeşit peynirin, doğrudan doğruya veya bu ürünlere gerektiğinde süt tozu, peyniraltı suyu tozu, tereyağı, krema gibi süt ürünleri katılarak elde edilen karışıma emülsifiye edici tuzlar ilave edilerek, karışımın pastörizasyon normunda veya daha yüksek sıcaklıklarda ve sürelerde ısıl işlem uygulanması ile elde edilen, dilimlenebilir veya sürülebilir nitelikler gibi çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren peynir olarak tanımlanmıştır. Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin etiketinde peynirin piyasaya sunulduğu biçimine, üretim tekniğine, şekline ve kullanım amacına göre “tost peyniri”, “süzme/ultrafiltrasyon”, “üçgen” gibi ibareler kullanılabilir. Günümüzde, sürülebilir, kesilebilir ve blok tip eritme peyniri üretiminde otuzun üzerinde farklı eritme tuzu kullanılmaktadır. Bu tuzların her birinin protein çözme yeteneği, kremleştirme gücü, pH değeri ve tamponlama kapasitesi farklıdır. Kullanılacak eritme tuzunun cins ve miktarı, hammaddenin tazelik durumuna, pH değerine, bileşimine ve ayrıca elde edilecek ürünün tipine göre belirlenmektedir. Tost peyniri üretimi yapılırken bazı işletmeler %15-20 oranında iade ürünler ilave etmektedir. Bu makalede ülkemizde yaygın olarak üretilen tost peyniri üretim tekniği, bu konuda yapılan araştırmalar ve kullanılan eritme tuzları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eritme Peyniri, Eritme Tuzu ve Tost Peyniri.

TOAST CHEESE AND USING MELTING SALT

Prof. Dr. NURAY GÜZELER
Cukurova University,
nguzeler10@gmail.com - 0000-0001-5246-2491
Dr. Mine ÇÜRÜK
Cukurova University,
mcuruk@cu.edu.tr - 0000-0003-1978-3191

ABSTRACT

Kashar cheese, one of the most produced cheese types in Türkiye, takes its place on the tables with its rich composition and popular taste. Kashar cheese is a semi-hard cheese traditionally produced by boiling in salt water. Nowadays, cheeses similar to Kashar are produced by dry boiling technique with the addition of melting salts. This type of cheese is in the processed cheese group and is called Tost cheese. Processed cheese is defined in the Tukish Food Codex as cheese that has characteristic features specific to its type, such as sliceability or spreadability, obtained by heat treatment of the mixture obtained by adding emulsifying salts to the mixture obtained by adding curd, one or several types of cheese, directly or by adding dairy products such as milk powder, whey powder, butter, cream to these products when necessary, at pasteurization norm or at higher temperatures and times. Phrases such as “toast cheese”, “filtered/ultrafiltration”, “triangle” may be used on the labels of products within the scope of the Communiqué, depending on the form in which the cheese is presented to the market, its production technique, shape and intended use. Today, over thirty different melting salts are used in the production of spreadable, cuttable and block type processed cheese. Each of these salts has different protein solubilizing ability, creaming power, pH value and buffering capacity. The type and amount of melting salt to be used is determined according to the freshness of the raw material, its pH value, its composition, and also the type of product to be obtained. While producing toast cheese, some businesses add 15-20% of returned products. In this article, information is given about the production technique of toast cheese, which is widely produced in our country, the research done on this subject and the melting salts used.

Anahtar Kelimeler: Processed Cheese, Melting Salt and Toast Cheese.

1. GİRİŞ

Peynir; sütün peynir mayası veya zararsız organik asitlerin etkisiyle pıhtılaştırılması, değişik şekillerde işlenmesi, bazen tat ve koku verici maddelerin ilave edilmesi ile üretilen, çeşitli süre ve derecelerde olgunlaştırılan kendine özgü tat ve aromaya sahip, besin değeri yüksek bir süt ürünüdür (Eroğlu ve Özcan, 2018).

Çeşitli kaynaklara göre dünyada yaklaşık 4000 civarında peynir türünün olduğu bildirilmiştir (Cankurt ve ark., 2019; Güzeler ve ark., 2022). Türkiye'de 200'den fazla peynir çeşidi üretilmekte olup, bazı peynir çeşitleri taze olarak tüketilirken, bazı peynir çeşitleri ise olgunlaştırılmış olarak tüketilmektedir (Güzeler ve Koboyeva, 2020; Güzeler ve ark., 2022).

Dünya'da peynir üretimi 2022 yılında 25,7 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup Türkiye'de toplam peynir üretimi yaklaşık 723 bin ton olmuştur (Kara ve ark., 2024). Bu geniş yelpazede yer alan Kaşar peyniri, Türkiye'de olduğu gibi bazı Balkan ve Avrupa ülkelerinde de değişik adlar altında bilinmekte ve yapılmaktadır. Bulgaristan'da Kaşkaval, Yunanistan'da Kassari, Yugoslavya'da Kachkawaj adlarıyla tanınan peynirler Kaşar peynirine benzemektedir (Say ve Güzeler, 2008).

Türk Gıda Kodeksinde Kaşar peyniri sütün peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin tekniğine uygun olarak işlenmesi ile üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tüketime sunulabilen ve çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren telemesi haşlanan peynir çeşidi olarak tanımlanmaktadır (Anon., 2015).

Kaşar peyniri, pasta-filata (plastic telemeli) ve dilimlenebilir peynirler grubunda yer almakta ve kahvaltılık olarak tüketilmesinin yanında tost, sandviç, makarna, peynirli pide, pizza, gibi yiyeceklerin hazırlanmasında da kullanılmaktadır (Yaşar ve Güzeler 2011; Güzeler ve ark., 2022).

Peynir çeşitliliğinin artması, tüketici talebini olumlu yönde etkileyen önemli bir faktördür. Bu doğrultuda, peynir üretimine teknolojik yenilikler kazandırılarak ürün çeşitliliği artırılmış ve böylece farklı tüketici beklenti ve ihtiyaçlarına yanıt verebilecek ürünler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, ilk etapta tost yapımına uygun olarak üretilen peynirler, daha sonrasında kahvaltılık olarak da kullanılabilecek şekilde vakumla ambalajlanarak piyasaya sunulmuştur. Son yıllarda piyasada taze Kaşar peyniri olarak satışa sunulan peynirlerin büyük bir kısmı emülsifiye edici tuzlar kullanılarak üretilmektedir ve bunlara eritme peyniri tanımı yapıldığında Türkiye'de Beyaz peynir ve blok tip eritme peynirinin en çok satılan peynirlerin olduğu ortaya çıkmaktadır (Cankurt, 2015; Esen ve ark., 2020).

2. TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN ERİTME PEYNİRLERİ

Eritme peyniri Türk Gıda Kodeksinde telemenin, bir veya bir kaç çeşit peynirin, doğrudan doğruya veya bu ürünlere gerektiğinde süt tozu, peyniraltı suyu tozu, tereyağı, krema gibi süt ürünleri katılarak elde edilen karışıma emülsifiye edici tuzlar ilave edilerek, karışımın pastörizasyon normunda veya daha yüksek sıcaklıklarda ve sürelerde ısıl işlem uygulanması ile elde edilen, dilimlenebilir veya sürülebilir nitelikler gibi çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren peynir olarak tanımlanmıştır (Anon., 2015). Bu maddenin birinci fıkrasının (a) bendi hükümleri saklı kalmak kaydıyla bu Tebliğ kapsamında yer alan ürünlerin etiketinde peynirin piyasaya sunulduğu biçimine, üretim tekniğine, şekline ve kullanım amacına göre "tost peyniri", "süzme/ultrafiltrasyon", "üçgen" gibi ibareler kullanılabilir (Anon., 2015).

Üçgen peynir ve krem peynir, yüksek nem içeriğine sahip eritme peynirleri arasında yer almaktadır. Bu ürünler, genellikle Kaşar peyniri ile aynı reyonlarda tüketiciye sunulmakta olup; tost peyniri, dilimli tost peyniri, dilimli peynir ve kahvaltılık peynir gibi çeşitleriyle dikkat

çekmektedir. Söz konusu peynirler, %57–64 arasında değişen nem oranlarıyla yarı sert peynirler grubuna dâhildir. Son yıllarda özellikle indirimli zincir marketlerde, geleneksel peynir çeşitlerine benzeyen ancak eritme peyniri niteliğinde olan ürünler de yaygınlaşmıştır. Örneğin, örgü peyniri görünümünde ancak "örgülü peynir" adıyla satılan eritme peynirleri; tel peyniri andıran fakat "telli peynir" olarak pazarlanan ürünler ve dil peynirine benzetilerek "dilli peynir" adıyla piyasaya sürülen eritme peynirleri bu kapsamda değerlendirilebilir. Benzer şekilde, tam yağlı bez eritme tulum peyniri de piyasada yer almaktadır (Esen ve ark., 2020).

Günümüzde taze Kaşar olarak adlandırılan ancak görünüm olarak orijinal taze Kaşara hiç benzemeyen bir tür işlenmiş peynir, taze Kaşar ismiyle satışa sunulmakla birlikte iki ürün arasındaki ciddi fiyat farkı ve her iki ürünün aynı isimde olması tüketiciler arasında karışıklığa ve haksız rekabetin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu peynire Türk Gıda Kodeksi'nde (2015) yayınlanan peynir tebliği ile "Tost Peyniri" ismi verilmiş olup bu karışıklık ortadan kaldırılmıştır. Ancak tebliğde tost peynirinin üretimine ilişkin herhangi bir standart yer almamaktadır. Bu kapsamda peynire eklenebilecek ve/veya katılmasına izin verilmeyen materyaller belirtilmemiştir. Bu durum üretici açısından haksız rekabete, tüketici açısından ise gıda kaynaklı enfeksiyonlar ve zehirlenmeler gibi sağlık risklerine yol açabilmektedir (Akarca ve Tomar, 2019).

Bir çeşit işlenmiş peynir olan Tost peyniri sert, yarı sert veya yumuşak peynir çeşitlerinin sitrat ve fosfatlar gibi eritme tuzları ile ısıl işlem uygulanarak elde edilen peynir olarak tanımlanır. Nem oranının düşük olması ve uygulanan işlemler bu peynirin raf ömrünün uzamasına neden olmaktadır. Ancak tost peyniri yüksek pH değeri ve düşük laktik asit içeriği nedeniyle mikrobiyal bozulmaya karşı oldukça hassastır (Yussuf ve ark., 2023).

Blok tip eritme peyniri sadece taze peynirden (teleme) üretilse bile randıman olarak telemenin suda haşlanması ile üretilen klasik taze kaşar peynirine göre daha avantajlıdır. Çünkü, 1 kg blok tip eritme peyniri için yaklaşık 9 -10 kg süt gerekirken, haşlama ile üretilen kaşar peyniri için 11 kg süt gerekmektedir. Günde yüzlerce ton süt işleyen bir tesis için bu fark bile çok önemlidir (Öksüztepe ve ark., 2009). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Süt İşletmesinde yapılan üretimlerde klasik kaşar peyniri 10,5-11 kg sütten üretilirken Eritme Kaşar peyniri (Tost peyniri) 9-10kg sütten üretilmektedir.

3. TOST PEYNİRİ VEYA BLOK TİPİ ERİTME PEYNİRİ

Tost peyniri veya diğer adıyla Blok Tipi Eritme Peyniri doğal peynirlerin eritme tuzlarıyla birlikte ısı ve mekanik işlemlerden geçirilerek yeniden yapılandırılmasıyla elde edilen, homojen bir yapıya sahip, kolay eriyebilen işlenmiş bir peynir türü olarak tanımlanabilir. Bu ürün, eritme tuzlarının yardımıyla protein matrisinin yeniden organize edilmesi sonucu istenilen tekstür, eriyebilme ve stabilite özelliklerini kazanır. Genellikle Cheddar, Gouda veya Mozzarella gibi peynirlerin bir araya getirilerek işlenmesiyle elde edilen Tost peyniri; sandviçlerde, tostlarda ve eritilerek tüketilen çeşitli hazır gıdalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kapoor ve Metzger, 2008; Bunka ve ark., 2024).

Tost peyniri üretiminde eritme tuzları olarak genellikle sitrik ve fosforik asitlerin mono- di- ve poli-tuzları tek başına yada belli oranlarda ikili yada üçlü karışımlar şeklinde kullanılmaktadır. Bu tuzlar, peynirin yapısal stabilitesini artırarak homojen bir erime sağlar ve ürünün istenen tekstürel özellikleri kazanmasına katkıda bulunur. Ancak üretim sürecinde bazı

işletmelerin, üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla, %15–20 oranına kadar iade peynir kullandıkları bildirilmektedir. Bu iade peynirler; ambalaj hatası, deformasyon veya fiziksel bozulmalar nedeniyle pazara sunulamayan kendi üretimleri olabileceği gibi, piyasadan düşük fiyatla temin edilen, kalite ve hijyen açısından risk taşıyan bozulmuş veya küflenmiş peynirleri de içerebilmektedir. Söz konusu uygulama, ekonomik açıdan cazip görülse de, gıda güvenliği, duyusal kalite ve tüketici sağlığı açısından önemli riskler barındırmaktadır (Gönç ve Dinkçi, 2006). Blok tipi eritme peyniri üretimi farklı özelliklerdeki peynir ve süt ürünlerinin çeşitli işlemlerden geçirilerek yeni ürünler üretilmesine olanak tanımaktadır (Tosun, 2021). Tost peyniri üretim aşamaları Şekil 1 de verilmiştir.

Çiğ Süt
↓
Isıtma(36-38˚C)
↓
Starter İlavesi (%1)
↓
Mayalama (45dk'da pıhtı verecek şekilde)
↓
Pıhtı İşleme (pirinç tanesi büyüklüğünde)
↓
Peynir Altı Suyunun Süzülmesi
↓
Baskı (20 dak.)
↓
Fermantasyon (pH 5.4 olana kadar)
↓
Parçalama
↓
İsteğe bağlı bazı süt ürünleri ilavesi
Eritme Tuzu İlavesi(%1-2.5)
↓
Isıl işlem uygulaması (65˚C'de 4-5dk.)
↓
Yoğurma ve Kalıplama
↓
Dinlendirme (24 Saat)
↓
Paketleme

Şekil 1.Tost Peyniri Üretim Şeması (Çürük, 2006)

4. ERİTME TUZLARININ ÇEŞİTLERİ VE FONKSİYONLARI

Emülsifiye edici tuzlar olarak da bilinen eritme tuzları, Kaşar ve Tost Peyniri gibi işlenmiş peynirlerin üretiminde çok önemli bir rol oynar. Bu tuzlar, peynirin eriyebilirlik, doku ve stabilite gibi fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için kullanılır, aynı zamanda lezzet ve korumaya katkıda bulunur. Eritme tuzlarının seçimi ve uygulanması peynirin türüne, istenen

özelliklerine ve kullanılan üretim tekniklerine bağlı olup Eritme tuzlarının seçimi ve konsantrasyonu; ürünün viskoelastik davranışı, tekstür profili ve mikroyapısını doğrudan etkilemektedir (Gupta ve ark., 2000; Bunka ve ark., 2024).

Peynir üretiminde en sık kullanılan eritme tuzları şunlardır:

1. **Sodyum Fosfatlar**: Bunlar, yağ-su emülsiyonunu stabilize etme ve peynirin eriyebilirliğini artırma özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Sodyum tripolifosfat (STPP) ve sodyum heksametafosfat (SHMP) işlenmiş peynirlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ramos ve ark., 2022; Santová ve ark., 2024).

2. **Potasyum Fosfatlar**: Bunlar özellikle düşük sodyumlu peynir ürünlerinde sodyum fosfatlara alternatif olarak kullanılır. Dipotasyum hidrojen fosfat (K2HPO4) gibi potasyum bazlı tuzlar, suyu bağlama ve peynirin elastik karakterini artırma yetenekleriyle bilinirler (Ramos ve ark., 2022; Šantová ve ark., 2024).

3. **Kalsiyum ve Magnezyum Tuzları**: Bunlar peynirin dokusunu ve stabilitesini arttırmak için diğer tuzlarla birlikte kullanılır. Örneğin, kalsiyum klorür genellikle peynirin eriyebilirliğini artırmak için kullanılır (Loudiyi ve Aït-Kaddour, 2019; Ramos ve ark., 2022;).

4. **Sitratlar:** süt ürünleri özellikle işlenmiş peynir üretiminde kalsiyum şelatlayıcı ajan (calcium sequestering salts) olarak kullanılır. Trisodyum sitrat (TSC) gibi sitrat tuzları, peynirdeki kalsiyumu bağlayarak kazein micelle yapısını açığa çıkarır; böylece peynirin düzgün erimesini sağlarken yağ su fazlarının ayrılmasını önler (Deshwal ve ark., 2023)

Eritme tuzları, tipik olarak fosfat bazlı bileşikler, reolojik ve dokusal özelliklerini iyileştirmek için peynire eklenir. İşlenmiş peynirlerde istenen erime özelliklerini elde etmek için gerekli olan yağ ve su emülsiyonunun stabilize edilmesine yardımcı olurlar. Ek olarak, bu tuzlar su aktivitesini, pH'ı ve mikrobiyal büyümeyi etkiler, böylece peynirin güvenliğine ve raf ömrüne katkıda bulunur (Loudiyi ve Aït-Kaddour, 2019; Ramos ve ark., 2022; Šantová ve ark., 2024).

Eritme tuzlarının fonksiyonları ;

1. Peynir jelinin (para-kazein jeli) stabilitesini belirleyen iki değerli kalsiyum iyonunu inaktive ederek, kazeini homojen bir para-kazein solu haline dönüştürerek çözerler.
2. Peynirde tamamen heterojen durumda bulunan kazeini peptizasyona uğratmasıdır.
3. Eritme tuzlarının başka bir işlevi de pH ayarlayıcı ve tamponlayıcı etki göstermesidir.
4. Eritme tuzlarının bir görevi de, bakteriyolojik etkinliği frenleyici ve yok edici etki yapmasıdır. Bu etki sitratlarda az, monofosfatlarda ise belirgin olmasına karşın, polifosfatlarda çok güçlüdür.
5. Protein ve yağ parçalanması ve ortamdaki suyun yapı içinde üniform dağılmasını sağlar

6. Soğutulduktan sonra ürünün yapısını korur (Caric ve ark., 1985; Üçüncü, 1992; Çürük 2006).

Çizelge 2. Eritme Peyniri Üretiminde Kullanılan Emülsifiye Edici Tuzların Karakteristikleri (Bursa, 2012; Esen ve ark., 2020).

Emülsifiye Edici	Formülü	Karakteristikleri
Sodyum Sitrat	2 $Na_3\ C_6\ H_5\ O_7$. 11H2O $Na_3\ C_6\ H_5\ O_7$. $2H_2\ O$	• Çok çeşitli kullanım alanına ve iyi erime özelliklerine sahip sert peynirler yapılır. • Fiyat açısından uygundur. • İyi kalite özellikleri sağlamaktadır.
Disodyum Fosfat	$Na_2\ HPO_4$	• İyi tamponlama, sertleşme ve eritme özellikleri göstermektedir fakat düşük kremaj özelliklerine sahiptir. • Fiyat açısından en ucuzudur.
Trisodyum Fosfat	$Na_3\ PO_4$	• Yüksek alkali özelliğe sahiptir. • Düşük konsantrasyonda kullanılmaktadır ve diğer emülsifiye edici ajanlarla kombine edildiğinde iyi dilimlenme özelligi vermektedir.
Sodyum hekzametafosfat (Graham Tuzu)	$(NaPO_3\ )_6$	• Acımsı tat ve sert yapılar oluşturmaktadır. • Bakteriostatik özelliğe sahiptir. • Ürün kolay kolay erimemektedir. • Tüm tuzlar içinde en az çözücü özelligi sahip olandır.
Tetrasodyum difosfat	Polifosfatlar $Na_4\ P_2\ O_7$	• Yüksek tamponlama kapasitesi, iyi kremaj özellikleri, kusursuz iyon değişimi, yüksek protein çözme gibi özelliklere sahiptir. • Acımsı tat vermektedir.

Eritme tuzlarının türü ve konsantrasyonu, peynirin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, potasyum bazlı tuzların artan zincir uzunluğu ile peynirin sertliğini arttırdığı ve aynı zamanda su bağlama kapasitesini ve reolojik özelliklerini etkilediği gösterilmiştir (Šantová ve ark., 2024). Benzer şekilde, sodyum içermeyen veya düşük sodyumlu tuzların kullanılması peynirin lezzet profilini ve dokusunu değiştirebilir ve duyusal kaliteyi korumak için dikkatli optimizasyon gerektirir (Loudiyi ve Aït-Kaddour, 2019; Ramos ve ark., 2022).

Eritme tuzlarının seçiminde, hammaddenin tazeliği, eritme peynirinin çeşidi, pH değeri, ve bileşimi gibi faktörler bulunmaktadır. Genel olarak fosfatlar %2-3.5 oranında kullanılırken Sodyum sitrat miktarı ise %4.5'e kadar yükselebilmektedir (Esen ve ark., 2020). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre süt ürünlerinde sitrat grubu katkı maddelerinin kullanımına ilişkin bir sınır belirtilmemiş olup, ürün gereklilikleri doğrultusunda kullanılabilmektedir. Öte yandan fosfat grubu tuzlarının %2 oranında kullanılmasına izin verilmektedir (Anon., 2023). Erıtme tuzları üründen beklenen özelliklere bağlı olarak farklı kombinasyonlarda ve miktar olarak da %3'e kadar kullanılabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde eritme peyniri üretiminde kullanılan en yaygın emülsifiye edici tuzlar trisodyum sitrat ve disodyum fosfattır. Dilimlenebilir eritme peynir çeşitleri için Trisodyum fosfat tercih edilirken, somun tipi ve sürülebilir eritme peynirlerinde disodyum fosfat (veya di- ve trisodyum fosfatların uygun kombinasyonları) kullanılır. Bazen, bu emülsifiye edici tuzlarla birlikte (bazı

uygulamalarda) düşük seviyelerde sodyum heksametafosfat da kullanılmaktadır (Kapoor ve Metzger, 2008).

5. ERİTME TUZLARININ PEYNİR KALİTESİNE ETKİSİ

Tost Peyniri üretiminde eritme tuzların kullanılması hem son ürünün kalitesi hem de tüketici sağlığı açısından önemli etkilere sahiptir. Peynirin istenen dokusal ve duyusal özelliklerini elde etmek için uygun eritme tuzlarının ve tuzlama tekniklerinin seçimi çok önemlidir. Ek olarak, düşük sodyum veya potasyum bazlı tuzların kullanılması peynirin sodyum içeriğini azaltmaya yardımcı olabilir ve bu da onu tüketiciler için daha sağlıklı bir seçenek haline getirebilir (Loudiyi ve Aït-Kaddour, 2019; Ramos ve ark., 2022).

Tost Peyniri üretiminde eritme tuzu kullanımının ürün kalitesi üzerinde çeşitli etkileri vardır:

1. **Eriyebilirlik**: Kullanılan tuzun türü ve konsantrasyonu Tost Peyniri'nin eriyebilirliğini etkiler. Örneğin potasyum bazlı tuzların peynirin elastik karakterini arttırdığı ve bu da onu yüksek sıcaklık uygulamaları için daha uygun hale getirdiği bilinmektedir (Ramos ve ark., 2022, Šantová ve ark., 2024).
2. **Doku**: Tuzlama işlemi Tost Peyniri'nin dokusunu etkiler, daha yüksek tuz konsantrasyonları daha sıkı bir dokuya ve daha elastik bir yapıya yol açar (Guinee, 2004; Guinee ve Sutherland, 2011).
3. **Raf Ömrü**: Tuz, mikrobiyal büyümeyi engelleyerek ve nem içeriğini azaltarak Tost Peyniri'nin raf ömrünü uzatarak koruyucu görevi görür (Guinee, 2004; Guinee ve Sutherland, 2011).

6. SONUÇ

Sonuç olarak, fast food kültürünün yaygınlaşması ve tüketici tercihlerinin pratik ve fonksiyonel ürünlere yönelmesi, tost peyniri gibi yüksek eriyebilirlik özelliği gösteren işlenmiş peynir çeşitlerine olan talebi artırmıştır. Tost peyniri, eritme tuzları yardımıyla taze teleme veya doğal peynirler kullanarak yeniden yapılandırılmayla elde edilen bir ürün olup, homojen yapısı ve fonksiyonel özellikleri sayesinde endüstriyel gıda uygulamalarında ve evsel tüketimde geniş kullanım alanına sahiptir. Bu ürün, yalnızca tekstürel ve duyusal özellikleriyle değil, aynı zamanda ekonomik geri dönüşüm olanaklarıyla da süt endüstrisinde önemli bir yer edinmiştir. Blok tip eritme peyniri üretiminde yapı bozukluğu veya ambalaj hataları nedeniyle iade edilen peynirlerin değerlendirilmesiyle, maliyet avantajı sağlamaktadır. Bu bağlamda tost peyniri, hem teknolojik olarak geliştirilmeye açık bir alan sunmakta hem de sürdürülebilir süt ürünleri üretimi açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır.

KAYNAKÇA

Akarca, G., ve Tomar, O. Investigation of Some Physicochemical and Microbiological Quality Parameters of Toast Cheese Sold Retail in Afyonkarahisar Province. Kocatepe Veterinary Journal, 12(3), 235-24, 2019.

Anonymous. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6) Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. 29261 sayılı Resmî Gazete, Ankara, 08 Şubat 2015.

Anonymous (2023). Türk gıda kodeksi. Gıda katkı maddeleri yönetmeliği (2023). Tarım ve Orman Bakanlığı. 13 Ekim 2023 tarih ve 32338 sayılı. Resmi Gazete, Ankara.

Buňka, F., Salek, R. N., Kůrová, V., Buňková, L., ve Lorencová, E., The impact of phosphate- and citrate-based emulsifying salts on processed cheese techno-functional properties: A review. International Dairy Journal, 106031, 2024.

Cankurt H., *Bazı Bitki Aromatik Su ve Uçucu Yağlarının Blok Tipi Eritme Peyniri ve Beyaz Peynirin Çeşitli Özellikleri Üzerine Etkisi.* Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 225s, 2015.

Cankurt, H., Yüksel, R., ve Yetim, H., Diyet Blok Tip Eritme Peyniri Üretiminde Yumurta Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 579-590, 2019.

Çürük, M., *Kaşar Benzeri Peynirlerin Bazı Özellikleri Üzerine Eritme Tuzu Kullanımının ve Olgunlaşma Süresinin Etkileri,* Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.

Deshwal, G. K., Gómez-Mascaraque, L. G., Fenelon, M., ve Huppertz, T., A Review on the Effect of Calcium Sequestering Salts on Casein Micelles: From Model Milk Protein Systems to Processed Cheese. Molecules, *28*(5), 208, 2023.

Eroğlu E., Özcan T., Sütün Enzimatik Koagülasyonu ve Peynir Üretiminde Bitkisel Pıhtılaştırıcılar, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 32, Sayı 2, 201-214, 2018.

Esen, R. A. M. K., Güzeler, N., Kalender, M., Cheeses Produced By Adding Melting Salt, Manhattan, New York C ty, 2020.

Gönç, S., ve Dinkçi, N., Klasik Kasar Peyniri ve Eritme Tuzları kullanılarak Yapılan Kasar Benzeri Peynirlerin Ayırt Edilmesine Uygun Parametrelerin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye, *9*, 24-26, 2006.

Guinee, T. P., Salting And The Role of Salt in Cheese. International Journal of Dairy Technology, *57*(2-3), 99-109, 2004.

Guinee, T. P. Sutherland. B.J., Salting of Cheese. International Journal of Dairy Technology, 1, 595-606, 2011.

Gupta, T. P., Harrington, D., ve Corcoran, M. O.. The Compositional and Functional Properties of Commercial Mozzarella, Cheddar and Analogue Pizza Cheeses. International Journal of Dairy Technology, 53(2), 51–56, 2000.

Güzeler, N., ve Koboyeva, F. Doğu Anadolu bölgesinde üretilen peynir çeşitleri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, *3*(2), 172-184, 2020.

Güzeler, N., Koboyeva, F., ve Say, D., Kaşar Peyniri Çeşitleri ve Özellikleri, Avrasya 6. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 1-12, 2022. 2022.

Kapoor, R., ve Metzger, L. E., Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review. Comprehensive Reviews ın Food Science and Food Safety, *7*(2), 194–214. 2008. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x

Kara, R., Gürler, Z., Uğurlu, D., ve Aslan, S. Tüketime Sunulan Farklı Markalara Ait Krem (Üçgen) Peynirlerde Aflatoksin M1 Varlığı. Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi, (8), 4-10, 2024.

Loudiyi, M., ve Aït-Kaddour, A. Evaluation of The Effect of Salts on Chemical, Structural, Textural, Sensory and Heating Properties of Cheese: Contribution of Conventional Methods and Spectral Ones. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1455637

Öksüztepe, G., Patır, B., Dikici, A., ve İlhak, O. İ. Elazığ'da Tüketime Sunulan Vakum Paketli Taze Kaşar Peynirlerinin Mikrobiyolojik Ve Kimyasal Kalitesi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, *23*(2), 89-94, 2009.

Ramos, G. L. D. P. A., e Alves, A. T. S., Spadoti, L. M., Zacarchenco, P. B., & da Cruz, A. G. Low salt and low sodium processed cheeses. In *Processed Cheese Science and Technology* (pp. 177-197), 2022.

Šantová, K., Salek, R. N., Kůrová, V., Mizera, A., Lapčí-ková, B., Vincová, A., Zálešáková, L., Kratochvílová, A., Lorencová, E., Vinter, Š., Opustilová, K., & Karhankova, M., Potassium-Based Emulsifying Salts İn Processed Cheese: A Rheological, Textural, Tribological and Thermal Approach.Journal of Dairy Science. (2024). https://doi.org/10.3168/jds.2024-24939

Say, D., ve Güzeler, N., Taze Kaşar Peynirlerinin Randiman, Bileşim ve Duyusal Özellikleri Üzerine Haşlama Suyunun Tuz Konsantrasyonunun Etkisi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:19-3, 2008.

Tosun, İ., *Farklı üretim formülasyonları ve depolama sürelerinin blok tip eritme peynirlerinin kalite kriterleri üzerine etkileri*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2021.

Yasar, K., ve Güzeler, N. Effects of Coagulant Type on the Physicochemical and Organoleptic Properties of Kashar Cheese. International Journal of Dairy Technology, *64*(3), 372-379, 2011.

Yussuf, N. H., Ugurlu, U., Aykac, C., ve Bozkurt, H. Discovering the Relationship between Lactic Acid Bacteria and Biogenic Amines during the Processing and Storage of toast Cheese: Lactic Acid Bacteria And Biogenic Amine In Toast Cheese. Journal of Raw Materials to Processed Foods, *4*(1), 26-39, 2023.

LAKTASYON SÜRESİ BOYUNCA KEÇİ SÜTÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. NURAY GÜZELER
Çukurova Üniversitesi,
nguzeler10@gmail.com - 0000-0001-5246-2491
Dr. Mine ÇÜRÜK
Çukurova Üniversitesi,
mcuruk@cu.edu.tr - 0000-0003-1978-3191
Rashad KHABBAZEH
Çukurova Üniversitesi,
Rashadkh2002@gmail.com - 0009-0007-1518-418x

ÖZET

Bu araştırmada, Saanen ırkı keçi sütlerinin laktasyon süresince süt bileşenleri, enerji değeri ile özgül ağırlık, donma noktası ve iletkenlik gibi bazı kalite özellikleri incelenmiştir. Araştırma, mayıs ve eylül ayları arasındaki beş aylık laktasyon süresince süt verilerinin 21 haftalık değişimini kapsamaktadır. Elde edilen veriler, laktasyon süresine bağlı olarak bileşenlerin değişimini göstermektedir. İncelenen keçi sütlerinde pH 6.65-6.92, yağsız kurumadde %8.8-%10.6, yağ %3.1-%5.7 arasında değişim göstermiş ve özellikle laktasyon sonlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Protein %3.2-%3.8, laktoz %4.8-%5.8 ve kül %0.7-%0.8 arasında değerler almıştır. Keçi sütlerinin enerji değeri 259-376 kj/100g arasında bulunmuştur. Laktasyon süresi boyunca özgül ağırlık 1.030 g/cm³-1.035 g/cm³, donma noktası -0.565°C ve -0.710°C arasında, iletkenlik 4.3 ms/cm ile 5.3 ms/cm arasında değişmiştir. Bu araştırmada, Saanen keçi ırkı sütünün laktasyon süresinin kalite özellikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Keçi Sütü, Saanen, Laktasyon Süresi, Kalite Özellikleri.

QUALITY CHARACTERISTICS OF GOAT MILK DURING LACTATION

Prof. Dr. NURAY GÜZELER
Cukurova University,
nguzeler10@gmail.com - 0000-0001-5246-2491
Dr. Mine ÇÜRÜK
Cukurova University,
mcuruk@cu.edu.tr - 0000-0003-1978-3191
Rashad KHABBAZEH
Cukurova University,
Rashadkh2002@gmail.com - 0009-0007-1518-418x

ABSTRACT

In this study, milk components, energy value and some quality properties such as specific gravity, freezing point and conductivity of Saanen goat milk during lactation were investigated. The research covers the weekly changes in milk data during the five-month lactation (21 weeks) period between May and September. The data obtained show the changes in the components depending on the duration of lactation. In the examined goat milks, pH 6.65-6.92, fat free dry matter varied between 8.8%-10.6%, fat varied between 3.1%-5.7% and was determined to be higher especially at the end of lactation. Protein values were between 3.2%-3.8%, lactose 4.8%-5.8% and ash, 0.7%-0.8%.The energy value of goat milk was found to be between 259 -376 kJ/100g. During the lactation period, specific gravity varied between 1.030 g/cm³-1.035 g/cm³, freezing point -0.565°C and -0.710°C, conductivity varied between 4.3 ms/cm and 5.3 ms/cm. In this study, it was determined that the lactation period of Saanen goat breed milk had an effect on the quality properties.

Anahtar Kelimeler: Goat Milk, Saanen, Lactation Time, Quality Properties.

1. GİRİŞ

Süt; protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineraller gibi temel besin öğelerini içermesi nedeniyle, insan sağlığı açısından vazgeçilmez bir besin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Erdoğan, 2010).

Keçi sütü, dünya genelinde özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli bir besin kaynağıdır ve süt endüstrisinde kendine özgü bir yere sahiptir. Dünya çapında yıllık keçi sütü üretimi yaklaşık 20 milyon ton olarak kaydedilmiştir (FAO, 2023). Keçi sütü üretiminin sınırlı

olduğu Hindistan, Bangladeş ve Afrika ülkeleri gibi bölgelerde temel bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır.

Avrupa'da ise Fransa, İspanya ve Yunanistan gibi ülkeler, keçi sütünden üretilen yüksek kaliteli peynirler ve özel süt ürünleriyle tanınmaktadır (Park ve ark, 2007). Akdeniz, Orta Doğu, Doğu Avrupa ve Güney Amerika gibi bölgelerde keçi sütü, hem ekonomik hem de beslenme açısından büyük bir öneme sahiptir (Haenlein, 2004).

Çizelge 1'de Çiğ süt üretimi ve değişim oranları verilmiştir. Türkiyede 2023 yılında 21.481.567 ton çiğ süt üretilmiş olup 2022 yılına göre %0.4 oranında azalma olmuştur. Toplam süt üretiminin 543.058 tonu keçi sütüne ait olup %0.5 oranında artış eğilimi göstermiştir. (TUİK 2023)

Çizelge 1. Çiğ süt üretimi ve değişim oranları (TUİK, 2023)

	2022 (Ton)	2023 (Ton)	Değişim (%)
İnek	19 912 135	19 961 908	0.2
Manda	43 589	43 025	-1.3
Koyun	1 067 342	933 576	-12.5
Keçi	540 426	543 058	0.5
Toplam	21 563 492	21 481 567	-0.4

Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen keçi ırkları arasında Kıl keçisi, Kilis keçisi, Honamlı keçisi ve Saanen keçisi bulunmaktadır. Yerli bir ırk olan Kıl keçisi, düşük süt verimine rağmen yüksek yağ içeriğine sahip süt üretmekte ve zorlu arazi şartlarına dayanıklılığıyla bilinmektedir. Kilis keçisi ise özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yüksek süt verimi ve kaliteli süt bileşimi ile tercih edilmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olan Honamlı keçisi hem süt hem de et verimi yönünden değerlendirilen kombine bir ırktır. Yüksek verimli Saanen keçileri ise ithal edilerek Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilmeye başlanmıştır (Anon., 2023). Süt verimi açısından değerlendirildiğinde, dünya genelinde Saanen keçileri yıllık yaklaşık 800-1000 litreye kadar süt verebilirken, kıl keçisi yılda 300-400 litre arasında süt vermektedir (Anon., 2020).

Keçi sütünün bileşenleri, Türkiye'de ve dünyada genellikle benzer özellikler gösterse de, çevresel faktörler, keçi ırkları, beslenme ve laktasyon süresi gibi etmenlere bağlı olarak değişiklikler gösterebilir. Laktasyon süreci boyunca keçilerde süt miktarı ve bileşimi evrensel bir seyir izlemektedir. Erken laktasyon döneminde süt verimi yüksek olup, yağ ve protein oranları düşüktür. Orta laktasyonda süt miktarı azalırken yağ ve protein oranları artmakta, geç laktasyonda ise süt verimi önemli ölçüde azalırken, süt bileşimi bakımından en yoğun dönem yaşanmaktadır. Bu değişimler hormonal dengeler, enerji metabolizması ve beslenme durumuna bağlı olarak şekillenmektedir (Yakan, 2012).

Türk Gıda Kodeksi Süt ve Süt Ürünleri Tebliğine göre süt; sağlıklı ve beslenme şartlarına uygun hayvanlardan elde edilen, 40°C,'nin altında sağlanmış, hiçbir madde ilave edilmemiş ve süt yağı veya kuru madde bileşenleri çıkarılmamış, kendine özgü doğal bileşimi bozulmamış ve 8°C'nin altında muhafaza edilen doğal üründür. Tebliğe göre keçi sütünün yağ miktarı en az

%3,5, Protein %3, Asitlik %0.15-0.28, yoğunluk 1.026 ve yağsız kurumadde %8.5 olması gerekmektedir (Anon., 2019).

Keçi sütü, bileşim yönünden inek sütüyle benzerlik gösterse de, küçük çaplı yağ globülleri ve düşük αs1-kazein içeriği nedeniyle sindirilebilirliği daha yüksek olup besinsel açıdan daha üstün kabul edilmektedir (Park & Haenlein, 2006). Bu özellikler, özellikle bebekler, yaşlılar ve emziren kadınların beslenmesinde keçi sütünü değerli kılmaktadır.

Keçi sütü, kısa ve orta zincirli doymamış yağ asitleri (kaproik, kaprilik, kaprik) bakımından zengin olup, bu bileşenlerin emilim ve metabolizma bozuklukları olan bireylerde terapötik etkiler gösterebildiği bildirilmiştir (Park & Haenlein, 2006). Bununla birlikte, söz konusu bileşenler keçi sütünün karakteristik keskin kokusunun oluşmasında da rol oynamaktadır.

Besin içeriği açısından keçi sütü, anne sütüne oldukça yakın değerler gösterirken daha yüksek protein içeriğine sahiptir (Yılmaz, 2020). Bunun yanısıra, keçi sütü yüksek kalsiyum ve fosfor içeriğiyle dikkat çekmektedir; 100 gram keçi sütünde yaklaşık 130 mg kalsiyum ve 120 mg fosfor bulunurken, bu değerler anne sütünde sırasıyla dörtte biri ve sekizde biri düzeyindedir (Kaya, 2015).

Keçi sütünde anne sütüne göre daha yüksek miktarda esansiyel yağ asitleri bulunmakta, bu da emziren kadınlar açısından önem taşımaktadır. Karoten miktarı az ve A vitamini diğer süt türlerininden 2-3 kat fazla olduğundan rengi daha beyazdır. Yağ globülleri küçük olduğundan kaymak bağlaması zordur. Bu özellikleri nedeniyle sindirim güçlüğü çekenler tercih edilir. B12 vitamini ve demirce fakir olduğundan uzun süre keçi sütüyle beslenenlerde kansızlık görülebilir (Haenlein, 2004).

Keçi sütünden üretilen başlıca ürünler arasında peynir, yoğurt, krema, sabun, dondurma ve içecekler yer alır. Keçi peyniri, keçi sütünün en yaygın kullanıldığı üründür. Keçi sütü, peynir üretimi için kullanıldığında, inek sütünden yapılan peynirlerden farklı olarak daha yumuşak ve aromatik bir tat profili sunar. Chèvre, feta ve roquefort gibi keçi peynirleri, bu sütle üretilen en bilinen peynir çeşitlerindendir (Fox ve McSweeney, 2004). Keçi sütü, aynı zamanda kremalı ürünler üretimi için de kullanılır. Keçi kreması, özellikle tatlılar, soslar ve çorbalar gibi yemeklerde kullanıldığında zengin bir lezzet sunar. Keçi sütü, sabun yapımında da yaygın olarak kullanılır ve cildi nemlendirici özelliklere sahiptir (Haenlein, 2004).

Dondurma üretiminde keçi sütü kullanılabilir ve bu tür dondurmalar, inek sütünden yapılanlara göre daha hafif bir lezzet sunar. Keçi sütü içeren içecekler, besin değeri yüksek, sindirimi kolay ve sindirim sağlığını destekleyen özelliklere sahiptir (Chauhan ve Thakur, 2014). Son olarak, keçi sütü tozu ve sıvı takviyeleri de üretilmektedir. Keçi sütü tozu, uzun süre saklanabilir ve bebek mamalarında, takviye gıdalarda kullanılabilir. Ayrıca, keçi sütü bazlı takviyeler, bağışıklık sistemini desteklemek için tercih edilmektedir (Park ve Haenlein, 2006).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Keçi sütü, içerdiği yüksek kaliteli proteinler, kısa ve orta zincirli yağ asitleri, laktoz oranı ve özellikle demir, kalsiyum, fosfor gibi biyoyararlılığı yüksek mineral bileşenleri sayesinde hem insan sağlığı hem de süt ürünleri teknolojisi açısından önemli bir hayvansal kaynak olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, keçi sütü, inek sütüne kıyasla daha yüksek sindirilebilirlik ve

hipoalerjenik özellikler göstermesi nedeniyle çocuklar, yaşlılar ve sindirim sistemi hassasiyeti olan bireyler için alternatif bir besin kaynağı oluşturmaktadır (Park et al., 2007).

Keçi-benzeri aroma olarak tanımlanan tat-kokudan sorumlu yağ asitlerinden bir diğeri 4-etilositanoik asittir. Monometil dallanmaların olduğu C4 ve C6 yağ asitleri ise sadece keçi sütünde bulunurken, inek sütünde bu yağ asitlerine rastlanmamıştır. Keçi sütünde fazla sayıda minör dallanmış asitleri bulunmaktadır ve keçi sütündeki trans C18:1 yağ asidi miktarı, inek sütündekinden, belirgin bir şekilde daha düşük düzeydedir. Bu durumun, keçi sütünü koroner kalp hastalıkları riskleri açısından daha avantajlı hale getirdiği düşünülmektedir (Haenlein 2004, Önür 2015).

Brezilya'nın kuzey doğusunda üretilen Alpine ve Saanen keçi ırklarına ait sütlerin kazein kompozisyonunda αs1-kazein olmadığı bildirilmektedir. Bu ırklara ait sütlerin hipoalerjik protein kaynakları açısından potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir (Costa ve ark., 2014, Önür, 2015).

Mineral emilimi bakımından, keçi sütünün demir ve kalsiyum gibi minerallerin vücutta daha etkin emildiğini, bu özelliğiyle çocuklarda kemik sağlığı ve demir eksikliği anemisinin önlenmesinde avantaj sağlandığı belirtilmiştir (Chauhan ve Thakur, 2014).

Keçi sütünün özgün fizikokimyasal özellikleri, onu süt ürünleri üretimi açısından değerli ve fonksiyonel bir hammadde haline getirmektedir. Clark ve Sherbon (2000), keçi sütündeki yağ globüllerinin küçük çaplı olması ve sütün kolay pıhtılaşma kapasitesi sayesinde, özellikle yoğurt ve peynir gibi fermente süt ürünlerinin üretimi için son derece uygun bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Park ve Haenlein (2006), keçi sütünde doğal olarak yüksek oranda bulunan kısa zincirli yağ asitlerinin —kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0) ve kaprik (C10:0)— antimikrobiyal etkiler gösterdiğini ve bu yağ asitlerinin sindirimi kolaylaştırıcı özellikleri sayesinde laktoz intoleransı ya da süt proteinine duyarlılığı bulunan bireyler için uygun bir alternatif sunduğunu belirtmişlerdir.

Beslenme açısından değerlendirildiğinde, keçi sütünün inek sütüne kıyasla daha zengin esansiyel yağ asitleri ve vitamin içeriğine sahip olduğunu ve bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkileri olabileceğini belirtilmiştir. Keçi sütünün düşük α_{s1}-kazein içeriği sayesinde daha kolay sindirildiği ve kolesterol metabolizması üzerinde olumlu etkiler yarattığı belirtilmiştir (Haenlein, 2004).

Keçi ve koyun sütlerinin karşılaştırmalı analizinde, keçi sütünün kısa zincirli yağ asitleri, düşük alerjen proteinler ve mineral zenginliği bakımından insan sağlığına olumlu katkılar sağladığı vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Ribeiro ve ark. (2010) ile Goetsch ve ark. (2011), laktasyon süresi, mevsim, beslenme ve parite gibi faktörlerin keçi sütünün kalitesi ve teknolojik işlenebilirliği üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

Keçi sütünden üretilen başlıca ürünler arasında peynir, yoğurt, krema, dondurma ve içecekler yer alır. Keçi peyniri, keçi sütünün en yaygın kullanıldığı üründür. Keçi sütü, peynir üretimi için kullanıldığında, inek sütünden yapılan peynirlerden farklı olarak daha yumuşak ve aromatik bir tat profili sunar. Chèvre, feta ve roquefort gibi keçi peynirleri, bu sütle üretilen en bilinen peynir çeşitlerindendir (Fox ve McSweeney, 2004). Keçi sütü, aynı zamanda kremalı ürünler üretimi için de kullanılır. Keçi kreması, özellikle tatlılar, soslar ve çorbalar gibi

yemeklerde kullanıldığında zengin bir lezzet sunar. Keçi sütü, sabun yapımında da yaygın olarak kullanılır ve cildi nemlendirici özelliklere sahiptir (Haenlein, 2004).

Dondurma üretiminde keçi sütü kullanılabilir ve bu tür dondurmalar, inek sütünden yapılanlara göre daha hafif bir lezzet sunar. Keçi sütü içeren içecekler, besin değeri yüksek, sindirimi kolay ve sindirim sağlığını destekleyen özelliklere sahiptir (Chauhan ve Thakur, 2014). Son olarak, keçi sütü tozu ve sıvı takviyeleri de üretilmektedir. Keçi sütü tozu, uzun süre saklanabilir ve bebek mamalarında, takviye gıdalarda kullanılabilir. Ayrıca, keçi sütü bazlı takviyeler, bağışıklık sistemini desteklemek için tercih edilmektedir (Park ve Haenlein, 2006).

Türkoğlu ve arkadaşları (2003), Türkiye'de üretilen keçi sütlerinin kimyasal bileşimi bakımından uluslararası düzeyde rekabet edebilir nitelikte olduğunu belirtmiş; ancak üretimdeki mevsimsel dalgalanmaların süt sanayisi açısından önemli bir kısıt oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Güzeler ve ark. (2010), Saanen x Kilis melezlerinden 22 haftalık laktasyon süresi boyunca elde edilen sütlerin bileşiminin değişkenlik gösterdiğini ve bu değişkenliğin süt kalitesini etkilediğini ortaya koymuşlardır. Keçi sütlerinde ortalama olarak pH 6.86, titrasyon asitliği 6.71 SH, kurumadde %12.12, yağ %3.45, protein %3.81, laktoz %4.12, enerji değeri 261.5 kj/100g, ve özgül ağırlık için 1.031 g/cm3 olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada süt örneklerinin mineral madde içeriği; kalsiyum için 220.5 mg/100g, fosfor için 108.8 mg/100g, potasyum için 153.5 mg/100g, magnezyum için 20.1 mg/100g ve sodyum için 67.5 mg/100g olarak verilmiştir.

Kesenkeş ve ark. (2010) Saanen keçisi sütünün genel özellikleri konulu yaptıkları araştırma sonunda Saanen keçisi sütü örneklerinin kimyasal kompozisyon bakımından inek sütü kadar değerli olduğu ve ağırlıklı olarak gıda kodeksindeki değerlere uygun olduğu bildirilmiştir.

Daşkıran ve ark. (2022), Kilis keçilerinde laktasyon süt verimi ve süt kalite özellikleri (kuru madde, yağ, protein, laktoz ve kazein oranları) arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmada sırasıyla %12.175±0.125 kuru madde, %4.025±0.088 yağ, %3.346±0.054 protein, %4.068±0.027 laktoz ve %2.563±0.040 kazein oranları tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, laktasyon süresi ve süt veriminin süt bileşenleri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği Hayvancılık Şubesinden 2 Mayıs - 20 Eylül 2024 tarihleri arasındaki 21 haftalık laktasyon süresinde haftada bir gün temin edilen sabah sağımı Saanen ırkı keçi sütleri kullanılmıştır.

Keçi sütlerinin pH değeri pH metre kullanılarak ölçülmüştür. Kuru madde oranları gravimetrik, yağ oranları Gerber kullanılarak, protein içerikleri mikro Kjeldahl, kül miktarları gravimetrik, laktoz tayini Lane Eynon metodu kullanılarak belirlenmiştir. Özgül ağırlık

laktodansimetre ile ölçülmüştür. Sütün donma noktası kriyoskop cihazıyla yapılmıştır. Sütün iletkenliği iletken ölçer ile ölçülmüştür (AOAC 2016). Keçi sütünün besin değeri, yağ, protein ve laktoz oranlarından yararlanılarak hesaplanmış olup, her bir bileşenin sağladığı enerji miktarına göre kj cinsinden ifade edilmiştir. Besin değeri hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

Enerji (kcal/100g) = (%Yağ×9) + (%Protein×4) + (%Laktoz×4). Ardından elde edilen değerler 1 kcal = 4.184 kj çarpanı ile kj cinsine çevrilmiştir (Park ve Haenlein, 2006; Güzeler ve ark., 2010).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği Hayvancılık Şubesinden 2 Mayıs - 20 Eylül 2024 tarihleri arasındaki 21 haftalık laktasyon süresinde haftada bir gün temin edilen sabah sağımı Saanen ırkı keçi sütlerinin kurumadde, yağ, protein, laktoz, kül, besin değeri, pH, özgül ağırlık, donma noktası ve iletkenlik gibi özelliklerine bakılmıştır. Çizelge 2'de keçi sütlerinin fizikokimyasal özellikleri verilmiştir.

Saanen ırkı keçi sütlerinin pH değeri laktasyon süresince 6.65-6.92 arasında değerler göstermiştir. Güzeler ve ark.(2010) Saanen x Kilis keçilerinin laktasyon süresince pH değerinin 6.70-6.96 arasında ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Park ve ark., (2007), keçi sütü üzerinde yaptıkları araştırmada pH değerinin 6.5-6.8 aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Keçi sütünün yağsız kurumadde oranı laktasyon başında %9.2 iken, laktasyon sonunda %10.6'ya yükselmiştir. Keçi sütünün laktasyon süresince kurumadde oranı ortalama %9.74 ±0.38 olarak bulunmuştur. Güzeler ve ark.(2010) laktasyon dönemindeki Saanen x Kilis keçilerinin süt örnekleri üzerinde yaptıkları araştırmada kurumadde miktarının % 9.94-13.58 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. López ve ark. (2019) da keçi sütündeki kuru madde oranının laktasyon boyunca belirli değişiklikler gösterebileceğini, ancak genel anlamda bu oranın sabit kaldığını bildirmiştir.

Keçi sütünün yağ oranı laktasyon başında %3.1 iken, laktasyon süresince artış göstererek laktasyon sonunda %5.7 olarak bulunmuştur. Keçi sütünün laktasyon süresince yağ oranı ortalama %3.91±0.56 olarak bulunmuştur. López ve ark. (2019), laktasyonun sonlarına doğru yağ oranının arttığını belirtmektedir. González ve ark. (2020), süt yağ oranındaki artışın beslenme düzeni ve çevresel faktörlerle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Keçi sütünün protein oranı laktasyon başında %3.4 iken, laktasyon sonunda %3.8 olarak bulunmuştur. Keçi sütünün laktasyon süresince protein oranı ortalama %3.53±0.11 olarak bulunmuştur. Müller ve ark. (2016), keçi sütündeki protein oranının genellikle sabit olduğunu ve sadece beslenme değişikliklerinin bu oranı etkileyebileceğini belirtmektedir. Ayrıca, Bett ve ark. (2017), protein oranının genellikle %3-4 arasında değiştiğini belirtmiş ve bu oran çalışmamızdaki sonuçlarla uyumlu bulunmuştur. Protein oranındaki stabilite, süt kalitesi açısından olumlu bir göstergedir.

Çizelge 2. Keçi sütlerinin fizikokimyasal özellikleri

Haftalar	pH	Yağsız Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Laktoz (%)	Kül (%)	Besin Değeri (kj/100g)	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Donma Noktası (°C)	İletkenlik (mS/cm)
1	6.80	9.2	3.1	3.4	5.1	0.7	258.8	1.032	-0.593	5.2
2	6.90	9.7	3.3	3.5	5.3	0.7	271.4	1.033	-0624	5.2
3	6.73	9.5	4.5	3.5	5.2	0.7	315.8	1.032	-0.623	5.2
4	6.71	9.6	4.2	3.5	5.2	0.7	304.5	1.032	-0.625	4.3
5	6.65	10.0	4.6	3.6	5.5	0.8	325.5	1.033	-0.657	5.2
6	6.67	9.7	4.1	3.5	5.3	0.8	301.8	1.033	-0.636	4.3
7	6.73	9.2	3.9	3.4	5.1	0.7	289.6	1.031	-0.598	5.2
8	6.81	8.8	3.5	3.2	4.8	0.7	265.7	1.030	-0.565	5.2
9	6.78	9.6	3.6	3.5	5.3	0.7	282.2	1.033	-0.622	5.3
10	6.80	9.9	3.8	3.6	5.4	0.8	294.3	1.033	-0.644	5.2
11	6.74	10.0	3.6	3.6	5.5	0.8	288.3	1.034	-0.65	5.3
12	6.78	9.8	3.7	3.5	5.3	0.8	286.5	1.033	-0.635	5.3
13	6.84	9.8	3.5	3.6	5.4	0.8	282.3	1.034	-0.638	5.3
14	6.91	9.9	3.7	3.6	5.4	0.8	290.2	1.034	-0.643	4.3
15	6.90	9.8	4.4	3.6	5.4	0.8	316.0	1.033	-0.646	4.4
16	6.92	9.6	4.0	3.5	5.3	0.7	297.3	1.032	-0.625	5.3
17	6.65	9.9	3.8	3.6	5.4	0.8	294.3	1.034	-0.642	4.3
18	6.69	10.0	3.7	3.6	5.5	0.8	291.9	1.034	-0.625	4.3
19	6.69	9.8	3.7	3.6	5.4	0.8	290.2	1.033	-0.639	4.3
20	6.65	10.3	4.0	3.7	5.6	0.8	306.3	1.035	-0.674	4.3
21	6.80	10.6	5.7	3.8	5.8	0.8	375.8	1.034	-0.710	5.2
Ortalama	6.76	9.74	3.91	3.53	5.32	0.77	296.6	33.4	-0.631	4.97
Standart Sapma	0.09	0.38	0.56	0.11	0.19	0.05	23.71	1.21	0.033	0.43

Keçi sütünün laktoz oranı laktasyon başında %5.1 iken, laktasyon sonunda %5.8 olarak bulunmuştur. Keçi sütünün laktasyon süresince laktoz oranı ortalama %5.32±0.19 olarak bulunmuştur. González ve ark. (2020), keçi sütündeki laktoz oranının laktasyon dönemi boyunca çok fazla değişmediğini, ancak beslenme düzeninin ve sağlık durumunun bu oran üzerinde etkili olabileceğini ifade etmiştir.

Keçi sütünün kül oranı fazla bir değişim göstermemiş ve genellikle %0.7-%0.8 arasında kalmıştır. Koyun ve keçi sütünün kimyasal özellikleri konulu çalışmada keçi sütündeki kül miktarının %0.08 olduğu bildirilmektedir (Park ve ark., 2007, Önür , 2015).

Besin değeri, laktasyon dönemi boyunca değişim göstermiştir. Keçi sütünün besin değeri laktasyon başında 258.8 kJ/100g iken, laktasyon sonunda 375.8 kJ/100g'a kadar yükselmiştir. Bu besin artışı, laktasyonun ilerleyen haftalarında özellikle belirginleşmiştir. Güzeler ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, keçi sütünün enerji değerlerinin 150 kJ/100g ile 380 kJ/100g aralığında olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmada elde edilen veriler Güzeler ve ark. (2010) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile uyumludur.

Keçi sütünün laktasyon süresince özgül ağırlık değeri 1.030 g/cm^3 - 1.035 g/cm3 arasında değişiklik göstermiştir. Keçi sütünün laktasyon süresince özgül ağırlık oranı ortalama 1.033±1.21 olarak bulunmuştur. Karabulut ve ark. (2019) laktasyonun başında özgül ağırlığını daha düşük olduğunu, ortalarında stabil kaldığını ve sonlarına doğru hafif bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Park ve ark., (2007), keçi sütü üzerinde yaptıkları araştırmada özgül ağırlık değerinin1.029-1.039 aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Keçi sütünün laktasyon süresince donma noktası değeri -0.565^{o}C ve -0.710^{o}C arasında değişiklik göstermiştir. Keçi sütünün laktasyon süresince donma noktası ortalama -0.631±0.033 olarak bulunmuştur. Baş ve ark.(2024) farklı ırk keçi sütleri üzerinde yaptıkları araştırmada toplanan süt numunelerinin ortalama donma noktası değerini -0.545±0.003 olarak bildirmişlerdir. Park ve ark.,(2007) keçi sütünde donma noktası değerinin -0.540-0.573°C arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Keçi sütünün laktasyon süresince iletkenlik değeri 4.3 mS/cm – 5.2 mS/cm arasında değişiklik göstermiştir. Keçi sütünün laktasyon süresince donma noktası ortalama 4.97±0.43 olarak bulunmuştur. Albenzio ve ark. (2016), laktasyon boyunca keçi sütü iletkenliğinin 3.8 ile 4.5 ms/cm arasında değiştiğini ve laktasyonun sonlarına doğru hafif bir artış gösterebileceğini bildirmişlerdir.

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada 21 haftalık laktasyon süresince Saanen ırkı keçi sütü bileşenlerinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. İncelenen keçi sütlerinde ortalama pH 6.76±0.09, yağsız kurumadde %9.74 ±0.38, yağ %3.91±0.56 Protein %3.53±0.11, laktoz %5.32±0.19 ve kül %0.77±0.05 olarak bulunmuştur. Keçi sütlerinin enerji değeri ortalama 296.6±23.71 kj/100g bulunmuştur. Laktasyon süresi boyunca özgül ağırlık ortalama 1.033±1.21 g/cm^3 belirlenmiştir. Donma noktası ortalama -0.631± 0.033°C, iletkenlik ise 4.97±0.43ms/cm ölçülmüştür.

Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliğine göre incelenen keçi sütlerinin protein, yağsız kurumadde, özgül ağırlık açısından uygun olduğu ve yağ miktarının sadece 7 hafta uygun olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada, Saanen keçi ırkı sütünün laktasyon süresinin kalite özellikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

Albenzio, M., Caroprese, M., Milk Quality and Sensitivity to Intramammary Infections In Different Goat Breeds. Journal of Dairy Research, 83(2), 208-215, 2016.

Anonymous 2019. Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2019/12) Resmi Gazete, 27 Şubat 2019.

Anonymous, ESK (Et ve Süt Kurumu)., Süt Verimi Yılda Bin Litreyi Bulan Saanen Keçiler, Yetiştiricinin Gözdesi, 2020.

Anonymous, ESK (Et ve Süt Kurumu)., Türkiye'de Yetiştirilen Keçi Irkları Ve Süt Verimi, 2023.

AOAC, 2016. Official Methods of Analysis (20. Baskı). Association of the Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA., 2016.

Baş, S., Kaygısız, A., & Kahveci, H., Farklı Irk Keçilerden Laktasyonun Farklı Dönemlerinde Alınan Sütlerin Bazı Biyokimyasal Parametreler ve Somatik Hücre Sayısı Bakımından Karşılaştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, *27*(2), 489-499, 2024.

Bett, R., Kibet, S., Mutai, R., "Protein stability and milk quality in goats: A regional study." East African Agricultural Journal, 34(3), 120–126, 2017.

Chauhan, A., & Thakur, M., Nutritional Properties and Therapeutic Effects of Goat Milk. Journal of Dairy Science & Technology, 3(4), 55-63, 2014.

Clark, S., & Sherbon, J. W., Alphas1-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Research*, *38*(2), 123-134, 2000.

Costa WKA, Souza EL, Beltrao-Filho EM, Vasconcelos GKV, Santi-Gadelha T, Gadelha CAA, Franco OL, Queiroga RCRE, Magnani M,, Comparative Protein Composition Analysis Of Goat Milk Produced By The Alphine and Saanen Breeds İn Northeastern Brazil and Related Antibacterial Activities. Plos One, 9(3): 1-8, 2014.

Daşkıran, İ., Yilmaz, A., & Günbey, V. S., A Study On Lactation Milk Yield and Milk Qualtiy Characteristics of Kilis Goats in Farm Conditions, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, Vol. 19, No. 3, 678-687 ref. 64 ref, 2022.

Erdoğan, A., Süt ve Süt ürünlerinin Beslenmedeki Önemi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(1), 34-40, 2010.

FAO., Goat Milk Production Statistics. Retrieved From FAO Database, 2023.

Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. Dairy Chemistry and Biochemistry. Springer Science & Business Media, 2004.

Goetsch, A. L., Zeng, S. S., & Gipson, T. A., Factors affecting goat milk production and quality. Small Ruminant Research, 101(1-3), 55-63, 2011.

González, A., Pérez, M. ve López, J., Keçi laktasyon sürecinde laktoz seviyeleri ve beslenme düzeninin etkileri. Hayvansal Üretim Dergisi , 61(2), 123-130, 2020.

Güzeler, N., Say, D., & Kaçar, A., Compositional changes of Saanen× Kİİİs goats' milk during lactation, Gıda Dergisi, 35 (5): 325-330, 2010.

Haenlein, G. F. W., Goat Milk in Human Nutrition. Small Ruminant Research, 51(2), 155–163, 2004.

Karabulut, H., et al. Lactational Changes in Milk Composition of Saanen Goats. Small Ruminant Research, 87(1), 56-62, 2019.

Kaya, R., *Beslenme bilimleri*. İzmir: DEF Yayınları, . 2015.

Kesenkaş, H., Dinkçi, N., Kınık, Ö., Gönç, S., & Ender, G., Saanen Keçisi Sütünün Genel Özellikleri. Akademik Gıda, 8(2), 45-49, 2010.

López, C., Rodríguez, F., Gómez, L., Seasonal Variation in Goat Milk Composition: Influence of Lactation Stage and Diet. Small Ruminant Research, 125, 45–52, 2019.

Müller, J., Schmidt, H., Bauer, E., Meta-Analysis of Goat Milk Composition During Lactation Periods, Animal Nutrition Journal, 12(2), 75–89, 2016.

Önür, Z. Y., Keçi Ve Koyun Sütlerinin Kimyasal Bileşimleri, Gıda, 40(6), 363-371, 2015.

Park, Y. W., Haenlein, G. F. W., *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing, 2006.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. Physico-Chemical Characteristics of Goat And Sheep Milk. Small Ruminant Research, 68(1–2), 88–113, (2007).

Ribeiro, A. C., ve Ribeiro, S. D. A., Specialty Products Made From Goat Milk. Small Ruminant Research, 89(2-3), 225-233, 2010.

TÜİK. , *Çiğ Süt Üretim İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, 2023. https://www.tuik.gov.tr

Türkoğlu, H., Sarıca, M. Türkiye'de keçi sütü ve ürünleri üretimi. Türk Gıda Dergisi, 28(3), 234-240, 2003.

Yakan, A., Koyun ve Keçilerde Süt Verim Kontrol Yöntemleri ve Laktasyon Süt Veriminin Hesaplanması, AVKAE Derg., 2,18-23, 2012.

Yılmaz, S., *Süt ve Süt Ürünlerinin Besin Değeri*. Eskişehir: JKL Yayınları, 2020.

TRABZON'DA COĞRAFİ İŞARET TESCİLİNE ADAY BİR ÜRÜN "MISIR UNU HELVALI BAKLAVA"

Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
mehmetakifsenn@gmail.com – 0000-0002-2987-8074

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi,
bakkalogluzeynep@gmail.com – 0000-0002-8250-8478

ÖZET

Coğrafi işaret ile tescil, bir yöredeki mutfak kültürünün gelecek nesillere bozulmadan aktarılması ve yöre halkının gastronomi turizminden ekonomik pay alması bakımından önem arz etmektedir. Trabzon, Türkiye'de mutfak kültürü bakımından önemli bir çeşitliliğe sahip olan fakat bunu fazla tanıtamamış olan illerden bir tanesidir. Günümüzde gastronomi alanında coğrafi işaret ile tescillenmiş 10 adet ürünü bulunan Trabzon'un tescil başvuru sürecinde de olan 3 adet ürünü bulunmaktadır. Coğrafi işaret tescili alınmamış yerel gastronomik unsurlardan bir tanesi de mısır unu helvalı baklavadır. Türkiye'de 13 adet tescilli baklava çeşidi bulunmaktadır. Çalışmamızda uzun yıllardır Trabzon'un Dernekpazarı ilçesi ve çevre ilçelerinde sıklıkla yapılan mısır unu helvalı baklavanın coğrafi işaret alma durumu incelenmiştir. Bu amaçla 2025 yılı Mayıs ayında Trabzon'un Dernekpazarı, Of, Çaykara, Köprübaşı ve Hayrat ilçelerinde 12 kişinin katılımıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırma yöntemlerinden derinlemesine mülakat tekniği kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada katılımcılardan ürünün tarifi, kimlerden öğrendikleri, hangi amaçla yapıldığı gibi bilgiler öğrenilmiştir. Mısır ununun helva yapılması, ardından yufkaların arasına yerleştirilerek pişirilmesi ve sonrasında ise şerbetlenmesi ile elde edilen bu baklava, özellikle dini bayram, düğün, kız isteme, gerilik gibi geçiş dönemlerinde üretilmektedir. Bazı ilçelerde "damat baklavası" adı da verilen mısır unu helvalı baklavanın coğrafi işaret ile tescillenmesi, bu ürünün tanıtılmasına, şehirde gastronomi turizmi için alternatif oluşturulmasına ve halkın ekonomik anlamda katkı sağlamasına faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mısır unu helvalı baklava, coğrafi işaret, Trabzon

A CANDIDATE PRODUCT FOR GEOGRAPHICAL INDICATION REGISTRATION IN TRABZON 'BAKLAVA WITH CORN FLOUR HALVA'

ABSTRACT

Registration with a geographical indication is important in terms of transferring the culinary culture of a region to future generations intact and the local people getting an economic share from gastronomy tourism. Trabzon is one of the provinces in Turkey which has an important diversity in terms of culinary culture but has not been able to promote it much. Today, Trabzon, which has 10 products registered with geographical indication in the field of gastronomy, has 3 products in the registration application process. One of the local gastronomic elements that has not been registered with geographical indication is baklava with cornflour halva. There are 13 registered baklava varieties in Turkey. In our study, the geographical indication status of baklava with corn flour halva, which has been frequently made in Dernekpazarı district and surrounding districts of Trabzon for many years, was examined. For this purpose, a study was carried out with the participation of 12 people in Dernekpazarı, Of, Çaykara, Köprübaşı and Hayrat districts of Trabzon in May 2025. In the study, which was carried out using in-depth interview technique, one of the qualitative research methods, information such as the description of the product, from whom they learnt it, and for what purpose it was made was learned from the participants. This baklava, which is obtained by making halva from corn flour, then placing it between phyllo pastry, baking it and then syruping it, is produced especially during transitional periods such as religious holidays, weddings, and other special days. It is thought that the registration of baklava with corn flour halva, which is also called 'groom's baklava' in some districts, with a geographical indication will be beneficial for the promotion of this product, creating an alternative for gastronomy tourism in the city and contributing economically to the people.

Keywords: Corn flour halva baklava, Geographical indication, Trabzon

1. GİRİŞ

Coğrafi işaretler, belirli bir bölgeyle özdeşleşmiş ürünlerin kalitesini, ününü ve üretim yöntemlerini korumaya yönelik önemli araçlardır. Karadeniz Bölgesi, bu bağlamda zengin mutfak kültürü ve yerel ürünleriyle dikkat çekmektedir. Günümüzde gastronomi alanında coğrafi işaret ile tescillenmiş 10 adet ürünü bulunan Trabzon'un tescil başvuru sürecinde olan 3 adet daha ürünü bulunmaktadır [1].

Coğrafi işaret almış bu ürünlerin arasında ise Trabzon mutfağına ait tatlılardan sadece Hamsiköy sültacı yer almaktadır. Ancak Trabzon mutfağının tatlılarına bakıldığında helvalar, lokmalar, muhallebiler, kabak tatlısı, kadayıf tatlısı, yufka tatlısı ve daha yöreye özgü birçok tatlı bulunmaktadır. Yörede yapılan şerbetli tatlılardan baklava, özellikle bayram, hacı görmesi, kız isteme gibi özel günlerde yapılmaktadır. İçerik olarak klasikleşmiş fıstıklı ve cevizli baklavaların aksine Trabzon'da baklava, yörede yetişen fındıklardan yapılmaktadır. Yine fındıklı baklavanın yanı sıra burmalı ve mısır unu helvalı baklavada en sık yapılan tatlılardır [2].

Kendine özgü bir baklava kültürü olan Trabzon'da yerel halk tarafından uzun yıllardır yapılan "Mısır Unu Helvalı Baklava" sadece bu yörede yapılması açısından dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, Trabzon yöresine özgü olan bu tatlının coğrafi işaret potansiyeli incelenecektir. Yöresel mutfak kültürünün korunması, yerel ekonomiye katkı sağlanması ve gastronomi turizminin desteklenmesi amacıyla bu ürünün özgün yapısı, tarihçesi ve üretim yöntemi detaylı şekilde analiz edilerek, coğrafi işaret tesciline aday olabilecek niteliklerini ortaya koymak amaçlanmaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışmamızda uzun yıllardır Trabzon'un Dernekpazarı, Köprübaşı ilçeleri ve çevre ilçelerinde sıklıkla yapılan mısır unu helvalı baklavanın coğrafi işaret alma durumu incelenmiştir. Bu amaçla 2025 yılı Mayıs ayında Trabzon'un Dernekpazarı, Of, Çaykara, Köprübaşı ve Hayrat ilçelerinde 12 kişinin katılımıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırma yöntemlerinden derinlemesine mülakat tekniği kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada katılımcılardan ürünün tarifi, kimlerden öğrendikleri, hangi amaçla yapıldığı gibi bilgiler öğrenilmiştir [3].

3. BULGULAR

Çalışmaya ait katılımcı demografik bulguları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeye göre katılımcıların 41-94 yaş aralığında olduğu ve Trabzon'un farklı ilçelerinden katıldıkları belirlenmiştir. Ayrıca katılımcıların %25'inin erkek (3 kişi), %75'ininde kadın (9 kişi) olduğu görülmektedir. Katılımcılara mısır unu helvalı baklavaya ilişkin sorular ise derinlemesine mülakat tekniği kullanılarak sorulmuş, elde edilen veriler betimsel analiz tekniğine tabi tutulmuştur. Bu inceleme sonucu elde edilen bilgiler derlenerek Trabzon'da baklava kültürü ve mısır unu helvalı baklavanın tarihi ve yapılışı gibi ayrı başlıklarda sunulmuştur.

Çizelge 1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

Katılımcı kodu	Cinsiyet	Yaş	Memleket
K1	Erkek	47	Çaykara
K2	Kadın	41	Of
K3	Kadın	72	Of
K4	Erkek	65	Köprübaşı
K5	Erkek	66	Köprübaşı
K6	Kadın	78	Çaykara
K7	Kadın	90	Of
K8	Kadın	91	Dernekpazarı
K9	Kadın	88	Dernekpazarı
K10	Kadın	55	Dernekpazarı
K11	Kadın	53	Hayrat
K12	Kadın	94	Hayrat

4. TRABZON MUTFAĞINDA BAKLAVA KÜLTÜRÜ

Trabzon'da baklava kültürü yalnızca mutfağın değil sosyal hayatında bir parçasıdır. Kız isteme, gelin alma, düğün ve hac ziyareti gibi önemli günlerde yapılan bir tatlı olarak mutfak kültüründe önemli bir yer tutmaktadır. Bunun en güzel örneklerinden bir tanesi Hayrat'ta yaşanmaktadır. Düğün gününden itibaren yeni evli çiftin evine gelin ve damadın yakın akrabaları, bir tepsi fındıklı baklavayla giderek çifti evlerine yatılı yemeğe çağırmaktadırlar. Düğünden sonraki ilk bir ay boyunca devam eden bu gelenekte en önemli nokta davetin, mutlaka baklavayla yapılmasıdır (K2, K3, K7). Yediye çağırma geleneği de benzer bir ritüeldir. Of ilçesinde rastlanan yediye çağırma geleneğinde ise yine baklava başroldedir. Düğünden itibaren yedinci günde gerçekleştirilen bu gelenekte kızın annesi tarafından yapılan baklava, yediye davet için yeni çiftin evindeki damada yollanır. Baklavayı alan damat davet edildiğini anlar ve eşiyle birlikte eşinin anne ve babasının evine yemeğe giderler. Buradaki bir diğer adet ise yemeğe gidilen kayınvalidenin evine dışardan alınan veya gelin evinden alınan kumanyalardan hediye götürülmesidir (K6, K7, K8, K9).

Köprübaşı ilçesinde damadı yediye davet etme geleneği bulunmaktadır. Hatta "mısır unu helvalı baklavaya" Köprübaşı'nda "damat baklavası" adı da verilmektedir. Düğün sonrası 5. gün gelinin annesi mısır unu helvasını iç olarak kullanarak bir baklava yapar. Bu baklavayı götürenlerin önünün kesilerek ellerinden alınmaması adına güçlü kuvvetli 2-3 erkekle veya dokunulmazlığı olduğu için 2-3 kadınla birlikte yeni çiftin evine yollanır. Baklava köylülere kaptırıldığı takdirde tekrardan yapılmak zorundadır. Baklavayı alan damat götürenlere bahşiş verir ve eşini alarak 7. gün kayınvalidesine yemeğe gider. Yedi için gidilen evdeki sofrada da bir tepsi baklava bulunmaktadır. Bu aşamada bıçak kesmiyor taktiği uygulanır. Bıçakla kesilmeye çalışılan baklavayı kesememe numarası yaparak damattan bahşiş istenir. Bahşiş, yeterli bulununcaya kadar süren bu adet sonunda baklava porsiyonlanıp servis edilir (K7, K8, K9, K10).

Bayramlarda ise arife günü bir araya gelen mahallenin genç kızları, büyüklerinin nezaretinde baklava yapmaktadır. Kurban Bayramı'nda ise et ikram edildiği için Ramazan Bayramı'na göre daha az baklava üretilir ve tüketilir. Yine düğünlerde ve bayramlarda baklava yapılması ve çeşitli ikramlarda bulunulması ekonomik durumları iyi olmayanlara yardımcı olmak amacını da taşımaktadır (K3, K10, K11, K12).

Hacı ziyaretlerinde de ikram edilen yemek menüsünün tatlısı olarak fındıklı baklava tercih edilmektedir (K4, K5). Fakat günümüzde, özellikle şehirleşme ile birlikte sosyal hayat etkilenmiştir. Bu tarz özel günlerde artık yerelde dahi bireyler baklava açmak yerine hazır yufkadan baklava yapma, pastanelerden hazır baklava alma veya daha kolay olabilecek revani ve şekerpare gibi tatlıları yapma eğilimine girmiştir.

5. MISIR UNU HELVALI BAKLAVA

Mısır unu helvalı baklava adından da anlaşılabileceği gibi mısır ununda yapılan helvanın baklava içerisindeki fıstık yerine kullanılması ile elde edilen bir baklava çeşididir. Mısır unu helvalı baklavayı benzer tatlılardan ayıran en önemli özellik, buğday unu yerine mısır unu kullanılarak yapılan helvanın, tatlıya kendine has bir aroma ve kıvam katmasıdır. Tatlının kökeni tam olarak bilinmemekle birlikte, nesilden nesile aktarılan ev tarifleri ile günümüze kadar gelmiştir. Özellikle Sürmene, Of ve Araklı gibi ilçelerde yapılan bu tatlı, geleneksel

düğün yemeklerinin ve bayram sofralarının vazgeçilmezidir (K1, K7, K10). Bu geleneksel tatlının yapılışına bakıldığında hamuru için buğday unu,1 bardak süt (tercihe göre suda kullanılabilir) ve tuz yoğurularak kulak memesi kıvamına getirilir. Ardından, ceviz büyüklüğünde bezeler yapılarak üzeri nemli bezle kapatılır ve dinlenmeye bırakılır. İç harcı içinse bir tavaya mısır unu alınarak kavrulmaya başlanır. Mısır ununun renginin kahverengileşmeye başlaması ile sıcak halde iken başka bir tencereye alınarak içerisine tereyağı ilave edilir. Tereyağı ile birlikte tekrar kavrulan karışıma şeker (1 bardak) ve süt (1 bardak) ilave edilerek iyice karıştırılır. Bu sayede baklavanın iç harcı olan helva hazır hâle getirilmiş olur. Bu esnada daha önce dinlendirilmeye bırakılan hamur bezeleri açılarak yufka hâline getirilir. Her yufkanın arasına yaklaşık yarım parmak kalınlığında helva serilerek işlem tamamlanır. Fırına verilmeden önce de dilimlenerek son yufka üzerine eritilmiş tereyağı gezdirilir. Fırından çıkartıldıktan sonra soğutulan baklavaya tercihe göre süt ve su kullanılarak yapılan sıcak şerbet verilir (K1, K2).

Dünden bugüne mısır unu helvalı baklavada değişen nokta ise geçmiş yıllarda buğdayın yerel halk tarafından yetiştirilmesi nedeni ile elde edilen unun kepeğinin ayrılmamış olmasıdır. Bu nedenle beyaz buğday unu kullanılarak üretilen bu tatlı geçmişte esmer undan yapılmıştır [2].



Görsel 1. Mısır Unu Helvalı Baklava, 2025 [Görseller yazar arşivindendir.].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trabzon mutfağı, zengin bir gastronomik mirasa sahip olup, geleneksel mutfak kültürü ile Türkiye'nin önemli yöresel mutfaklarından biridir. Bu çalışma kapsamında incelenen "Mısır Unu Helvalı Baklava", sadece lezzetiyle değil, aynı zamanda üretim süreci, malzeme özgünlüğü ve kültürel bağlamı ile de dikkat çekmektedir. Geleneksel düğün adetlerinden bayramlara, hacı ziyaretlerinden misafir ağırlama geleneklerine kadar geniş bir sosyo-kültürel kullanım alanına sahip olan bu tatlı, Trabzon'un özellikle Çaykara, Köprübaşı, Of, Hayrat ve Dernekpazarı ilçelerinde yaşayan halkın kimliğini yansıtmaktadır.

Ürünün hazırlanışında kullanılan mısır unu helvası, tatlının karakteristik özelliğini oluşturmakta ve bu haliyle diğer baklava türlerinden kolaylıkla ayrılabilmektedir. Özellikle Köprübaşı ilçesinde "damat baklavası" olarak anılması, ürünün yöresel adlarla da özdeşleştiğini göstermektedir. Ayrıca üretiminde kullanılan yerel malzemeler (mısır unu, tereyağı, ev yapımı yufka) ürünün coğrafi işaret tescili açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle mısır unu helvalı baklavanın tarifinin, üretim yöntemi ve geleneksel kullanım alanlarının

belgelenerek Türk Patent ve Marka Kurumu'na coğrafi işaret başvurusu yapılması gerekmektedir. Ayrıca coğrafi işaret tescili ile beraber ürünün geçmişi, kullanımı ve yapımıyla ilgili yöre halkının anlatıları daha kapsamlı biçimde kayıt altına alınmalı; yazılı hale getirilerek kültürel miras korunmalıdır.

Ürünün ticarileştirilmesi noktasında coğrafi işaret alımı sonrası Trabzon'a gelen yerli ve yabancı turistlerin yöresel tatlılarla tanışması amacıyla restoranlar, pastaneler ve oteller bu ürünü menülerine almalıdır. Bunun yanında ürün kalitesinin korunması amacıyla yöredeki işletmelere ürünün pazarlanması, hijyen ve gıda güvenliği konularında eğitimler verilmelidir. Sonuç olarak, Mısır Unu Helvalı Baklava; Trabzon'un kültürel, gastronomik ve ekonomik potansiyelini yansıtan önemli bir değer olarak görülmeli ve bu değerin gelecek kuşaklara aktarılması için gerekli kurumsal adımlar atılmalıdır.

KAYNAKÇA

[1] Coğrafi İşaretler Portalı (2025). Trabzon, https://ci.turkpatent.gov.tr/ Erişim tarihi: 18.06.2025

[2] Şen, M. A. (2024). Gelenekten Geleceğe Trabzon Mutfağı. Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları. Trabzon.

[3] Karataş, Z. (2015). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi, 1(1), s. 62-80.

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TRABZON MUTFAK KÜLTÜRÜNDE REÇELİN YERİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAKKALOĞLU
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi,
bakkalogluzeynep@gmail.com – 0000-0002-8250-8478

Doç. Dr. Mehmet Akif ŞEN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
mehmetakifsenn@gmail.com – 0000-0002-2987-8074

ÖZET

Trabzon, zengin mutfak kültürü ile Karadeniz'in önemli gastronomi merkezlerinden biridir. Karadeniz'in kendine özgü doğası ve iklimi, Trabzon'un mutfak kültürünü şekillendiren temel unsurların başında gelir. Yörede yetişen meyveler ve bu meyvelerden yapılan birçok ürün bu zenginliğe katkı sağlamaktadır. Meyvelerin ham olarak tüketilmesi ile birlikte meyvelerin işlenmesi ile elde edilen reçel, marmelat, pekmez gibi ürünler aslında bu çeşitliliğin her mevsim ulaşılabilmesine olanak sağlamaktadır. Yani reçel üretimi aslında gastronomik bir unsur olmanın yanında ürünlerin dönüştürülmesiyle oluşan geleneksel bir muhafaza biçimidir. Özellikle reçeller, sadece kahvaltılık bir tatlı değil; mevsimsel üretimin, geleneksel saklama yöntemlerinin ve aile içi üretim alışkanlıklarının da bir sembolüdür. Trabzon'un zengin biyolojik çeşitliliği, reçel yapımında kullanılan meyvelerin de çeşitlenmesini sağlamıştır. Bu nedenle Trabzon'da alışıla gelmiş çilek, incir, ayva, kızılcık, kuşburnu gibi reçellerin dışında yabani meyvelerden yapılan ligarba (yaban mersini), hanifta (dağ çileği, yabani çilek), fuska (yabani böğürtlen) ve ayyemiş gibi meyvelerden de reçeller yapılmaktadır. Bu çalışmada da, Trabzon'da reçel kültürünün tarihsel gelişimi, kullanılan hammaddeler, yapım teknikleri ve günümüzdeki yeri incelenecektir. Bu sayede geçmişte sadece evlerde üretilen reçellerin bilinilirliğinin arttırılarak günümüzde yerel turizm, gastronomi festivalleri ve butik üreticiler aracılığıyla geniş kitlelere ulaşmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gastronomi turizmi, gıda muhafaza, yöresel reçeller.

JAMS IN TRABZON CULINARY CULTURE FROM PAST TO PRESENT

ABSTRACT

Trabzon is one of the important gastronomic centres of the Black Sea with its rich culinary culture. The unique nature and climate of the Black Sea is one of the main factors shaping Trabzon's culinary culture. Fruits grown in the region and many products made from these fruits contribute to this richness. In addition to the raw consumption of fruits, products such as jam, marmalade, molasses obtained by processing fruits actually allow this diversity to be accessible in all seasons. In other words, jam production is actually a traditional form of preservation formed by the transformation of products as well as being a gastronomic element. Especially jams are not only a dessert for breakfast; they are also a symbol of seasonal production, traditional storage methods and family production habits. Trabzon's rich biological diversity has led to the diversification of the fruits used in jam making. For this reason, jams are made from fruits such as ligarba (blueberry), hanifta (mountain strawberry, wild strawberry), fuska (wild blackberry) and ayyemiş, which are made from wild fruits, in addition to the usual jams such as strawberry, fig, quince, cranberry and rosehip in Trabzon. In this study, the historical development of jam culture in Trabzon, the raw materials used, production techniques and its current place will be analysed. In this way, it is thought that by increasing the awareness of jams, which were produced only in homes in the past, it will contribute to reaching large masses through local tourism, gastronomy festivals and boutique producers.

Keywords: Gastronomy tourism, food preservation, local jams.

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki farklı mutfak kültürlerinin oluşmasında savaşlar, göçler, ticari faaliyetler, din, coğrafya ve iklim gibi birçok etken rol oynamaktadır [1]. Ülkemiz coğrafyası içerisinde yer alan Karadeniz bölgesi de mutfak kültürü açısından kendine özgü unsurları barındırmaktadır. Özellikle geçmişten günümüze Karadeniz'in en önemli ticaret noktalarından biri olan Trabzon ili bu noktada dikkat çekmektedir.

Trabzon ili, tarih boyunca farklı uygarlıklara ev sahipliği yapmış olması ve bölgenin bitki örtüsünün kendine has olması nedeni ile mutfak kültürü açısından oldukça zengindir. Kendine has özellikleri taşıyarak Türk mutfak kültürünün zenginleşmesine katkı sağlayan ilimiz, sahip klimatolojik özelliklerle alışkın olduğumuz Anadolu coğrafyasından farklı ürünlerin yetişmesine olanak sağlamaktadır. Ilıman, yağışlı ve nemli bir iklime sahip olan yörede çay, mısır ve turunçgiller en sık rastladığımız tarımsal ürünlerdir [2]. Ancak yetiştirilen tarım ürünlerinin uzun süreli muhafazasının sağlanmasında yörenin nemli havası ürünlerin raf ömrünü kısaltmaktadır. Bu nedenle ürünlerin kısa zamanda işlenmesi veya gıda muhafaza tekniklerinin kullanılarak raf ömrünün arttırılması sağlanmaktadır.

Gıda muhafaza tekniklerinden biri olan şekerle muhafaza tekniği yörede geleneksel olarak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle meyvelerin muhafazasında kullanılan bu yöntemle dört mevsim boyunca sevilen meyvelerin lezzetini koruması sağlanmaktadır [3].

Bu çalışma da ise Trabzon iline ait geleneksel ve günümüzde tarımsal faaliyetlerin gelişmesi ile ortaya çıkan reçellerin tarihsel gelişimi, kullanılan hammaddeler, yapım teknikleri ve günümüzdeki yeri incelenecektir. Bu sayede geçmişte sadece evlerde üretilen reçellerin bilinilirliğinin arttırılarak günümüzde yerel turizm, gastronomi festivalleri ve butik üreticiler aracılığıyla geniş kitlelere ulaşmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma da bilimsel araştırma yöntemlerinden, nitel araştırma yöntemleri tercih edilmiştir. Trabzon mutfak kültüründeki reçellerin geçmişten günümüze tarihsel gelişimini, kullanılan hammaddeleri, yapım tekniklerinin incelendiği bu çalışma, ikincil veri toplama tekniklerinden alanyazın taraması ile hazırlanmış derleme bir çalışmadır. Çalışmada elde edilen veriler Trabzon mutfak kültürü, geleneksel reçel üretimleri gibi hususlarda yapılmış çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda hazırlanmıştır [4].

3. REÇEL

Meyvelerin çekirdekli-çekirdeksiz, kabuklu-kabuksuz, bütün, dilimlenmiş veya parçalanmış olarak şekerle dayanıklı hale getirilmesi ile oluşan ürüne reçel denilmektedir [5]. Reçel üretimi evlerde yöresel olarak değişik meyvelerden yapılmaktayken, artık günümüz teknolojisi ile beraber uzun yıllardır endüstriyel olarak fabrikalarda üretilerek ticari bir önem kazanmıştır. Reçel üretim yöntemi her meyveye göre değişiklik göstermektedir. Bunun nedeni meyvenin şeker içeriği, boyutu, kuru madde içeriği gibi etkenlerdir.

Türk mutfak kültüründe kahvaltı sofralarında ve genellikle kış mevsiminde yoğun olarak tüketilmekte olan reçeller çok farklı meyvelerden üretilebilmektedir [2]. En sık tüketilenler; çilek, incir, şeftali, ayva, vişne, portakal ve cevizden yapılanlardır. Yaz mevsiminde taze olarak toplanan bu meyveler kış hazırlıkları kapsamında birçok yörede reçele işlenmektedir. Son dönemlerde gastronomi trendlerinde ürün çeşitliliğinin genişlemesi ile hem üreticiler hem tüketiciler farklı meyvelerden yapılan reçelleri heyecanla karşılamaktadır. Bu nedenle aslında yeni olmayan ve kültürümüzde yer alan zenginlikler yeniden keşfedilmektedir. Özellikle ürün çeşitlerinin artması gençlerin ilgisini çekmektedir. Gençlerin bu ilgisi sektörde, hiç denenmemiş veya unutulmuş eski reçel çeşitlerinin yeniden piyasaya sürülmesinin gerçekleşeceğini düşündürmektedir [5].

4. TRABZON MUTFAK KÜLTÜRÜNDE REÇELLER

Trabzon geçmişten günümüze birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olmasına rağmen halk kültüründe geçmiş dönemlere ait reçel yapımı ile ilgili verilere rastlanmamıştır. Evlerde reçel yapımı ile ilgili ilk bulgular ise 1940'lı yıllara denk gelmektedir. Ekonomik durumu iyi olan hanelerde yapılmaya başlanan reçel üretimi 1960'lı yıllardan sonra köylere kadar inmiştir [6].

Günümüzde ise Trabzon'da sabah kahvaltılarında yine yörede üretilen tereyağ ve kaymak ile birlikte sıklıkla tüketilmektedir. Gün geçtikçe yöreye özgü bu reçellerin kıymetinin artması ile birlikte ildeki kadın kooperatifleri ve yol kenarlarındaki işletmelerde bu reçellere rastlamak mümkündür.

Yörede bahçede yetiştirilen ve dağlarda yabani olarak yetişen meyvelerin toplanması ile yörenin mutfak kültüründe farklı lezzete sahip reçellerin yapılması sağlanmıştır. Yörede reçel yapılan meyvelere bakıldığında birçok bahçede yetişebilen elma, kara patlıcan inciri, çilek, kara erik, kızılcık ve ekmek ayvası gibi meyvelerden reçel yapıldığı bilinmektedir. Bu meyvelerin dışında ligarba (yaban mersini), hanifta (yabani çilek, fuska (yabani böğürtlen), ayyemiş gibi yabani meyvelerle yapılan reçeller de mevcuttur [6].

Bu meyvelerle yapılan reçellerden en dikkat çekeni de kara patlıcan inciridir. Evliya Çelebi'nin seyahatnamesine konu olmuş olan bu incir reçel yapılmadan önce Eylül ayının başlarında taze meyve olarak tüketilmektedir. Ardından olgunlaşan bu incirler Eylül ayının sonlarına doğru reçele işlenmeye başlamaktadır [7].

Geleneksel reçel yapımına baktığımızda ise genel tekniğe uygun biçimde gerçekleştirilen bir proses mevcuttur. Toplandıktan sonra ezik, çürük ve yabancı maddelerden ayrıştırıldıktan sonra yıkanarak elde edilen meyveler üzerlerine toz şeker serpilerek 12 saat kadar bekletilir. Bu işleme şekere yatırma denilmektedir. Ardından şekere yatırılan meyvelerin üzerine bir miktar su eklenerek pişirilmeye başlanır. Kısık ateşte gerçekleştirilen bu pişirme işlemi meyvelerin parçalanmasının önlenmesi açısından da önemlidir. Ardından kaynama işlemi başlayan reçel karışımının üzerinde köpük oluşumu görülür. Odun kaşığı yardımı ile köpükler karışımdan uzaklaştırılır. Ardından reçelin içerisine birkaç damla limon suyu sıkılarak ilerideki muhafaza aşamasında şekerin kristalleşmesi engellenir. Bu arada pişen reçelin kıvamı içinse geleneksel bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde reçelin sıvı kısmından bir miktar alınarak porselen bir tabak içerisine bırakılır. Reçel sıvısının ortam sıcaklığına gelmesinin ardından kaşığın ters tarafı ile reçelden tabağın diğer ucuna doğru bir yol açılır. Bu yolun kapanma hızı reçelin kıvamını göstermektedir. İstenilen kıvamın oluşması ile birlikte reçel ocaktan alınarak soğumaya bırakılır. Ardından temiz kavanozlara dolum yapılan reçeller oda sıcaklığında temiz ve kuru yerlerde muhafaza edilirler. Yörede herhangi bir ziraii ilaç veya destek kullanılmadan üretilen meyvelerden elde edilen bu ürünlerde aromalar oldukça yoğun hissedilmektedir [6].

Son dönemde ise Trabzon hurması reçeli, gül reçeli, torasan incir reçeli, kokulu üzüm reçeli ve komar çiçeği (orman gülü) reçeli gibi reçellerde yörede popülaritesini arttırmış ve ticari olarak ulaşılabilir hale gelmiştir [8,9]. Bunlara ek olarak hafif buruk bir tadı da bulunan karayemişten reçel yapanlar da bulunmaktadır. Trabzon hurması reçeli, özellikle kadın derneklerinin çabası ile üretilerek hem kadınlara ekonomik destek sağlıyor hem de yörenin gastronomik açıdan zenginliğini ortaya çıkarıyor.



Görsel 1. Trabzon'da erik reçeli üretimi, 2025[Görseller yazar arşivindendir.].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Trabzon mutfak kültüründe önemli bir yer tutan reçel üretiminin tarihsel gelişimini, kullanılan hammaddeleri ve üretim tekniklerini ele alarak, yöresel gastronominin korunmasına ve tanıtılmasına katkı sunmayı amaçlamıştır. Karadeniz'in kendine özgü iklimi ve bitki örtüsü sayesinde hem kültüre özgü hem de doğal ürünlerin kullanımıyla zengin bir reçel çeşitliliği ortaya çıkmıştır. Özellikle ligarbadan karayemişe, kara patlıcan incirinden torasan incirine kadar çok sayıda meyve türüyle yapılan reçeller, yöre halkının doğayla olan bağını ve geleneksel bilgi birikimini yansıtmaktadır.

Geleneksel reçel yapım yöntemleriyle üretilen bu reçeller, sadece gastronomik bir zenginlik sunmakla kalmamakta, aynı zamanda kültürel mirasın korunmasına da katkı sağlamaktadır. Son yıllarda kadın kooperatifleri, yerel üreticiler ve gastronomi festivalleri aracılığıyla bu ürünlerin görünürlüğü artmış, hem yerel halkın ekonomik kazanımı desteklenmiş hem de Trabzon mutfağının ulusal düzeyde tanıtımı sağlanmıştır. Ancak var olan bu potansiyelin daha iyi noktalara getirilebilmesi için yerel reçel üretiminin desteklenmesi amacıyla kadın kooperatifleri, butik üreticiler ve kırsal kalkınma projeleri teşvik edilmelidir. Bu sayede hem kadın istihdamı artırılabilir hem de yerel ekonomiye katkı sağlanabilir.

Bu kültürün korunması amacı ile geleneksel reçel yapım teknikleri belgelenmeli ve korunmalıdır. Bu nedenle özellikle bölgede yetişen meyvelerden elde dilen reçeller için coğrafi işaret tescili alınmalıdır. Ayrıca bu bilgiler yerel gastronomi müzelerinde, arşivlerde veya dijital platformlarda erişime açılarak gelecek kuşaklara aktarılmalıdır.

Bununla birlikte gastronomi festivalleri, tanıtım günleri ve eğitim atölyeleri düzenlenerek hem yerel halkın hem de dışarıdan gelen turistlerin bu kültürel değerleri deneyimlemesi sağlanabilir. Bir diğer önemli nokta ise akademik düzeyde çalışmaların yapılması gerekliliğidir. Akademik çalışmalar teşvik edilerek Karadeniz mutfağı ve reçel üretimi konularında bilimsel veri birikimi artırılmalı, bu veriler politika yapıcılarla paylaşılmalıdır. Ayrıca bölgenin turizm stratejilerinde gastronomi turizm potansiyeli gözönünde bulundurularak yerel ürünlere daha fazla yer verilmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak, Trabzon mutfak kültüründe reçel yapımı hem geçmişten gelen bir gelenek hem de günümüzde ekonomik, sosyal ve kültürel değeri olan bir uygulamadır. Bu kültürel zenginliğin korunarak gelecek nesillere aktarılması, sürdürülebilir bir yerel kalkınma ve gastronomi turizmi için önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Çapar, G., ve Yenipınar, U. (2016). Somut olmayan kültürel miras kaynağı olarak yöresel yiyeceklerin turizm endüstrisinde kullanılması. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 4(Special Issue 1), 100-115.

[2] Çokişler, N., ve Türker, A. (2015). Mutfak kültürünün turizm ürünü olarak kullanım etkinliğinin incelenmesi: Ayder turizm merkezi örneği. *Gümüşhane University Electronic Journal of the Institute of Social Science/Gümüshane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 6(14).

[3] Badem, A. (2024). Türk Mutfağında Besin İşleme Yöntemleri ve Muhafazası: Besin İşleme Yöntemleri ve Muhafazası. *Anatolıa Social Research Journal,* 3(1), 17-46.

[4] Bozagcı, E. C. (2023). Türk mutfak kültüründe helva ve helva gelenekleri. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi,* 8(2), 191-200.

[5] Aşıklar, F. B., Güler, A., Candemir, A., ve Özaltın, K. E. (2023). Bazı üzüm çeşitlerinin reçel ve marmelat kalitelerinin belirlenmesi. *Bahçe,* 52(Özel Sayı 1), 244-252.

[6] Şen, M. A. (2024). Gelenekten Geleceğe Trabzon Mutfağı. Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları. Trabzon.

[7] Altun, E. (2008). Evliya Çelebi Seyahatnamesinde Meyve. *Motif Akademi Halkbilimi Dergisi*, 1(1), 128-138.

[8] Kaya, C., Yücel, E. E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G., ve Sözer, T. T. (2016). Trabzon hurması (*Diospyros kaki L.*) bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 47(2), 107-112.

[9] Trabzon Olgulaşma Enstitüsü, Korman Reçeli, (2025). Alıntılanma adresi: https://www.instagram.com/reel/CfG00XPNwf4/

METANOL (SAHTE İÇKİ) İNTOKSİKASYONUNA BAĞLI ÖLÜMLER: DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDEN RETROSPEKTİF BİR OTOPSİ ANALİZİ

Doç. Dr. Hüseyin Çetin Ketenci
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
hcetin.ketenci@erdogan.edu.tr –0000-0002-0662-1479

Prof. Dr. Hülya Kılıç
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
hulya.kilic@erdogan.edu.tr –0000-0002-2724-1897

ÖZET

Metanol intoksikasyonu, genellikle sahte içki, kolonya veya endüstriyel çözücülerin oral yolla alınması sonucu gelişen, ölümcül seyredebilen ciddi bir zehirlenme durumudur. Metabolizma sonucu ortaya çıkan formik asit ve formaldehit, özellikle optik sinir ve santral sinir sistemi üzerinde toksik etki göstererek körlük ve koma gibi komplikasyonlara yol açabilir. Erken tanı ve antidot tedavisi (etanol veya fomepizol) hayati öneme sahip olup, gecikmiş müdahale çoğunlukla ölümle sonuçlanır.

Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki son beş yıl içerisinde gerçekleşen ve doğrudan metanol intoksikasyonuna bağlı olduğu belirlenen ölüm vakalarını adli tıp verileri ışığında değerlendirmektir. 2020–2024 yılları arasında adli otopsisi yapılan 18 erkek olgu retrospektif olarak incelenmiştir. Olguların yaş ortalaması yaklaşık 54 olup; en genç birey 29, en yaşlı birey 71 yaşındadır. İçilen maddeler arasında içki (%49) ve kolonya (%16) öne çıkarken, %33,3 olguda tüketilen madde belirlenememiştir. En sık ölüm mevsimi ilkbahar olarak kaydedilmiştir. Kan metanol düzeyi, 18 olgunun 9'unda tespit edilmiş olup, ortalama düzey 182 mg/dL olarak saptanmıştır. Göz içi sıvısı metanol düzeyi ise bazı olgularda 523 mg/dL'ye kadar çıkmıştır. Olguların tamamında ölüm nedeni metanol toksisitesi ile uyumludur. 5 olguda ETG-ETS ve uyuşturucu gibi ek maddeler tespit edilmiştir. Olguların çoğunluğu (%67,8) alkol kullanıcısı olarak tanımlanmış olup, 10 olguda yalnız başına içme öyküsü mevcuttur. Klinik ön tanılar arasında "metanol intoksikasyonu" en sık bildirilen tanıdır.

Bulgular, metanol zehirlenmelerinin özellikle alkol yerine kullanılan sahte ürünlerin tüketimi sonucu ortaya çıktığını ve ölümcül sonuçlara yol açtığını göstermektedir. Olguların çoğunda toksik maddeye maruziyet bilinçli veya alışkanlık düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu durum, toplumu sahte ve riskli ürünler konusunda bilinçlendirme çalışmalarının artırılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Metanol intoksikasyonu, metanol, sahte içki, toksikoloji, otopsi

DEATHS DUE TO METHANOL (COUNTERFEİT ALCOHOL) INTOXİCATİON: A RETROSPECTİVE AUTOPSY-BASED ANALYSİS FROM EASTERN BLACK SEA REGİON

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Çetin Ketenci
Recep Tayyip Erdoğan University
hcetin.ketenci@erdogan.edu.tr -0000-0002-0662-1479

Prof. Dr. Hülya Kılıç
Recep Tayyip Erdoğan University
hulya.kilic@erdogan.edu.tr -0000-0002-2724-1897

ABSTRACT

Methanol intoxication is a serious and fatal poisoning condition that usually develops as a result of oral ingestion of counterfeit liquor, cologne or industrial solvents. Formic acid and formaldehyde resulting from metabolism may have a toxic effect especially on the optic nerve and central nervous system and may lead to complications such as blindness and coma. Early diagnosis and antidote treatment (ethanol or fomepizole) are vital, and delayed intervention often results in death. The aim of this study was to evaluate the cases of death due to methanol intoxication in the light of forensic medicine data. Eighteen male cases who underwent forensic autopsy between 2020 and 2024 were retrospectively analyzed. The mean age of the cases was approximately 54 years; the youngest individual was 29 years old and the oldest individual was 71 years old. While alcohol (49%) and cologne (16%) were the most common substances consumed, the substance consumed could not be determined in 33.3% of the cases. The most common season of death was spring. Blood methanol level was detected in 9 of 18 cases and the mean level was 182 mg/dL. Intraocular fluid methanol level was as high as 523 mg/dL in some cases. The cause of death in all cases was consistent with methanol toxicity. In 5 cases, additional substances such as ETG-ETS and drugs were detected. The majority of the cases (67.8%) were identified as alcohol users and 10 cases had a history of drinking alone. Among the clinical prediagnoses, “methanol intoxication” was the most frequently reported diagnosis.

The findings show that methanol poisoning is a fatal consequence of the consumption of counterfeit alcohol substitutes. In most of the cases, exposure to the toxic substance was conscious or habitual. This situation reveals the importance of increasing the awareness of the society about counterfeit and risky products.

Keywords: Methanol intoxication, methanol, counterfeit liquor, toxicology, autopsy

GİRİŞ

Metanol (CH3OH), endüstriyel alanda çözücü, antifriz ve yakıt katkısı gibi çeşitli amaçlarla kullanılan, renksiz, yanıcı ve keskin kokulu bir alkoldür [1]. İnsan metabolizması için toksik olan bu madde, ekonomik nedenlerle veya bilgi eksikliğiyle, sahte içki üretiminde etanol yerine veya onunla birlikte kullanılmakta; bu durum zehirlenme vakalarında artışa ve bazen ölüme yol açmaktadır [2,3]. Metanol alımı sonrasında karaciğerde alkol dehidrogenaz enzimi ile formaldehite, daha sonra formaldehit de aldehit dehidrogenaz enzimiyle formik aside metabolize olur. Bu son ürün olan formik asit, mitokondriyal solunum zincirini inhibe ederek dokularda hipoksiye ve metabolik asidoza yol açar. Formik asidin optik sinirler üzerindeki toksik etkisi sonucu görme kaybı, bilinç bozuklukları ve kalp-damar sisteminde deprese edici etkiler ortaya çıkabilir [4]. Metanol intoksikasyonu, ilk aşamada etanolle benzer klinik semptomlar verirse de, semptomlar gecikmeli ortaya çıkabilir. Bu nedenle, toksik doz alımına rağmen birey belirti vermeyebilir ve tanı gecikir. Tanı gecikmesi, formik asit birikimini ve hasarı artırarak mortaliteyi önemli ölçüde yükseltmektedir [2,5]. Metanol kaynaklı ölümler, dünya genelinde kültürel ve ekonomik farklılıklara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve yetersiz denetim mekanizmalarının olduğu bölgelerde, sahte içki kaynaklı metanol zehirlenmeleri sık görülmektedir [3,6]. Türkiye'de de zaman zaman metanol zehirlenmesine bağlı toplu zehirlenme ve ölümler bildirilmektedir [7].

Bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde adli tıp kurumlarında kayda geçmiş metanol zehirlenmesine bağlı ölümleri retrospektif olarak analiz ederek, olguların toksikolojik, sosyal ve adli özelliklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Gereç ve Yöntem

Bu retrospektif çalışma, 2020–2024 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan adli tıp kurumlarında otopsisi yapılmış ve metanol intoksikasyonuna bağlı olarak öldüğü belirlenen olguları kapsamaktadır.

2.2. Dahil edilme kriterleri:

- Ölüm nedeninin adli tıp raporunda metanol toksisitesi olarak belirtilmiş olması,
- Farmakolojik, travmatik veya başka bir toksik ajana ait katkıcı etkenin olmaması,
- Tüm otopsi ve toksikolojik analiz verilerinin mevcut olması.

Toplam 18 erkek olgu çalışmaya dahil edilmiştir. Olgulara ait yaş, içki türü, alkol kullanım öyküsü, ölüm mevsimi, ölüm yeri, olay öncesi klinik bulgular, toksikolojik analiz sonuçları (kan ve göz içi sıvısı metanol düzeyleri), travma bulguları, eşlik eden madde kullanımı gibi veriler retrospektif olarak analiz edilmiştir.

Toksikolojik analizler, gaz kromatografi (GC) yöntemiyle yapılmış ve mg/dL cinsinden raporlanmıştır. Ölçümler, referans toksik dozlarla karşılaştırılmış ve göz içi sıvısı düzeyleriyle desteklenmiştir. Elde edilen veriler SPSS 25.0 yazılımı ile tanımlayıcı istatistik yöntemlerle analiz edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada değerlendirilen toplam 18 olgu, yalnızca metanol intoksikasyonuna bağlı olarak yaşamını yitirmiş erkek bireylerden oluşmaktadır. Kadın olguya rastlanmamıştır. Yaş aralığı 29 ile 71 yıl arasında değişmekte olup, olguların ortalama yaşı 53,8 ± 11,6 yıl olarak hesaplanmıştır. Yaş dağılımı incelendiğinde, olguların büyük çoğunluğunun 40–60 yaş aralığında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bu dağılım, aktif alkol tüketiminin yaygın olduğu yaş gruplarının aynı zamanda sahte içki temelli metanol zehirlenmeleri açısından riskli popülasyonları oluşturduğunu düşündürmektedir.

Ölüm yeri değerlendirmesinde, olguların %44,4'ünün (n=8) ev ortamında ölü bulunduğu, %33,3'ünün (n=6) hastaneye getirildikten sonra yaşamını kaybettiği ve %22,2'sinin (n=4) sokak gibi dış ortamda ölü bulunduğu tespit edilmiştir. Evde yalnız başına içim vakalarının yaygın olması, bu bireylerde semptomların erken fark edilmesini ve müdahaleyi zorlaştırarak mortaliteyi artırabilmektedir.

Toksikolojik analiz sonuçları, 9 olguda hem kan hem de göz içi sıvısı örneklerinden elde edilmiştir. Kan metanol düzeyleri 168–354 mg/dL arasında değişmiş, ortalama değer 234,4 ± 63,9 mg/dL olarak kaydedilmiştir. Bu değerlerin tamamı ölümcül toksisite aralığındadır. Göz içi sıvısı (vitreus humor) metanol düzeyleri ise 247–523 mg/dL arasında bulunmuş ve ortalama 377,8 ± 89,2 mg/dL olarak hesaplanmıştır. Göz içi sıvısı metanol düzeylerinin, postmortem otolizden daha az etkilendiği ve daha güvenilir toksisite düzeyleri sunduğu bilinmektedir. Özellikle kan örneği alınamayan ya da kontamine olmuş olgularda göz içi sıvısı toksikolojik değerlendirmede değerli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

İçilen madde türü değerlendirildiğinde, 9 olgunun (%49) sahte içki tüketimi sonrası zehirlendiği belirlenmiştir. 3 olguda (%16) kolonya tüketimi tespit edilmiş; kalan 6 olguda (%33,3) ise içilen maddenin türü net olarak belirlenememiştir. Bu durum, olay yeri bulgularının yetersizliği veya yakın çevrede tanık bulunmamasıyla ilişkilendirilebilir.

Tek başına alkol tüketimi öyküsü, 10 olguda (%55,6) kaydedilmiş olup, yalnız başına alkol alımının sahte içki kaynaklı ölümlerde başlıca risk faktörlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Bu durum, hem müdahale süresini uzatmakta hem de olgunun sağlık kuruluşuna geç başvurmasına neden olmaktadır. Alkol kullanım öyküsü, olguların %66,7'sinde (n=12) bildirilmiş olup, bu bireylerin daha önce düzenli şekilde alkol tükettiği ve bu nedenle toleranslarının yüksek olabileceği değerlendirilmiştir. Ancak metanol gibi toksik bileşiklerin etkileri, alışkanlıkla açıklanamayacak kadar ağır ve ölümcül seyredebilmektedir.

Eşlik eden madde kullanımı, 5 olguda (%27,8) tespit edilmiştir. Bu olgularda ETG/ETS pozitifliği, antidepresan veya benzodiazepin izleri gibi terapötik ajanların saptandığı, ancak bunların toksik düzeye ulaşmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, ölüm nedeni yalnızca metanol intoksikasyonu olarak kabul edilmiştir.

Travmatik bulgu, hiçbir olguda ölümle ilişkili olarak saptanmamıştır. Bu durum, ölümün doğrudan toksikolojik mekanizmalarla ilişkili olduğunu doğrulamaktadır. Klinik ön tanı, adli kayıtlarda "metanol zehirlenmesi" şeklinde yer almakta olup, özellikle hastaneye başvurmuş 6 olguda tanı şüphesinin erken

konulabildiği anlaşılmaktadır. Ancak bu olguların tamamında tedaviye rağmen ölüm gerçekleşmiştir. Bu durum, metanol zehirlenmesinde müdahale zamanlamasının kritik önem taşıdığını göstermektedir.

Genel olarak elde edilen bulgular, metanol zehirlenmelerinin çoğunlukla sahte içki veya kolonya gibi alternatif kaynaklardan tüketimle ilişkili olduğunu, toksik düzeylere maruziyetin hızla geri dönüşü olmayan komplikasyonlara neden olduğunu ve göz içi sıvısı analizlerinin adli toksikolojide tanıyı destekleyici önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Yalnız içim ve kronik alkol kullanımı, ölümcül seyrin belirgin risk faktörleri olarak öne çıkmaktadır.
Metanol intoksikasyonuna bağlı ölüm olgularının en sık gerçekleştiği yer ev ortamı olarak tespit edilmiştir (n=9). Bunu hastane (n=5) ve sokak (n=4) izlemiştir. Bu dağılım, sahte içki tüketiminin genellikle bireysel olarak, kontrolsüz ve tıbbi müdahaleye uzak ortamlarda gerçekleştiğini göstermektedir. Ev ortamında gerçekleşen ölümlerin yüksekliği, yalnız içim alışkanlığı ve geç müdahale olasılığı ile ilişkilendirilebilir.Olguların yaşları 29 ile 71 arasında değişmekte olup; en yüksek yoğunluk 50–60 yaş grubundadır. Yaş ortalaması 54 olarak belirlenmiştir. Bu yaş aralığı, hem kronik alkol kullanım öyküsüne sahip bireylerin hem de ekonomik nedenlerle sahte içki tüketimine yönelen erişkin popülasyonun ağırlıkta olduğunu göstermektedir.
Toplam 9 olguda kan metanol düzeyine ait veriler mevcut olup, bu düzeyler 168–361 mg/dL arasında değişmektedir. Ortalama değer yaklaşık 247 mg/dL olarak hesaplanmıştır. Tüm düzeyler, ciddi toksik etki ve ölümle ilişkili eşiklerin üzerindedir. Bu veriler, kan metanol düzeyinin ölümcül seyri belirlemede önemli bir biyobelirteç olduğunu desteklemektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma, 2020–2024 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sahte içki kaynaklı metanol intoksikasyonu nedeniyle meydana gelen ölümlerin adli otopsi temelli retrospektif bir analizidir. Toplam 18 erkek olgudan elde edilen bulgular, metanolün halen ciddi bir halk sağlığı problemi olduğunu ve özellikle düşük gelirli, dezavantajlı gruplarda ölümle sonuçlanabilecek toksisiteye neden olduğunu göstermektedir. Olguların tamamının erkek bireylerden oluşması, metanol zehirlenmesine dair literatürde sıklıkla vurgulanan cinsiyet farklılığına paralel bir bulgudur. Erkek bireylerde alkol kullanım sıklığının ve riskli tüketim davranışlarının daha yaygın olması, bu farkı açıklayan temel etkenlerden biridir【1】. Ayrıca, geleneksel toplum yapısında alkol tüketiminin erkekler arasında daha kabul edilebilir görülmesi, riskli içki tüketim davranışlarının da bu grupta yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Yaş ortalamasının 54 olması, metanol zehirlenmelerinin genç erişkinlerden ziyade orta yaş üzeri bireylerde yoğunlaştığını ortaya koymakta ve bu grubun özellikle ekonomik nedenlerle sahte içki temin etme eğiliminde olduğunu düşündürmektedir.

Çalışma kapsamındaki olguların büyük çoğunluğunda tüketilen madde ya doğrudan içki olarak tanımlanmış ya da kolonyaya benzer endüstriyel sıvılar olduğu belirlenmiştir. Bu durum, denetimsiz üretilen ve sokak piyasasına sürülen sahte içkilerin halk sağlığına yönelik oluşturduğu tehdidin açık bir göstergesidir. %33,3 oranında maddenin türünün saptanamamış olması, sahte içkilerin içeriklerinin net olarak belirlenememesi ve çoğu zaman herhangi bir etiket veya bileşen listesi taşımaması ile ilişkilidir. Bu durum, toksikolojik analizleri ve klinik tanı sürecini zorlaştırmakta, müdahale süresini geciktirmektedir.

Tüketim davranışları açısından değerlendirildiğinde, olguların çoğunun yalnız başına içim alışkanlığına sahip olduğu gözlenmiştir. Bu, sosyal izolasyon, alkol bağımlılığı veya gizli tüketim gibi psikososyal faktörlerin metanol zehirlenmesinde önemli rol oynadığını düşündürmektedir. Yalnız içim, zehirlenme durumunda yardım çağırma ya da tıbbi müdahale olasılığını ortadan kaldırarak ölüm riskini artıran başlıca unsurlardandır【2】. Ölüm yerinin çoğunlukla ev olması (%50'nin üzerinde), sahte içkilerin genellikle bireysel tüketim kapsamında kullanıldığını, kamusal alanlardan uzak yerlerde ve çoğunlukla denetim dışı ortamlarda alındığını göstermektedir. Hastane başvurusunun sınırlı sayıda olması, metanol zehirlenmesinde en kritik etkenlerden biri olan erken müdahale eksikliğini işaret etmektedir. Metanol alımından sonraki ilk 12–24 saat içinde antidot tedavisinin başlanamaması durumunda formik asit birikimiyle gelişen ağır metabolik asidoz ve multiorgan yetmezliği hızlı şekilde ölüme yol açabilmektedir【3】.

Metanol intoksikasyonu, etanol gibi akut semptomlarla kendini hemen göstermez. Zehirlenme semptomlarının gecikmeli başlaması, bireylerin toksik dozlara rağmen kendilerini iyi hissetmelerine neden olarak hastaneye başvuru süresini uzatır. Bu da ölüm oranlarının yüksek olmasını açıklayan önemli bir faktördür【4】.Çalışmada tespit edilen kan metanol düzeyleri (ortalama 247 mg/dL, maksimum 361 mg/dL), ölümcül toksisite sınırlarının oldukça üzerindedir. Metanolün letal dozu kişisel tolerans, birlikte alınan maddeler ve tıbbi müdahale süresine göre değişmekle birlikte, literatürde genellikle 100–150 mg/dL üzeri düzeylerin yüksek mortalite riski taşıdığı bildirilmektedir【5】Bu bulgu, çalışmada değerlendirilen olgularda ölümün doğrudan metanol toksisitesine bağlı geliştiğini göstermektedir.

Postmortem vitreus humor (göz içi sıvısı) örneklerinde saptanan metanol düzeyleri ise 523 mg/dL'ye kadar ulaşmıştır. Göz içi sıvısı, postmortem alkol analizinde kan örneklerine göre daha az otolitik etkiye maruz kalması ve fermantasyon riskinin düşük olması nedeniyle daha güvenilir bir materyal olarak kabul edilmektedir. Özellikle postmortem dönemde fermentatif süreçlerin kan alkol düzeylerinde yanlış pozitiflik oluşturabileceği durumlarda, vitreus humor analizleri tanı açısından kritik öneme sahiptir【6】. Beş olguda ETG, ETS veya başka psikoaktif madde metabolitlerine rastlanmıştır. Ancak bu maddelerin hiçbirinin toksik düzeyde olmadığı ve ölümde doğrudan etkili olmayacak düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, çalışmanın temel amacına uygun şekilde yalnızca metanolün ölüm nedeni olduğu olgulara odaklanıldığını göstermektedir. Bununla birlikte çoklu madde kullanımı, toksikolojik değerlendirmelerde ayırıcı tanı açısından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir parametredir【7】. Çalışmada en fazla ölüm vakasının ilkbahar aylarında kaydedilmiş olması, sahte içki üretimi ve tüketiminin yılın belirli dönemlerinde arttığını düşündürmektedir. Özellikle bayram ve tatil dönemlerinde yasa dışı yollarla üretilen sahte içkilerin piyasaya sürülmesi, bu dönemlerde metanol zehirlenmesi riskini artırmaktadır. Bölgedeki iklim, ulaşım ve sosyoekonomik etkenlerin bu durum üzerindeki etkisi ileride yapılacak çalışmalarda daha ayrıntılı olarak incelenmelidir.

Sahte içki kaynaklı ölümler önlenebilir nitelikte olduğu için halk sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Etkin bir yasal denetim mekanizması, sahte içki üretiminin engellenmesi ve

kaçak ürünlerin piyasaya sürülmesinin önüne geçilmesi açısından elzemdir. Ayrıca, kamuoyuna yönelik bilinçlendirme kampanyaları ile bireylerin sahte içki tüketiminin potansiyel sonuçları konusunda uyarılması gerekmektedir. Adli tıp uygulamalarında toksikolojik analizlerin detaylandırılması, özellikle postmortem biyolojik örneklerin zamanında ve uygun koşullarda alınması ve yorumlanması, ölüm nedeninin doğru tespiti açısından büyük önem taşır. Bu çalışmada kullanılan vitreus humor analizleri, sahte içki kaynaklı ölümlerde standart otopsi protokollerine dahil edilmesi gereken bir uygulama olarak önerilmektedir.

Bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde metanol intoksikasyonuna bağlı ölümlerin adli tıp perspektifiyle değerlendirilmesini amaçlamış ve sahte içki kaynaklı zehirlenmelerin toplum sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturduğunu ortaya koymuştur. İncelenen olgular, metanolün bireysel ve toplu ölümlere neden olabilecek yüksek toksisiteye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle içki yerine kullanılan sahte ürünlerin bilinçsiz tüketimi ve yalnız içim alışkanlığı, ölümlerin temel belirleyicilerindendir.

Toplumun sahte içki ve metanolün potansiyel toksisitesi hakkında bilgilendirilmesi, alkol denetimlerinin sıkılaştırılması ve metanol içeren ürünlerin erişiminin kontrol altına alınması, bu tür ölümlerin önlenmesinde temel stratejiler arasında yer almalıdır. Ayrıca, sağlık profesyonellerinin metanol intoksikasyonunu erken tanıma konusunda bilinçlendirilmesi, antidot tedavilerine hızlı erişim sağlanması ve laboratuvarların toksikolojik analiz kapasitesinin artırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Ketenci HÇ. Metil alkol zehirlenmelerinde adli tıbbi yaklaşım. In: Kılınç H, editor. *Toksikoloji ve Adli Tıp*. İstanbul: Akademisyen Yayınevi; 2022. p. 203–18.

[2] Barceloux DG, Bond GR, Krenzelok EP, Cooper H, Vale JA. American Academy of Clinical Toxicology practice guidelines on the treatment of methanol poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol*. 2002;40(4):415–46.

[3] Paasma R, Hovda KE, Jacobsen D. Methanol poisoning and long term sequelae – a six years follow-up after a large methanol outbreak. *BMC Clin Pharmacol*. 2009;9:5.

[4] Liesivuori J, Savolainen H. Methanol and formic acid toxicity: biochemical mechanisms. *Pharmacol Toxicol*. 1991;69(3):157–63.

[5] Sanaei-Zadeh H, Zamani N, Shadnia S. Outcomes of visual disturbances after methanol poisoning. *Clin Toxicol (Phila)*. 2011;49(2):102–7.

[6] Hassanian-Moghaddam H, Pajoumand A, Dadgar SM, Shadnia S. Prognostic factors in methanol poisoning. *Hum Exp Toxicol*. 2007;26(7):583–6.

[7] Şener C, Aydın B, Sayhan MB, Ay MÖ, Aydın K. Methanol intoxication outbreak: 18 cases and a review of the literature. *Toxicol Ind Health*. 2020;36(6):488–95.

ETANOL İNTOKSİKASYONUNA BAĞLI DOĞRUDAN ÖLÜMLER: RETROSPEKTİF BİR OTOPSİ DEĞERLENDİRMESİ

Doç. Dr. Hüseyin Çetin Ketenci
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
hcetin.ketenci@erdogan.edu.tr –0000-0002-0662-1479

Prof. Dr. Hülya Kılıç
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
hulya.kilic@erdogan.edu.tr –0000-0002-2724-1897

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 2014–2024 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde herhangi bir travmatik ya da farmakolojik kolaylaştırıcı faktör olmaksızın yalnızca etanol intoksikasyonuna bağlı olarak meydana gelen ölümleri retrospektif olarak değerlendirmektir. Çalışmada etkilenen demografik gruplar, toksikolojik düzeyler ve adli bulguların tamamlanması hedeflenmiştir.
Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki adli tıp arşivlerinden elde edilen verilere dayanarak, yalnızca etanol toksisitesi sonucu öldüğü belirlenen 8 otopsi olgusu çalışmaya dahil edilmiştir. Yaş, cinsiyet, ölüm zamanı, alkol bağımlılığı öyküsü, tüketilen içki türü, toksikolojik düzeyler (kan, göz içi sıvısı, idrar), ölüm yeri, travma bulguları, eşlik eden madde kullanımı ve sosyo-çevresel veriler retrospektif olarak analiz edilmiştir. Olguların 7'si erkek, 1'i kadındır ve yaş ortalaması 55,0 ± 9,1 yıldır. En sık ölüm yeri ev ortamı olup (n=5), travmaya yalnızca bir olguda düşme sonucu rastlanmıştır. Terapötik veya yasa dışı madde kullanımına dair herhangi bir bulgu saptanmamıştır. Kan etanol düzeyleri 266 ile 617 mg/dL arasında değişmekte olup, ortalama 442,2 ± 129,5 mg/dL olarak belirlenmiştir. Üç olguda göz içi sıvısı etanol düzeyleri 323–517 mg/dL aralığındadır. Üç olguda alkol bağımlılığı öyküsü mevcuttur. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde son on yılda tespit edilen bu sınırlı sayıdaki olgu, yüksek düzeyde etanol alımının tek başına ölümcül olabileceğini göstermektedir. Postmortem göz içi sıvısı etanol düzeyleri tanı sürecinde değerli destek sağlamaktadır. Alkol bağımlılığı ve yalnız içim alışkanlığı, mortalite açısından önemli risk faktörleri olup, bu bulgular bölgesel düzeyde önleyici stratejilerin geliştirilmesine katkı sunabilir.

Anahtar Kelimeler: Etanol intoksikasyonu, adli otopsi, toksikoloji, alkol bağımlılığı, Doğu Karadeniz Bölgesi

DIRECT DEATHS DUE TO ETHANOL INTOXICATION: A RETROSPECTIVE AUTOPSY EVALUATION

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Çetin Ketenci
Recep Tayyip Erdoğan University
hcetin.ketenci@erdogan.edu.tr -0000-0002-0662-1479
Prof. Dr. Hülya Kılıç
Recep Tayyip Erdoğan University
hulya.kilic@erdogan.edu.tr -0000-0002-2724-1897

ABSTRACT

The aim of this study is to retrospectively evaluate deaths due to ethanol intoxication that occurred between 2014 and 2024 in the Eastern Black Sea Region, in the absence of any traumatic or pharmacological contributing factors. The study seeks to characterize the affected demographic groups, toxicological levels, and forensic findings.

Based on data obtained from forensic archives in the Eastern Black Sea Region, 8 autopsy cases determined to have died solely due to ethanol toxicity were included in the study. Demographic and forensic parameters such as age, sex, time of death, history of alcohol dependence, type of alcoholic beverage consumed, toxicological levels (blood, vitreous humor, urine), place of death, trauma findings, presence of other substances, and socio-environmental data were analyzed.

Of the cases, 7 were male and 1 was female, with a mean age of 55.0 ± 9.1 years. The most common place of death was the home environment (n=5), and trauma was observed in only one case, secondary to a fall. No evidence of therapeutic or illicit drug use was found. Blood ethanol concentrations ranged from 266 to 617 mg/dL, with a mean value of 442.2 ± 129.5 mg/dL. Vitreous humor ethanol levels in three cases ranged from 323 to 517 mg/dL. A history of alcohol dependence was present in three individuals.

These limited number of cases identified over the past decade in the Eastern Black Sea Region indicate that high-level ethanol intake alone can be fatal. Postmortem ethanol levels in vitreous humor provide valuable support in the diagnostic process. Alcohol dependence and solitary drinking habits appear to be significant risk factors for mortality, and these findings may contribute to the development of preventive strategies at the regional level.

Keywords: Ethanol intoxication, forensic autopsy, toxicology, alcohol dependence, Eastern Black Sea Regio

1-GİRİŞ

Etanol (C_2H_5OH), dünya genelinde yasal olarak temin edilebilen ve yaygın biçimde tüketilen bir psikoaktif maddedir. Fermente içecekler yoluyla alımı kültürel, sosyal ve bireysel düzeyde farklılıklar göstermekle birlikte, düşük dozlarda gevşetici ve anksiyolitik etkiler yaratırken, yüksek dozlarda santral sinir sistemi üzerinde baskılayıcı etki göstererek motor koordinasyon bozukluğu, bilinç değişikliği, koma ve ölüm gibi ciddi sonuçlara yol açabilir [1, 2]. Etanolün akut toksik etkileri, alım miktarı kadar süresi ve kişinin biyolojik toleransı ile de yakından ilişkilidir. Etanol intoksikasyonuna bağlı ölümler, genellikle yüksek miktarda ve kısa sürede içim sonrası gelişen ani toksisite ile ilişkilidir. Bu durum özellikle yalnız içim alışkanlığı olan bireylerde daha risklidir, çünkü müdahale gecikir ve çoğu zaman semptomlar çevre tarafından fark edilemez. Alkol bağımlılığı olan bireylerde ise tolerans artmış olsa da, toksik düzeylerdeki etanol maruziyeti ölümle sonuçlanabilecek komplikasyonlar doğurabilir [3, 6].

Adli tıp uygulamalarında, ölüm nedeninin belirlenmesinde toksikolojik analizler vazgeçilmezdir. Postmortem kan etanol düzeyleri, intoksikasyon şiddetini ve ölüm ile ilişkisini doğrudan gösterebilse de, postmortem otoliz ve fermantasyon nedeniyle yanlış pozitiflik riski taşır. Bu nedenle vitreus humor (göz içi sıvısı), alkol düzeyinin postmortem değerlendirilmesinde daha güvenilir bir biyolojik materyal olarak öne çıkmakta; daha yavaş metabolize olması, otolitik süreçlerden daha az etkilenmesi nedeniyle tercih edilmektedir [4, 5, 9].

Etanol zehirlenmelerine bağlı ölümler üzerine yapılan çalışmaların çoğu, karışık toksikasyonlar veya travma ile komplike olguları içermektedir. Bu bağlamda, yalnızca etanol toksisitesine bağlı, herhangi bir eşlik eden farmakolojik veya fiziksel faktör bulunmayan olguların adli açıdan değerlendirilmesi sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada, 2014–2024 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen, yalnızca etanol intoksikasyonuna bağlı doğrudan ölümler retrospektif olarak incelenmiş; olguların demografik özellikleri, ölüm yeri, alkol kullanım öyküsü ve toksikolojik verileri detaylandırılarak değerlendirilmiştir. Amaç, bu tür ölümlerin adli tıp pratiğindeki ayırıcı tanısal önemini vurgulamak ve bölgesel düzeyde risk faktörlerini ortaya koymaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Gereç ve Yöntem

Bu çalışma, 2014–2024 yılları arasında Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yer alan adli tıp kurumları ve adli tıp grup başkanlıklarının arşivlerinde kayıtlı etanol intoksikasyonuna bağlı adli nitelikteki ölüm olgularının retrospektif olarak incelenmesini kapsamaktadır. Araştırma süreci, ilgili kurumların dijital arşiv sistemleri üzerinden otopsi raporları, toksikoloji sonuç formları ve olguya ait adli dosyaların sistematik şekilde taranması ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

1. Ölüm nedeni olarak yalnızca etanol toksisitesinin tanımlanmış olması
2. Travma, farmakolojik madde kullanımı veya başka bir toksik ajanın ölümde belirleyici faktör olarak saptanmamış olması
3. Olguya tam otopsi yapılmış olması ve toksikolojik analizlerin kan, göz içi sıvısı ve/veya idrar örneklerinden eksiksiz şekilde tamamlanmış olması

Belirlenen kriterleri karşılayan toplam 8 otopsi olgusu çalışmaya dahil edilmiştir. Olgulara ait yaş, cinsiyet, ölüm zamanı (yıl ve mevsim), alkol bağımlılığı öyküsü, içki türü (etanol kaynağı), ölüm yeri (ev, hastane, sokak), yalnız içim durumu, eşlik eden travma varlığı, toksikolojik analiz sonuçları (kan, göz içi sıvısı ve idrar etanol düzeyleri) ve adli rapor içerikleri kayıt altına alınarak analiz edilmiştir.

2.3.Toksikolojik Analizler

Adli tıp laboratuvarlarında uygulanan standart prosedürlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Kan ve göz içi sıvısı örneklerinde etanol düzeyleri, gaz kromatografi (GC) cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler, mg/dL cinsinden raporlanmış ve referans toksisite düzeyleriyle karşılaştırılmıştır. Göz içi sıvısı (vitreus humor), postmortem dönemde daha az biyokimyasal bozulmaya uğradığı için etanol toksisitesinin doğrulanmasında yardımcı biyolojik materyal olarak kullanılmıştır.
Elde edilen veriler, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler kapsamında ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler hesaplanmış; veriler tablo ve grafikler eşliğinde sunulmuştur. Çalışmada istatistiksel karşılaştırma yapılmaksızın yalnızca nitel ve nicel bulgular tanımlayıcı düzeyde raporlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, 2014–2024 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yalnızca etanol toksisitesine bağlı olarak meydana gelen ve adli otopsisi yapılmış 8 ölüm olgusu retrospektif olarak incelenmiştir. Olguların demografik dağılımı, toksikolojik analiz bulguları ve olay yeri bilgileri aşağıda detaylı olarak sunulmuştur. İncelenen olguların 7'si erkek (%87,5) ve 1'i kadın (%12,5) olup, bireylerin yaşları 45 ile 68 arasında değişmektedir. Olguların yaş ortalaması 55,0±9,1 yıl olarak hesaplanmıştır.
Tüm olgular yetişkin yaş grubunda yer almakta olup, ileri yaş grubu bireylerde etanol kaynaklı mortalite riskinin devam ettiğine işaret etmektedir.
Olguların meydana geldiği ölüme ait fiziksel mekanlar incelendiğinde, en sık ölüm yerinin ev ortamı olduğu görülmüştür (n=5, %62,5). Bu bulgu, alkol tüketiminin bireysel mahremiyet içerisinde gerçekleştiğini ve yalnız içimin sık olduğunu desteklemektedir. Diğer olgularda ise ölümün hastane ortamında gerçekleştiği (n=2,

%25) ve yalnızca bir olguda açık alanda, yani sokakta ölüm meydana geldiği (%12,5) kaydedilmiştir.

Sekiz olgunun yedisinde travmaya ilişkin herhangi bir bulgu saptanmamıştır. Sadece bir olguda, düşmeye bağlı kafa travması izlenmiş ve bu durum ölüm nedenine katkı sağlamayacak nitelikte değerlendirilmiştir. Böylece tüm olgular, etanolün doğrudan toksik etkisiyle açıklanabilecek nitelikte sınıflandırılmıştır. Olguların adli arşiv kayıtları ve aile ifadelerine göre yapılan incelemede, üç olguda (%37,5) önceden tanı konmuş ya da belirgin alkol bağımlılığı öyküsü mevcuttur. Diğer olgularda bağımlılık geçmişi belirlenememiş olmakla birlikte, akut intoksikasyon düzeylerinin yüksekliği, alışkanlık düzeyindeki tüketimi düşündürmektedir.

Kan etanol düzeyleri, çalışmaya dahil edilen tüm olgularda analiz edilmiş ve değerlerin 266 mg/dL ile 617 mg/dL arasında değiştiği görülmüştür. Ortalama kan etanol düzeyi 442,2±129,5 mg/dL olarak hesaplanmış olup, bu düzeylerin hepsi toksik sınırların oldukça üzerinde yer almaktadır. Göz içi sıvısı (vitreus humor) etanol düzeyi, üç olguda analiz edilmiştir. Ölçülen değerler 323–517 mg/dL aralığında bulunmuştur. Bu düzeyler, kan etanol konsantrasyonlarıyla uyumlu olup postmortem kontaminasyon olasılığını dışlayarak intoksikasyonun gerçekliğini desteklemektedir. İdrar etanol düzeyleri, çalışmaya dahil edilen bazı olgularda raporlanmakla birlikte veriler eksiktir. Ancak mevcut idrar örneklerinde etanol tespit edilmiş olması, etanolün vücutta sistemik dağılım gösterdiğini ve intoksikasyonun ileri düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir.

Olguların sosyal çevresine ve adli raporlara dayalı bilgiler doğrultusunda, beş olguda (%62,5) etanol alımının yalnız başına gerçekleştiği belirlenmiştir. Yalnız içim, hem müdahale gecikmesine hem de ölümcül sonuçların fark edilmemesine yol açarak mortalite riskini artıran önemli bir sosyal faktör olarak değerlendirilmiştir.

Tüm olgularda yapılan geniş spektrumlu toksikolojik analizlerde, terapötik ya da yasadışı herhangi bir madde kullanımına dair pozitif bulguya rastlanmamıştır. Bu durum, ölümlerin sadece etanolün farmakolojik etkisiyle meydana geldiğini açıkça göstermektedir. Böylece çalışma grubuna dahil edilen bireylerin, polifarmasötik ya da politoksik nedenlerle değil, yalnızca etanolün akut toksik etkisiyle hayatını kaybettiği netlik kazanmıştır.

Olguların postmortem kan örneklerinde saptanan etanol düzeyleri 266 ile 617 mg/dL arasında değişmekte olup, ortalama düzey 442,2 ± 129,5 mg/dL olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, toksik sınırların oldukça üzerinde olup, etanolün tek başına alımının ölümcül düzeye ulaşabileceğini göstermektedir. En yüksek düzeye sahip olgularda komorbid bir toksik maddeye rastlanmaması, mortalitenin doğrudan etanol toksisitesine bağlı olduğunu desteklemektedir.

Olguların yaşları 45 ile 68 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 55,0 ± 9,1 yıl olarak hesaplanmıştır. Yaş dağılımı incelendiğinde, vakaların çoğunluğunun 50 yaş ve üzeri bireylerden oluştuğu ve bu durumun etanol toksisitesine bağlı mortalitenin daha çok orta ve ileri yaş grubunu etkilediğini ortaya koyduğu görülmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Etanol, merkezi sinir sistemini baskılayan en yaygın toksik maddelerden biridir ve yüksek dozlarda solunum depresyonu, bilinç kaybı, kardiyak arrest ve koma gibi ölümcül komplikasyonlara yol açabilir [1]. Bu çalışmada, yalnızca etanol intoksikasyonuna bağlı olarak meydana gelen ve farmakolojik ya da travmatik kolaylaştırıcı bir etken içermeyen sekiz ölüm olgusu retrospektif olarak incelenmiştir. Bulgular, akut etanol toksisitesinin tek başına da ölümcül olabileceğini ortaya koymaktadır.

Kan etanol düzeyleri incelendiğinde, tüm olgularda toksik sınırların üzerinde değerler saptanmış ve ortalama düzey 442,2 ± 129,5 mg/dL olarak belirlenmiştir. Literatürde, ölümcül kan etanol düzeylerinin kişisel toleranslara göre değişiklik gösterebilmekle birlikte genellikle 300 mg/dL üzeri olarak kabul edildiği bildirilmektedir [2,3]. Ölümcül dozlar bireyin alışkanlıkları, tolerans düzeyi, genel sağlık durumu ve eşlik eden faktörlere göre değişse de, çalışmamızda gözlenen yüksek düzeyler doğrudan etanol toksisitesini desteklemektedir.

Üç olguda vitreus humor (göz içi sıvısı) örneklerinden elde edilen etanol düzeyleri (323–517 mg/dL) de kan bulgularını destekler niteliktedir. Vitreus humor, ölüm sonrası alkol düzeylerinin değerlendirilmesinde sıkça başvurulan ve postmortem otolizden daha az etkilenen bir örnekleme alanıdır [4]. Bu sıvıdaki yüksek etanol konsantrasyonu, özellikle mikrobiyal fermantasyonun etkili olabileceği gecikmeli otopsilerde tanısal doğruluğu artırır [5,6].

Olguların 7'sinin erkek ve yalnız içim sırasında ölmüş olması, cinsiyet ve sosyal faktörlerin mortaliteye etkisini vurgulamaktadır. Literatürde de benzer şekilde, etanol ilişkili ölümlerin büyük kısmının erkek bireylerde ve ev ortamında gerçekleştiği, yalnız içim davranışının yardım gecikmesine neden olarak ölüm riskini artırdığı bildirilmiştir [7,8]. Bu çalışmada, yalnız içim alışkanlığının beş olguda mevcut olması, sosyal izolasyonun kritik bir risk faktörü olduğunu düşündürmektedir.

Üç olguda alkol bağımlılığı öyküsü bulunmasına rağmen, yüksek tolerans düzeyine rağmen toksik doz alımı sonrası ölümün gerçekleşmiş olması dikkat çekicidir. Alkol bağımlılarında gelişen metabolik tolerans, klinik belirtileri geciktirerek tanıyı zorlaştırabilmekte, fakat toksikolojik açıdan ölüm riskini ortadan kaldırmamaktadır [9,10]. Bu da toksisite değerlendirmesinde bireysel farklıkların dikkatle göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

Ek olarak, hiçbir olguda ek toksik madde (örneğin benzodiazepin, opioid ya da yasadışı madde) kullanımına dair pozitif bulguya rastlanmamıştır. Bu durum, çalışmanın yalnızca etanol kaynaklı toksisiteye odaklanan nadir örneklerden biri olduğunu göstermektedir. Literatürdeki pek çok adli otopsi serisi, çoğunlukla karışık toksik etkileri içermektedir [11].

Doğu Karadeniz Bölgesi'nden bildirilen bu sınırlı sayıdaki olgu, bölgesel alkol kullanımı ile sosyal normlar arasındaki ilişkiye de ışık tutmaktadır. Alkolün sosyal olarak daha az görünür tüketildiği bu bölgede yalnız içim alışkanlığının daha yaygın olması, müdahale sürecini sekteye uğratarak ölümlerin önlenmesini güçleştirebilir. Bölgesel düzeyde yürütülecek farkındalık ve önleme stratejileri, yalnız içim

davranışlarının ve aşırı alkol alımının neden olduğu doğrudan risklerin azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, yalnızca etanol toksisitesine bağlı ölümler nadir bildirilen ancak toksikolojik ve adli açıdan yüksek önem taşıyan durumlardır. Bu çalışmada sunulan olgular, toksikolojik değerlendirme sürecinde vitreus humor'un değerini ve yalnız içim gibi sosyal faktörlerin belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Önleyici halk sağlığı stratejileri oluşturulurken bu veriler dikkate alınmalı ve bölgesel yaklaşımlar geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

[1] Howard MO, Finn PR, Jose B. Risk factors for alcohol-related mortality: evidence from autopsy studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(3):1124.

[2] Gill JR, Ely SF. Autopsy findings in deaths from acute alcohol intoxication. *Am J Forensic Med Pathol*. 2004;25(2):172–6.

[3] Palmiere C, Mangin P. Postmortem chemistry update part I. *Int J Legal Med*. 2012;126(2):187–98.

[4] Pounder DJ. Vitreous humour: a short review. *J R Soc Med*. 1993;86(3):140–2.

[5] Stephens BG, Jentzen JM, Kunsman GW. The forensic use of vitreous humor ethanol levels: interpretation and limitations. *J Forensic Sci*. 2007;52(2):344–7.

[6] Winek CL, Wahba WW. Ethanol: pharmacokinetics and forensic issues. *J Anal Toxicol*. 1997;21(5):324–7.

[7] Muralidharan S, Syed H, Benke T, et al. Social isolation and substance use among adults in the U.S. during COVID-19. *PLoS One*. 2021;16(12):e0260866.

[8] European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. Alcohol use and related problems in Europe. Lisbon: EMCDDA; 2020.

[9] Brick J, Erickson CK. Intoxication is not always visible: understanding tolerance. *Alcohol Health Res World*. 1999;23(4):296–9.

[10] Jaffe AJ. Tolerance and dependence. In: Galanter M, Kleber HD, editors. *Textbook of Substance Abuse Treatment*. 4th ed. Washington DC: American Psychiatric Publishing; 2008.

[11] Darke S, Duflou J, Torok M. Toxicology and characteristics of deaths involving alcohol and psychostimulants. *Addiction*. 2010;105(8):1426–32.

BİR OLGU NEDENİYLE KOLLAJENÖZ KOLİTE YAKLAŞIM
APPROACH TO COLLAGENOUS COLITIS DUE TO A CASE

Doç. Dr. Halil Atasoy

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Gastroenteroloji Bilim Dalı.Rize

halil.rakici@erdogan.edu.tr

Orcid ID:0000-0001-5587-3667

Amaç: Kronik sulu diyarenin nadir görülen bir sebebi de mikroskobik kolittir. Kollajenöz kolit mikroskobik kolitin bir subtipidir. Bir olgu nedeniyle kollajenöz kolite yaklaşımı ele almayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Kronik sulu diyare nedeniyle tetkik edilen 73 yaşındaki bayan hastaya ayırıcı tanı sonucu kollajenöz kolit tanısı konulmuştur. Nadir görülen ilgi çekici olduğunu düşündüğümüz bu olgu nedeniyle kollajenöz koliti tüm yönleriyle özlü bir şekilde değerlendirmeyi amaçladık.

Bulgular: 73 yaşında kadın hasta bir yıldır devam eden günde 5-6 kez olan sulu diyare ile başvurdu. Rutin kan ve biyokimyasal tetkikler normaldi. Gaitada direkt bakı ve gaita kültürü normaldi. Amip antijeni ve c.difficile toksin A ve B negatifti. Tüm batın bilgisayarlı tomografi(BT)normaldi. Tam kolonoskopi ve üst endoskopi normaldi. Çölyak marker ları ve duodenal biyopsi normaldi. Kolondan alınan biyopsilerde çıkan kolondan alınan biyopside intraepitelyal az sayıda lenfosit ile 14 mikron çapında subepitelyal kollajen bant saptandı. Transvers kolon biyopsisinde kollajen bant kalınlığı16 mikron bulundu.(Resim1 ve 2)

Tartışma: Mikroskopik kolitin etyolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte genetik yatkınlık olması, çevresel tetikleyicilerin varlığı, anormal immün cevap olması ve steroide iyi cevap vermesi otoimmün bir hastalık olduğunu düşündürmektedir. Kollajenöz kolit mikroskobik kolitin bir subtipidir. Klinik olarak hafif sulu diyareden dehidratasyon ve elektrolit dengesizliğine yol açabilen bir spektruma sahiptir. Diğer subtipi olan Lenfositik kolitte intraepitelyal lenfosit hakimiyeti varken kollajenöz kolitte subepitelyal kollajen bant kalınlığının artması belirleyicidir.Tam kolonoskopi genellikle normaldir. Tanı için kolondan biyopsi almak gerekir. Daha çok sağ kolondan olmak üzere 6 biyopsi alınması önerilir. İlişkili durumlar arasında romatoid artrit, hipotiroidizm ve hipertiroidizm, çölyak hastalığı ve diabetes mellitus bulunur. Proton pompa inhibitörleri, seçici serotonin geri alım inhibitörleri, nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar, statinler, ACE inhibitörleri, ve sigara hastalığın ortaya çıkmasını kolaylaştırabilir.

Sonuç: Kronik sulu diyarenin nadir görülen bir sebebi de mikroskobik kolittir. Kollajenöz kolit mikroskobik kolitin bir subtipidir. Otoimmün bir hastalık olduğu düşünülmekte ve steroid tedaviye iyi cevap vermektedir.

Anahtar kelimeler: Mikroskopik kolit, kollajenöz kolit, kronik diyare

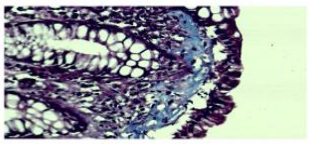
Giriş: Mikroskobik kolit (MK), kolonun inflamatuar bir hastalığıdır ve özellikle yaşlı hastalarda kronik ishalin yaygın bir nedenidir. MK'da kolon endoskopik olarak normal görünür; bu nedenle tanı histolojik inceleme gerektirir. MK'nin üç farklı subtipi vardır. Bunlar lenfositik kolit (LK), kollajenöz kolit (KK), inkomplet mikroskopik kolit (IMK).

Lenfositik kolitle lamina propriada yoğun inflamatuvar infiltrasyon ile karakterize intraepitelyal lenfositoz görülür; kollajenöz kolitte ise subepitelyal kollajen bandın genişlemesi izlenir.

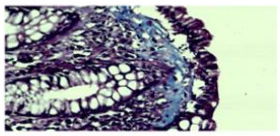
Sıklıkla gece dışkılama, acil dışkılama, karın ağrısı, eklem ağrıları ve kilo kaybı ile birlikte kronik veya aralıklı sulu kansız ishali içerir. Şiddeti değişkendir ve ciddi vakalarda elektrolit bozuklukları ve dehidratasyon görülebilir.

Ayrıca, MK'nin değişken bir hastalık seyri vardır; bazı hastalar aralıklı semptomlar yaşarken, bazıları daha kronik ve hatta progresif semptomlar yaşayabilir. Ayrıca, bazı hastalarda spontan remisyon sağlanırken, bazılarında uzun süreli idame tedavisi gerekebilir.

Bulgular: 73 yaşında kadın hasta bir yıldır devam eden günde 5-6 kez olan sulu diyare ile başvurdu. Rutin kan ve biyokimyasal tetkikler normaldi. Gaitada direkt bakı ve gaita kültürü normaldi. Amip antijeni ve c.difficile toksin A ve B negatifti. Tüm batın bilgisayarlı tomografi(BT)normaldi. Tam kolonoskopi ve üst endoskopi normaldi. Çölyak marker ları ve duodenal biyopsi normaldi. Kolondan alınan biyopsilerde çıkan kolondan alınan biyopside intraepitelyal az sayıda lenfosit ile 14 mikron çapında subepitelyal kollajen bant saptandı. Transvers kolon biyopsisinde kollajen bant kalınlığı16 mikron bulundu.(Görsel1 ve 2)



Görsel1:Çıkan kolon



Görsel 2:Transvers kolon

Tartışma: Mikroskopik kolitin etyolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte genetik yatkınlık olması, çevresel tetikleyicilerin varlığı, anormal immün cevap olması ve steroide iyi cevap vermesi otoimmün bir hastalık olduğunu düşündürmektedir.(1-3) Kollajenöz kolit mikroskobik kolitin bir subtipidir. Klinik olarak hafif sulu diyareden dehidratasyon ve elektrolit dengesizliğine yol açabilen bir spektruma sahiptir. Diğer subtipi olan Lenfositik kolitte intraepitelyal lenfosit hakimiyeti varken kollajenöz kolitte subepitelyal kollajen bant kalınlığının artması belirleyicidir. Tam kolonoskopi genellikle normaldir. Tanı için kolondan biyopsi almak gerekir. Daha çok sağ kolondan olmak üzere 6 biyopsi alınması önerilir. İlişkili durumlar arasında romatoid artrit, hipotiroidizm ve hipertiroidizm, çölyak hastalığı ve diabetes mellitus bulunur. Proton pompa inhibitörleri, seçici serotonin geri alım inhibitörleri, nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar, statinler, ACE inhibitörleri, ve sigara hastalığın ortaya çıkmasını kolaylaştırabilir. İnflamatuar barsak hastalığı, irritabl barsak sendromu, çölyak hastalığı ve enfeksiyöz orjinli enteritlerle ayırıcı tanı yapılmalıdır. Budesonid tedavisine iyi cevap alınır.(4-7) Yaklaşık yüzde elli vakada nüks geliebilir.

Sonuçlar ve değerlendirme: Çıkan ve transvers kolondan alınan biyopsilerde 14 ve 16 mikron kalınlığında kollejen bant saptanması ve başka yönde bir kanıtın olmaması bize kolajen kolit tanısı için yeterli kanıtı verdi. Ayrıca steroid tedavisine de iyi cevap alınması tanıyı güçlendirdi.

Genel değerlendirme ve sonuçlar: Kronik sulu diyarenin nadir görülen bir sebebi de mikroskobik kolittir. Kollajenöz kolit mikroskobik kolitin bir subtipidir. Otoimmün bir hastalık olduğu düşünülmekte ve steroid tedaviye iyi cevap vermektedir.

Kaynaklar

1-Tome J, Kamboj AK, Pardi DS. Microscopic Colitis: A Concise Review for Clinicians. Mayo Clin Proc. 2021 May;96(5):1302-1308. doi: 10.1016/j.mayocp.2021.03.022. PMID: 33958059.

2- Tong J, Zheng Q, Zhang C, Lo R, Shen J, Ran Z. Erratum: Incidence, Prevalence, and Temporal Trends of Microscopic Colitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Am J Gastroenterol. 2015 Jul;110(7):1121. doi: 10.1038/ajg.2015.46. Erratum for: Am J Gastroenterol. 2015 Feb;110(2):265-76; quiz 277. Zheng, Qinq [corrected to Zheng, Qing]. PMID: 26148269.

3- Burke KE, D'Amato M, Ng SC, Pardi DS, Ludvigsson JF, Khalili H. Microscopic colitis. Nat Rev Dis Primers. 2021 Jun 10;7(1):39. doi: 10.1038/s41572-021-00273-2. PMID: 34112810.

4- Miehlke S, Verhaegh B, Tontini GE, Madisch A, Langner C, Münch A. Microscopic colitis: pathophysiology and clinical management. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2019 Apr;4(4):305-314. doi: 10.1016/S2468-1253(19)30048-2. PMID: 30860066.

5- Sikander A, Sinha SK, Prasad KK, Rana SV. Association of Serotonin Transporter Promoter Polymorphism (5-HTTLPR) with Microscopic Colitis and Ulcerative Colitis. Dig Dis Sci. 2015 Apr;60(4):887-94. doi: 10.1007/s10620-014-3482-y. Epub 2014 Dec 23. PMID: 25532499.

6- Günther U, Bateman AC, Beattie RM, Bauer M, MacDonald TT, Kaskas BA. Connective tissue growth factor expression is increased in collagenous colitis and coeliac disease. Histopathology. 2010 Sep;57(3):427-35. doi: 10.1111/j.1365-2559.2010.03652.x. Epub 2010 Aug 31. PMID: 20840672.

7- Bohr J, Wickbom A, Hegedus A, Nyhlin N, Hultgren Hörnquist E, Tysk C. Diagnosis and management of microscopic colitis: current perspectives. Clin Exp Gastroenterol. 2014 Aug 21;7:273-84. doi: 10.2147/CEG.S63905. PMID: 25170275; PMCID: PMC4144984

MONTESSORI PRINCIPLES AS A CONCEPTUAL MODEL FOR DEVELOPING EXECUTIVE FUNCTION IN EARLY CHILDHOOD

Rahmah Dwi Sistiarini [1], Fatimah Setiani [2]

[1] University of Palangka Raya, Faculty of Education, https://orcid.org/0000-0001-6756-8782
[2] Muhammadiyah University of Sampit, Faculty of Education, https://orcid.org/0009-0008-8048-2164

ABSTRACT

Executive function (EF)—a suite of higher-order cognitive processes encompassing working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility—serves as a critical neurological foundation for self-regulation, goal-directed behavior, and adaptive learning. These skills undergo rapid development during early childhood (ages 3–6 years), driven largely by prefrontal cortex maturation, and robustly predict lifelong academic, social, and emotional outcomes. Consequently, pedagogical strategies intentionally designed to scaffold EF development are urgently needed in early education.

This conceptual paper interrogates how the core principles of Montessori education—including the Prepared Environment, autoeducation, freedom within limits, didactic materials, and sensitive periods—function as an integrated pedagogical system uniquely aligned with EF enhancement. We argue that Montessori philosophy inherently nurtures EF through: 1) Structured autonomy (cultivating inhibitory control via self-directed choice within boundaries); 2) Sensorial, sequential materials (strengthening working memory and cognitive flexibility); 3) Uninterrupted work cycles (promoting attentional endurance and error monitoring); and 4) Mixed-age collaboration (training social-emotional regulation).

Through a systematic synthesis of developmental theory, cognitive neuroscience, and empirical studies on Montessori outcomes, this study constructs a novel framework mapping Montessori practices onto EF growth mechanisms. It posits Montessori education as a naturalistic EF intervention, where pedagogical design mirrors neurodevelopmental readiness. While not empirically tested here, this model offers actionable insights for educators and policymakers seeking evidence-based approaches to embed EF support into early learning environments.

Keywords: Montessori Method, Executive Function, Early Childhood Education, Cognitive Flexibility, Self-Regulation, Neurodevelopment, Prepared Environment

1. INTRODUCTION

Early childhood, particularly between the ages of 2 to 6 years, is a critical period for the development of executive function (EF)—a set of cognitive skills that includes working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility. These functions enable children to plan, focus attention, remember instructions, manage emotions, and juggle multiple tasks successfully. Research shows that strong EF in early years is a significant predictor of later academic achievement, emotional intelligence, and even long-term health and well-being (Bagby & Sulak, 2018).

Despite its importance, EF is often underemphasized in early childhood curricula. Traditional approaches may focus more on rote learning or content knowledge than on supporting children's capacity for self-regulation and flexible thinking. Therefore, it is essential to explore pedagogical models that intentionally foster the development of EF from an early age.

The Montessori method, developed by Dr. Maria Montessori in the early 20th century, offers a unique educational framework that emphasizes independence, order, sensory experience, and purposeful activity in a carefully prepared environment. While originally designed from clinical and observational insights, recent neuroscientific and educational studies suggest that Montessori principles may inherently support the development of EF.

This conceptual paper aims to explore the alignment between Montessori education and the development of executive function in early childhood. By synthesizing current theoretical frameworks and empirical findings, the paper proposes Montessori education as a viable conceptual model for enhancing EF. The discussion contributes to the growing discourse on holistic early education and provides insights for educators, curriculum designers, and policymakers seeking to optimize early learning environments for cognitive growth.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK

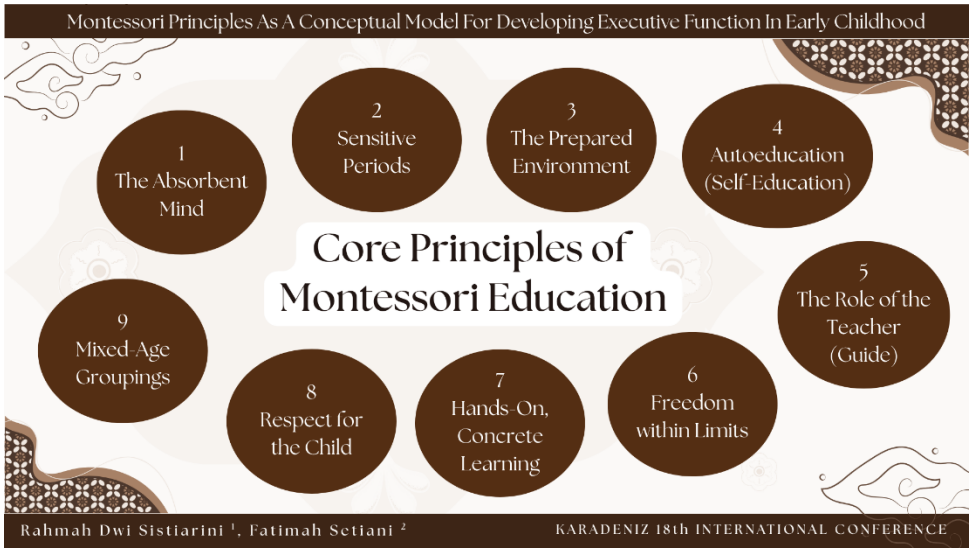
2.1. Overview of Executive Function in Early Childhood

This section provides a foundational understanding of executive function (EF) during the critical preschool years (ages 2–6). It begins by defining the core cognitive components of EF—primarily working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility—and explaining their interdependent roles in guiding goal-directed behavior. The section then details the developmental trajectory of these skills, outlining the significant, yet variable, progression from the fragile emergence of basic EF abilities around age 2 to more reliable and complex functioning by age 6. Finally, it explores the neurological underpinnings of this development (focusing on prefrontal cortex maturation) and links them to observable behavioral indicators of EF growth in young children, such as following multi-step instructions, resisting impulses, shifting between tasks, and engaging in pretend play.

2.2. Core Principles of Montessori Education

This section outlines the foundational tenets of the Montessori educational approach, developed by Dr. Maria Montessori.

Figure 1. Core Principles of Montessori Education



It focuses on the key philosophical and pedagogical principles that distinguish the method, emphasizing its unique perspective on child development and learning [2]. Core principles explored include:

1. The Absorbent Mind: The child's innate, unconscious capacity to effortlessly absorb information and experiences from the environment during early development [3].
2. Sensitive Periods: Specific developmental windows where children exhibit heightened interest and ability to acquire particular skills (e.g., language, order, movement) [4].
3. The Prepared Environment: A carefully designed, orderly, and aesthetically pleasing space equipped with didactic materials that foster independence, exploration, and auto-education [5].
4. Autoeducation (Self-Education): The belief that children possess an intrinsic drive to learn and develop when provided with an appropriate environment and freedom within limits (Ramputty, 2015).
5. The Role of the Teacher (Guide): The educator acts primarily as an observer, facilitator, and preparer of the environment, rather than a director of learning, intervening minimally to support the child's self-directed activity[7].
6. Freedom within Limits: Children are granted significant autonomy to choose their work and pace, operating within clear boundaries that ensure respect for others, the environment, and constructive activity, leading to normalization (self-discipline and concentration)[8].
7. Hands-On, Concrete Learning: The emphasis on sensorial exploration and manipulation of specially designed materials to build foundational cognitive skills and abstract understanding [9].
8. Respect for the Child: Viewing the child as a competent, capable individual deserving of dignity, fostering independence and intrinsic motivation [10].
9. Mixed-Age Groupings: Classrooms typically span three-year age ranges (e.g., 3-6 years), promoting peer learning, collaboration, leadership, and reduced competition [11].

2.3. Conceptual Integration: Montessori and Executive Function

This section synthesizes the core principles of Montessori education (Section 2.2) with the developmental framework of executive function (EF) in early childhood (Section 2.1). It proposes a conceptual model illustrating *how Montessori pedagogy inherently fosters EF development* in children aged 3–6 years through its unique practices and philosophical foundations [12]. Key integrative themes include:

Table 1. Conceptual Integration: Montessori and EF

Dimension	Key Contributions and Directions
Theoretical Contributions	1. Positions Montessori as a *naturalistic EF intervention* through daily pedagogical design 2. Bridges education and neuroscience: "Normalization" mirrors EF maturation
Practical Applications	1. **Curriculum integration**: Adopt Montessori practices (3-hr work cycles, mixed-age groups) 2. **Teacher development**: Prioritize AMI/AMS training for EF-supportive fidelity
Research Frontiers	1. **Longitudinal studies**: Track EF trajectories from early childhood to adolescence 2. **Neuroplasticity mechanisms**: Investigate material-specific neural rewiring (PFC-parietal connectivity) • **Cultural adaptability**: Test efficacy in non-Western and diverse SES contexts

This conceptual integration affirms Montessori pedagogy as a theoretically robust framework for executive function development, where environm ental design, autonomy principles, and neurodevelopmental alignment converge to create implicit training contexts for inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility. While future research must address longitudinal, neurological, and cross-cultural dimensions, the model offers immediate value for reimagining early education as a proactive neuroscience-informed practice that cultivates foundational cognitive skills through purposeful engagement.

3. RESULTS AND DISCUSSION

This section synthesizes theoretical arguments and empirical insights from existing literature to discuss how Montessori principles conceptually support executive function (EF) development in early childhood. Drawing on the framework established in Section 2.3, we contextualize Montessori pedagogy as a holistic model for nurturing EF, addressing both alignments and tensions within the theoretical landscape.

3.1 Theoretical Alignment with EF Development

The core principles of Montessori education demonstrate strong conceptual synergy with executive function enhancement, operating as an integrated pedagogical system[13]. The Prepared Environment functions as a foundational EF scaffold, where its structured, orderly, and self-correcting nature reduces cognitive load. This efficiency frees mental resources for complex EF processes like working memory and cognitive flexibility. Sequential tasks inherent to Montessori materials—such as sensorial sequences—train planning, error monitoring, and task-switching, directly reinforcing core EF subskills [14]

Complementing this, the principle of Freedom Within Limits cultivates inhibitory control through scaffolded autonomy. By making choices within communal boundaries (e.g., waiting for materials or respecting peers' work), children practice impulse regulation and self-monitoring. This aligns with Vygotsky's sociocultural theory, wherein guided autonomy fosters self-regulation [15] Critically, Montessori's emphasis on Sensitive Periods leverages neurodevelopmental timing; activities targeting order, language, and movement coincide with peak prefrontal cortex maturation, optimizing interventions for attention control and working memory efficiency during windows of heightened neuroplasticity [16]

Further strengthening EF, Hands-On Materials engage embodied cognitive processes. Manipulative tasks (e.g., knobbed cylinders, bead chains) require visuospatial working memory, sequential processing, and attentional shifting. The repetition of purposeful activities may consolidate neural pathways for EF, reflecting embodied cognition theories where physical interaction anchors abstract learning [17]. Finally, Mixed-Age Groups explicitly nurture the social dimensions of EF. Collaborative interactions in these settings foster perspective-taking, emotional regulation, and cooperative goal negotiation—skills amplified through peer modeling and leadership opportunities [18]

3.2 Addressing Conceptual Tensions

While Montessori principles align robustly with EF development, two nuances warrant discussion:

- **Structured Flexibility vs. Novel Contexts**: The emphasis on order and routines may enhance EF within familiar tasks but could limit adaptability in unstructured novelty. This suggests a *context-dependent* strength, where Montessori-trained EF excels in focused tasks but may require complementary strategies for exploratory scenarios [19].
- **Intrinsic Motivation and Creativity**: Critics argue that strict routines inhibit creativity; however, Montessori's self-directed work cycles and problem-solving with didactic materials may foster *disciplined innovation*. The absence of external rewards aligns with theories of intrinsic motivation as a catalyst for EF [20]

3.3 Implications and Future Directions

Montessori education is positioned as a potent naturalistic intervention for developing executive functions (EF), implicitly training core skills like inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility through its daily pedagogical design. This perspective bridges educational philosophy with neuroscience, proposing that the Montessori concept of "normalization" – characterized by deep concentration and self-discipline – reflects the underlying neurocognitive maturation of these critical EF skills. To leverage this potential in broader educational settings, practical applications emphasize the integration of key Montessori-inspired practices, such as extended, uninterrupted work cycles and mixed-age groupings, into mainstream early childhood curricula. Crucially, the fidelity and effectiveness of this approach rely on specialized teacher development, prioritizing AMI or AMS-certified training to ensure environments are meticulously prepared to optimally support EF growth.

Significant research frontiers remain to fully understand and validate Montessori's impact on EF. Longitudinal studies are imperative to track how early Montessori exposure influences EF developmental trajectories into adolescence and beyond. Furthermore,

neuroscientific investigation is needed to uncover the specific neuroplasticity mechanisms involved, particularly examining how engagement with Montessori materials might drive material-specific neural rewiring, such as enhanced connectivity between prefrontal and parietal brain regions. Finally, critically assessing the model's cultural adaptability is essential; rigorous research must test its efficacy and necessary adaptations within non-Western contexts and across diverse socioeconomic settings to determine its broader applicability and potential for equitable impact.

REFERENCES

[1] J. Bagby and T. Sulak, "Montessori and Executive Function.," *Montessori Life*, 2018, [Online]. Available: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=10540040&asa=N&AN=129268841&h=NixL9yGLVOCFNLoTsFch%2FJzyhibXiftS1NGUiYcZiIxb3x86GSAGSILrXPblRQs8sUCkY2ipEyt6BYCUL6t0%2Fw%3D%3D&crl=c

[2] J. Kvintova, L. Kremenkova, R. Cuberek, and ..., "Preschoolers' attitudes, school motivation, and executive functions in the context of various types of kindergarten," *Frontiers in …*, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.823980.

[3] M. Montessori, *The Absorbent Mind*. New York: Holt, Rinehart and Winston., 1949.

[4] O. Christensen and K. Gast, "Addressing classism in early childhood education: How social-class sensitive pedagogy and the Montessori method can work together," *Discussions on sensitive issues*, 2015, doi: 10.1108/S0270-402120150000019008.

[5] K. Thompson, *How a Montessori prepared environment builds executive function in a primary classroom*. amshq.org, 2018. [Online]. Available: https://amshq.org/wp-content/uploads/2019/01/how-a-montessori-prepared-environment-builds-executive-function-in-a-primary-classroom.pdf

[6] A. Ramputty, *The continued relevance of a Montessori education in today's society: An auto-ethnographic study*. search.proquest.com, 2015. [Online]. Available: https://search.proquest.com/openview/c8fb254e3b9b475215cd61c77c958a15/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750

[7] I. Weland, *Perspectives of Early Childhood Montessori Guides on Quality Rating Classroom Observation Tools*. search.proquest.com, 2020. [Online]. Available: https://search.proquest.com/openview/a44edc2ea508e825bed6c6bff2daf6c3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y

[8] M. Jurcik, "Freedom and respect: Who are the Montessori school teachers? A teacher identity study in the Czech Republic," *Issues in Educational Research*, 2023, doi: 10.3316/informit.T202405080000870107780049l.

[9] E. McFarland, *Importance of handwriting: how Montessori didactic materials support handwriting*. minds.wisconsin.edu, 2015. [Online]. Available: https://minds.wisconsin.edu/handle/1793/72252

[10] W. Hegseth, *Respect by design: How different educational systems interact with mutual respect in classrooms*. deepblue.lib.umich.edu, 2021. [Online]. Available: https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/167937

[11] A. S. Kazi, S. Moghal, and F. Aziz, "Mixed-age group teaching in second language learning: An observational study of a Montessori classroom in Pakistan," *JECCE*, 2018, [Online]. Available: https://ojs.aiou.edu.pk/index.php/ecce/article/download/502/440

[12] I. Istiningsih, N. Na'imah, and ..., "Model of Teacher–Student Interaction Based on Students' Uniqueness in Elementary School (Benchmarking to Sto. Rosario Montessori School Philippine)," *... Islamic Teacher Journal*, 2022, [Online]. Available: https://journal.iainkudus.ac.id/index.php/elementary/article/view/14059

[13] A. Wójcik, "Pedagogika Montessori–ciągle aktualne wyzwanie dla współczesnej pedagogiki," *Edukacja-Technika-Informatyka*, 2018, [Online]. Available: https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=712784

[14] C. Blair, "Educating executive function," *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 2017, doi: 10.1002/wcs.1403.

[15] B. M. Myers and C. Scott, *Montessori Education: Teaching Self-Regulation through Virtual Instruction*. digitalcommons.coastal.edu, 2021. [Online]. Available: https://digitalcommons.coastal.edu/honors-theses/402/

[16] J. Mallett, "Executive Functions in Montessori Education," *The Bloomsbury Handbook of Montessori Education*, 2023, [Online]. Available: https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5456474&publisher=FZ0661#page=276

[17] A. S. Lillard, "Montessori preschool elevates and equalizes child outcomes: A longitudinal study," *Front Psychol*, vol. 8, 2017, doi: 10.3389/fpsyg.2017.01783.

[18] S. Denervaud, J. F. Knebel, P. Hagmann, and E. Gentaz, "Beyond executive functions, creativity skills benefit academic outcomes: Insights from Montessori education," *PLoS One*, 2019, [Online]. Available: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0225319

[19] D. J. Fleming, B. Culclasure, and D. Zhang, "The Montessori model and creativity.," *Journal of Montessori Research*, 2019, [Online]. Available: https://eric.ed.gov/?id=EJ1234751

[20] J. Phillips-Silver, "Cognitive Control at Age 3: Evaluating Executive Functions in an Equitable Montessori Preschool," *Front Educ (Lausanne)*, vol. 3, 2018, doi: 10.3389/feduc.2018.00106.

YAŞLILARDA ÜRİNER İNKONTİNANS VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI

HEMŞİRE, EYLÜL TOR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

eylultor562@gmail.com- 0000-0001-7737-4738

Dr. Öğr. Üyesi Özge Öz Yıldırım

Ondukuz Mayıs Üniversitesi

ozge.oz@omu.edu.tr -0000-0003-4810-563X

ÖZET

Gelişen teknoloji ve tıp alanındaki ilerlemelerle birlikte dünyada ve Türkiye'de yaşam süresi uzamakta ve yaşlı nüfusu da artmaktadır. Bu durum yaşlanma ile birlikte görülme sıklığı artan ve yaşam kalitesini etkileyen sağlık sorunlarını daha da gözle görülür hale getirmektedir. Yaşlılarda sık görülen ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen sağlık sorunlarından biri de Üriner inkontinanstır. Üriner inkontinans istem dışı idrar kaçırma olarak tanımlanmakta ve yaş ilerledikçe görülme sıklığı da artmaktadır. Üriner inkontinansın önleme ve tedavi etmede özellikle birinci basamak sağlık kuruluşlarında çalışan halk sağlığı hemşirelerine ve klinik hemşirelerine büyük görev düşmektedir. Üriner inkontinansın değiştirilebilir risk faktörlerinin yönetimi, Üriner inkontinansı önlemeye ve tedavi etmeye yönelik yaşam tarzı ve davranış değişiklikleri, Üİ görülme oranını düşürmek ve yaşam kalitesini arttırmak için oldukça önemlidir. Bunun için hemşireler, Üriner inkontinans konusunda bilgilerini güncel tutarak, bakım verdikleri kişiye uygun şekilde davranış değişiklikleri oluşturmayı, baş etme yöntemleri geliştirmeyi ve güçlü iletişim tekniklerini kullanarak kişinin yaşam kalitesini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu derlemede toplumun büyük bir kısmını oluşturan yaşlılar ve bu yaşlılarda sağlığı olumsuz etkileyip yaşam kalitesini düşüren üriner inkontinansa yönelik hemşirelik yaklaşımı hakkında hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üriner inkontinans, Yaşlanma, Hemşirelik Bakımı, Yaşam Kalitesi, Davranış Değişikliği

GENEL BİLGİLER

Dünya nüfusu giderek yaşlanmaktadır. TÜİK 2024 verilerinde Türkiye yaşlı nüfus oranı %10.6 olarak ifade edilmektedir (TÜİK, 2024). Bu oran Türkiye nüfusunun yaşlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yaşlı nüfusun artması geriatrik sendromların da giderek artacağını göstermektedir (Sarı ve Durna, 2022). Geriatrik sendrom; yaşlı hastalarda sık olarak görülen, yaşam kalitesini etkileyip, morbidite ve mortaliliyi arttırabilen klinik sorunlardır (Şahin ve Cankurtaran, 2010). En sık görülen sendromlar ise malnütrisyon, inkontinans, depresyon, deliryum, bası yarası, düşme riskidir. Bu sorunlardan ikincisi olan üriner inkontinans sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Keskinler ve ark., 2013).

1.1.İdrar Kaçırma (Üriner İnkontinans)

Uluslararası Kontinans Derneği (ICS) üriner inkontinans(Üİ) "nesnel olarak gösterilebilen ve sosyal veya hijyenik bir sorun olan istemsiz idrar kaybı" olarak tanımlar (WHO, 2017; D'Ancona ve ark., 2019). İleri yaştaki yaşlılar, eşlik eden güçsüzlükleri bulunanlar ve terminal dönemdekiler sıklıkla Üİ sorunu yaşamaktadır (Nazarko, 2017). Üİ, 65 yaş üstü kişilerde yaygın bir sorundur ve yaşlanmanın normal bir parçası olarak kabul edilmemelidir (Gibson ve ark., 2024). Nüfusun küresel olarak yaşlanması, gelecekte UI insidansında artışa neden olamaktadır. Bu artış ilerleyen zamanlarda idrar kaçırma hem hastalar hem de sağlık hizmeti sağlayıcıları için ciddi bir sağlık ve sosyal yük haline gelmesi beklenmektedir (Živković ve ark., 2022).

1.1.1. Üriner İnkontinans Epidemiyolojisi

Üİ, dünya çapında tahmini 400 milyon kişinin hayatını etkileyen önemli bir sağlık sorunudur (Gibson at all., 2024). Dünya genelinde Üİ genel yaygınlığı için %12-70 arasında değişen oldukça değişken rakamlar vermektedir (Sadri ve ark., 2024; Milsom ve ark., 2019). Kadınlarda inkontinans prevalansı erkeklerden daha fazladır. Genel rakamlara bakıldığında, kadınlarda %9-40 prevalansa sahipken, erkeklerde bu oran %7-20'dir (Hagan ve ark., 2018). Yaşlılarda Üİ %46-76 oranında görülmektedir (Neira-Maldonado ve ark., 2025; Yan ve ark., 2022; Jerez-Roig ve ark., 2024).

1.1.2. Üriner İnkontinans Sınıflandırılması

Uluslararsı Kontinans Birliği üriner inkontinansın, stress, mix, urgency, enürezis, overflow, engellilikle ilişkili ve klimaktüri gibi türleri olduğunu ifade etmektedir. En sık görülen türleri stress, urgency ve mix'tir (Gibson ve ark., 2024; Neira-Maldonado ve ark., 2025;

Urgency(Acil) Üriner İnkontinans:Acil idrar kaçırma, idrar yolu enfeksiyonu veya diğer belirgin patoloji olmaksızın, genellikle sıklık ve gece idrara çıkma ile birlikte görülen idrar sıkışması olarak tanımlanan aşırı aktif mesane (OAB) sendromunun bir semptomudur (Ian Milsom ve ark., 2014). İdrar tutamama olayından hemen önce aniden ortaya çıkan, güçlü, acil idrar yapma ihtiyacını ifade eder (Krištofić ve ark., 2017). Yaşlı yetişkinlerde OAB ile detrusor aşırı aktivitesi arasındaki korelasyon zayıftır (Gibson ve ark., 2024).

Stres Üriner İnkontinans(SÜİ): Stres idrar kaçırma, efor veya fiziksel eforla veya hapşırma veya öksürmeyle istemsiz idrar kaçırmadır (Gibson ve ark., 2024). Genellikle öksürme veya hapşırma sonucu karın içi basıncın aniden artmasıyla oluşmaktadır (Krištofić ve ark., 2017). SÜİ, üretra sfinkter yetersizliği veya pelvik taban kaslarının aşırı hareketliliğinden kaynaklanmaktadır (Gibson ve ark., 2024).

Mix(Karma) Üriner İnkontinans(MÜİ): Birden fazla inkontinans tipinin (stress ve urgency) bulunduğu üriner inkontianns türüdür (Gibson ve ark., 2024). MUI, aciliyet ve fiziksel eforla ilişkili istemsiz idrar kaybıdır (Neira-Maldonado ve ark., 2025)

1.1.3. Üriner İnkontinans Tanısı

Üİ sorunu olan hastaların tedavisinin temeli detaylı bir tıbbi öyküye dayanır. İnkontinanslı bireylerde objektif öykü ve fizik muayene, özellikle kadınlarda jinekolojik muayene tanı koymak için kullanılmaktadır (Krištofić ve ark., 2017). Anamnez verilerinin alınması kapsamında hastaya, tükettiği sıvının türü ve miktarı, idrara çıkma sayısı ve birkaç gün (genellikle üç gün) içindeki olası inkontinans atakları ile ilgili verilerin girileceği bir "idrar günlüğü" verilmelidir. Kahve, alkol, gazlı içecekler, sigara (özellikle öksürüğe neden oluyorsa) gibi idrar kesesi için bilinen tahriş edici maddelerin tüketimi sorgulanmalı ve yazması istenilerek detaylı bilgi toplanmalıdır (Krištofić ve ark, 2017). Değerlendirmede: alt idrar yolu semptomları; depolama semptomları (örneğin, aciliyet, sıklık, stres inkontinansı); boşaltma semptomları (örneğin, ıkınma, yavaş akış, son damlama); idrar sonrası semptomlar (örneğin, tam boşaltamama hissi, idrar sonrası damlama). Eşlik eden hastalıklar (DM, dejeneratif eklem hastalığı, Kronik akciğer hastalığı, konjestif kalp yetmezliği, alt ekstremite venöz yetmezliği, şiddetli kabızlık ve dışkı sıkışması, nörolojik ve psikiyatrik durumlar (felç, Parkinson, demans, depresyon), ilaç kullanımı (diüretikler, beta blokerler, antidepresanlar ve antihistaminik), işlev ve biliş (kendi kendini yönetme stratejileri (örneğin, sıvı alımı, ped kullanımı); ve yaşam kalitesine etkisi sorgulanmalı ve değerlendirilmelidir (Gibson ve ark., 2024; Rufollo ve ark.,2024). Çok sayıda tanı testleri kullanılmaktadır, ped testi, biyokimyasal idrar analizi ve

idrar kültürü gibi laboratuvar testlerinden, sistoskopi ve spesifik hedefli ürodinamik testler gibi spesifik invaziv tanı tesleri kullanılır (Krištofić ve ark., 2017). Ultrasonografi ve diğer radyolojik yöntemler, levator ani, pelvik organlar, mesane, mesane boynu, üretra sfinkteri ve üretra dahil olmak üzere yapıların morfolojisi, hareketi ve işlevini görselleştirerek Üİ tanısı için kullanılır. (Aoki ve ark., 2017; Moris ve ark., 2025; Pietrus ve ark., 2024: Rufollo ve ark.,2024).

1.1.4. Üriner İnkontinans Risk Faktörleri

Üİ için risk faktörleri arasında ileri yaş, cinsiyet, hormonal durum (hipoöstrojenemi), menopoz, doğum ve doğum travması, genetik farklılıklar, tekrarlayan dirençli üriner sistem enfeksiyonları, obezite, kronik kabızlık, öksürme, sigara, histerektomi, kronik hastalıklar ve kronik hastalıklarda kullanılan ilaçlar yer almaktadır (Terzi, 2013; Zhu ve ark., 2024; Oliveira ve ark., 2025).

Cinsiyet ve Yaş: Üİ, kadınlarda erkeklere oranla daha fazla görülür (Nazarko, 2017; Alaish ve ark., 2024). Cinsiyetler arasında patofizyolojide bazı örtüşmeler görülse de erkeklerde idrar kaçırma genellikle prostat büyümesinin veya prostat kanseri için ameliyat veya radyoterapi sırasında idrar kaçırma mekanizmalarının hasar görmesinin bir sonucudur. Buna karşılık, kadınlarda idrar kaçırma genellikle mesane veya pelvik taban kaslarının işlev bozukluğuyla ilişkilidir ve bu işlev bozukluğu genellikle gebelik veya doğum sırasında veya menopoz zamanında ortaya çıkar (Aoki ve ark., 2017). Üİ yaşla birlikte artmakta ve 70 yaş üstü kadın popülasyonunun %40'tan fazlası etkilenmektedir (Milsom ve ark., 2019). 60-64 yaşlarındaki erkeklerde %11, 85 yaş ve üzeri erkeklerde ise %31 oranında görüldüğü bildirilmektedir (Gacci ve ark., 2022).

Doğum ve Doğum Travması; Doğum, kadınlar için kritik bir olayıdır ve yaşamlarını büyük ölçüde etkiler. Gebelik ilerledikçe, genişleyen rahim uterus mesane ve çevresindeki anatomik yapılara zamanla artan bir baskı uygular. Belirgin hormonal dalgalanmalarla birlikte, pelvik taban kasları ve destekleyici dokuların dirençleri azalır ve bu da sfinkter kontrolünün bozulmasına neden olur böylece Üİ görülme olasılığını artırır (Dai ve ark., 2023). Doğum şekline baktığımızda vajinal doğumun doğum sonrası Üİ için risk faktörüdür. Vajinal doğum yapan kadınlarda Üİ, anal inkontinans ve pelvik organ prolapsusu görülme sıklığı daha fazladır, ayrıca doğum sırasında doğumu kolaylaştırmak için yapılan epizyotomi, forseps veya vakum kullanımı ve laserasyon uygulanan kadınların SÜİ görülmeye eğilimlidir (Kızılkaya ve ark., 2021). Üİ risk faktörleri olarak doğum sayısı, doğum yaşı (yaş ilerledikçe kaslarda zayıflık artıyor), epizyotomi varlığı, doğum şekli, zor doğum, multipar gebelik, yenidoğan ağırlığı,

hormonel değişiklikler, gebelikte bebekteki kilo artışı nedeniyle uterusun diğer karın içi organlara ve mesane üzerine basınç yapması karın içi basıncının artması ve böbreklerde glomerül filtrasyon hızının artışına bağlı olarak idrar yapımının artması SÜİ gelişmesine zemin hazırlamaktadır (Öz ve Altay, 2017; Dai ve ark., 2023; Yalazı ve Demirci, 2025).

Menopoz; Menopoz, yumurtlama fonksiyonunun sonlandığı evre ile başlayan yaşam periyodudur ve menopoz sonucu ortaya çıkan östrojen eksikliği fizyolojik birçok değişiklik ile sonuçlanmaktadır (Demir ve Yılmaz, 2022). Östrojen hormonu pelvik taban kasların gücünü korumaya yardımcı olur menopozdan sonra östrojenlerin azalması bu kasları zayıflatabilir ve Üİ riskini arttırır (Amal ve ark., 2024). Demir ve Yılmaz'ın yaptığı çalışmada menopoz dönemindeki kadınların yaklaşık üçte birinde Üİ görülmüştür (Demir ve Yılmaz, 2022). Menopoz döneminde östrojen yetersizliği; uterus, vajina ve üretrada epitelyal atrofi, kolajen kaybı gibi histolojik değişikliklere yol açabilmektedir. Bütün bu değişiklikler kişide acil idrara çıkma ve tekrarlayan üriner sistem enfeksiyonları gibi üriner sistem semptomlarına sebep olabilmektedir (Onur ve Bayrak, 2015; Öz ve Altay, 2017; Demir ve Yılmaz, 2022).

Üriner Sistem Enfeksiyonları: Yaşlanma sürecinde meydana gelen bir dizi fizyolojik ve morfolojik değişiklikler yaşlı hastaların enfeksiyonlara karşı potansiyel olarak daha savunmasız hale gelmesine neden olur (Demiray ve ark., 2022). Üriner sistem enfeksiyonu olan yaşlı kadınlarda Üİ etkileyen temel faktörlerdendir (Alaish ve ark., 2024). İdrar yolu enfeksiyonları (İYE) mesanenin iltihaplanmasına ve tahrişine neden olarak Üİ semptomlarına yol açmaktadır (Qian ve ark., 2024).

Obezite: Üriner inkontinans durumunun obezite ile artmasının nedeni, obezitenin karın içi basıncı artırması ve pelvik taban kaslarını gererek mesaneye baskı yapması nedeniyle olduğu belirlenmiştir (Öz ve Altay, 2017). Akdemir ve ark. yaptığı çalışmada Üİ bulunan obez ve obez olmayan kadınların hayat kaliteleri ve seksüel fonksiyonları karşılaştırılmıştır. Obez kadınlarda Üİ semptomlarının daha fazla ve daha sık olduğu, fakat fiziksel aktivite, sosyal hayat ve duygu durumla ilişkili hayat kalitelerinde fark olmadığı, seksüel fonksiyonlarında obez olan kadınlarda daha düşük olduğu saptanmıştır (Akdemir ve ark., 2020).

Kronik Kabızlık; Kabızlık gibi karın içi basıncın artışına neden olan kronik her durum Üİ gelişilmesine veya artması için risk faktörüdür (Onur ve Bayrak, 2015). Kabızlıkla beraber dışkılama sırasındaki ıkınma pelvik taban ve karın içi basınç artışına neden olur ayrıca kronik kabızlıkta tekrarlayan ve uzamış ıkınma sonucunda pudendal sinirde meydana gelen hasar nedeniyle de Üİ sebep olmaktadır (Onur ve Bayrak, 2015; Kadıoğlu ve Beji, 2016).

Genetik Faktörler; Üİ genetik faktörler etkilemektedir (Alaish ve ark., 2024). Anne veya ablasında Üİ olanlarda SÜİ olma riski daha fazladır ve semptomları daha ciddidir (Onur ve Bayrak, 2015).

Öksürük, Akciğer Hastalıkları ve Sigara; Akciğer hastalıkları nedeniyle kronik öksürük oluşması ve öksürüğün karın içi basıncını arttırması Üİ neden olur (Külekçi ve ark., 2025). Fizyolojik mekanizması tam bilinmemekle birlikte sigara kullanmaya bağlı olarak ortaya çıkan kronik öksürüğün, pelvik taban kaslarının hasar görmesine, karın içi basıncının artmasına neden olabilmekte ve sigarada bulunan zararlı maddelerin mesanede irrite etki göstermesi sonucunda Üİ meydana gelebileceği bildirilmektedir (Onur ve Bayrak, 2015).

Histerektomi; Histerektomi birkaç durum ile Üİ neden olmaktadır. Histerektomi sırasında oluşan cerrahi travma, üretra desteğini veya üretra kas ve fasya hasarları, pelvik sinir ve pelvik destek yapısı yaralanmaları, vajinanın kısaltılması, mesanenin anatomik pozisyonunda ve üretra arasındaki açıda değişiklikler ve cerrahi menopoz sonucu meydana gelen östrojen eksikliği nedeniyle Üİ gelişebilmektedir (Qian ve ark., 2024; Onur ve Bayrak, 2015).

Diyabet; Diyabet, kan şekeri seviyelerinin normal seviyeden yüksek olduğu ve bazı semptomlar gösteren bir metabolik sendromdur. Pankreasın glikozu vücuttaki hücrelere taşımak için yetersiz insülin veya hiç insülin üretememesi sonucunda ortaya çıkar. Mesane sorunları diyabetli kişilerde görülebilir. Bu, kan şekeri seviyesinin kontrol altına alınmadığı durumlarda oluşabilen sinir hasarı (nöropati) nedeniyle oluşan nörojenik mesane nedeniyle Üİ yaşanmaktadır (BBC, 2022).

Nörolojik Hastalıklar; Üİ nörolojik hastalarda oldukça yaygındır ve yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Üİ'nin şiddeti ve türü nörolojik hastalığın kapsamına, süresine ve yerine bağlıdır. Nörolojik hastaların yaşadığı Üİ çoğunlukla istemsiz detrusor kasılmaları nedeniyle depolama disfonksiyonundan kaynaklanmaktadır (Vesentini ve ark., 2024).

Hipertansiyon ve Kullanılan İlaçlar; Hipertansiyonu tedavi etmekte kullanılan ilaçlar alfa adrenerjik reseptörleri bloke ederek üretrayı gevşetmekte ve üretra sfinkter yetmezliğinin gelişmesine neden olmaktadır. Çeşitli ilaçlar idrar oluşumunu hızlandırırken bazı ilaçlar da sempatik ve parasempatik sinir sistemi üzerinde etki oluşturarak Üİ neden olmaktadır. Bunlar arasında diüretikler, narkotik analjezikler, alfa agonistler, antikolinerjikler, alkol, antiparkinson ilaçlar, ankiyolitik/benzodiazepinler ve antipsikotiklerdir (Onur ve Bayrak, 2015).

1.1.5. Üriner İnkontinanasın Yaşam Kalitesine Etkisi

Üİ toplum ve bireyin sağlığının fiziksel, sosyal ve spirütüel boyutları üzerindeki olumsuz etkileri olan önemli bir sorundur (Rüzgar ve ark., 2020). Üİ etkileri çok yönlüdür ve farklı düzeylerde bireylerin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Gezginci ve ark., 2024). Bunlar:

Üriner İnkontinansıyla İlişkili Damgalanma ve Buna Bağlı Sosyal Yaşamda Kısıtlanma: Üriner inkontinans, sosyal ve dini yaşamlarını etkileyen çok boyutlu bir problemdir. Yaşamı tehdit etmese de sürekli ıslaklık hissi ve irritasyon nedeniyle bireye sıkıntı veren, anksiyeteyi artıran, yetersizlik duygusu hissettiren, özgüveni azaltan ve depresyona kadar varan emosyonel sorunlara neden olabilmektedir. Üİ yaşayan bireyler; evden dışarı çıkamama, misafirlik ve alışverişe gidememe durumu ile dini işlerini yapama gibi sorunlarla karşılaşmaktadırlar (Ilçe ve Ayhan, 2011; Rüzgar ve ark., 2020).

Psikolojik morbidite: Üİ olan bireyler derin bir utanç duyar ve sürekli bir kaza geçirme korkusuyla yaşar ayrıca sürekli pet takma veya yanında yedek kıyafet taşıma gibi ekstra yükler nedeniyle zorlanmaktadırlar. Bu durum, arkadaşlarıyla veya aileleriyle takılmak, sosyal etkinliklere katılmak hatta bir zamanlar sevdikleri şeyleri yapmaktan kaçınmalarına sebep olmaktadır. Bu kısıtlayıcı durum tedavi edilmezse depresyon, anksiyete, kendini gerçekleştirmede başarısızlık, kendi ve baş etme becerileri hakkındaki yetersizlik gibi çok yönlü etkilenmektedirler. Üİ aile ve bakım vericilerde psikolojik yükü üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Aoki at all., 2017; NAFC, 2024; Demirci ve ark., 2012).

Günlük Aktivite ve Egzersiz Kısıtlaması; Üİ olan bireyler fiziksel aktivitelerini azaltmakta ve seyahat gibi rutin aktiviteleri ertelemekte, günlük ev işlerinde (bulaşık yıkama, çamaşır yıkama, ev süpürme, yemek yapma) kendilerini kısıtlamaktadırlar SİÜ sorunu yaşayan birçok kadın, özellikle idrar kaçırma korkusu nedeniyle fiziksel egzersizlerden kaçınmaktadırlar. Her yaştan 3 kadından birisi fiziksel aktivite ve egzersiz sırasında idrar sızıntısı yaşamasına rağmen fiziksel aktivitenin ve farklı türden egzersizlerin Üİ ve tipleri üzerindeki yaşam kalitesine pozitif yönde etkisi olduğu kabul edilmektedir (Kadıoğlu ve Beji, 2016; Sönmez ve ark., 2024; Demirci ve ark., 2012).

Cinsel Aktivitede Başarısızlık ve İlişkilerden Kaçınma; Üİ olan kadınların erkek partnerleri de daha düşük cinsel işlev ve cinsel tatmin bildirmektedir. Genel olarak, kadınlarda idrar tutamama ve sıkışma hissi, etkilenen kadınların neredeyse %50'sinde ve partnerlerinin %20'sinde cinsel işlevi olumsuz etkilemektedir (Aoki ve ark, 2017).

Üriner sistem enfeksiyonları; Üİ bireylerde bası yarası, enfeksiyon, sepsis ve böbrek yetmezliği riskini artırmaktadır. Üİ'e bağlı cilt iritasyonu dekübites ülserlerinin iyileşmesini yavaşlattığı gibi candidal enfeksiyon ve selülit gelişimini kolaylaştırır. İdrar retansiyonunun gözden kaçması ya da uygun olmayan kalıcı mesane kateterleri nedeniyle üriner sistem enfeksiyonlarına hatta ürosepsise neden olabilmektedir (Ilçe ve Ayhan, 2011).

Cilt Bakımı Sorunları; Sürekli ped kullanma gereksinimi buna bağlı nem, özellikle idrarın ciltte tahrişe ve ağrımasına sebep olmaktadır (NAFC, 2024).

Sıvı kullanımında azalma: Aşırı sıvı alımı, Üİ'ı artırabilirken, sıvı kısıtlaması da dehidratasyon, konstipasyon ve idrar konsantrasyon artışına neden olabilir. İdrar konsantrasyonundaki bu artış mesane mukozosunda irritasyonu ve acil idrar yapma hissini, sık idrar yapmayı ve idrar yolu enfeksiyonlarını tetikleyebilir (Kadıoğlu ve Beji, 2016).

1.1.6. İdrar Kaçırmanın Tedavisi

Üriner inkontinansın tedavisinde cerrahi, farmakolojik ve davranış değişikliğine yönelik tedaviler bulunmaktadır (Rufollo ve ark.,2024).

1.2.İdrar Kaçırmada Hemşirelik Yaklaşımları

Üro-jinekolojik sorunların tanılamada yaşanılan en büyük zorluk bireye sorulmadığı sürece kişinin ifade etmemesidir. Dolayısıyla tanı, tedavi ve bakım yeterli düzeyde yapılamamaktadır (Yıldız ve Turan, 2021). İdrar kaçırmayı sağlıklı bir şekilde yönetilmesinde hemşirelik girişimleri büyük önem taşımaktadır. Hemşireler tarafından kolaylıkla kullanılabilen davranışsal tedavi yöntemleri ucuz, etkili, kolay yapılabilen ve yan etkisizdir (Gülnar ve Çalışkan, 2022). İdrar kaçırmada uygulanacak hemşirelik yaklaşımları;

- Öncelikle risk guruplarını belirleyip idrar kaçırma sorunu olmadan, Üİ risklerini anlatıp davranış tedavileri yöntemleri ve farkındalığı oluşturmalı. Risk faktörlerine yönelik bilgi ve eğitim verilmelidir (Öz ve Altay, 2017).
- Hastanın değerlendirilmesi; ÜİyönelikSağlık hikayesi, mental durum değerlendirmesi, çevresel değerlendirme, fonksiyonel değerlendirme, sosyal destekler, mesane kaydı ve fizik muayene yöntemleri kullanılır. Hemşirenin Üİ'si olan hastanın öyküsü ve fizik muayene doğrultusunda diğer ekip üyeleri ile birlikte kişiye özgü bakım planı geliştirmelidir (Özcan ve Kapucu, 2014).

- Davranış değişikliği uygulamalarının, Üİ başlangıcında ya da sonrasında semptomların azalmasında önemli rol oynadığı için hemşireler tarafından idrar kaçırma şikâyeti olan hastaların bakımında uygulanmalıdır (Kadıoğlu ve Beji, 2016).
- Üİ'si olan hastalarda mesane günlüklerine bakılarak diyetlerinde düzenlemeler yapılabilir. Sıvı kısıtlaması yapılmalı fakat sıvı almasında düzenlemeler bireye özgü yapmalı, sıvı alımınızı günde 6-8 su bardaktır ve sıvı alımınızı gün boyunca yayılmalıdır (Wakamatsu, 2019). Kafein, şekerli, gazlı içecekler, meyve suyu, demli çay uzak durması gerektiği açıklanmalı veya tüketimi azaltmaları için teşvik edilmeli, Gece idrara çıkmayı azaltmak için, yaklaşık olarak yatmadan 3-4 saat önce sıvı alımının azaltılması tavsiye edilir. Hasta bunu yapamayacak konumda ise bakım vericilerine bu hakkında bilgi verip eğitim düzenlemelerdir (Yıldız ve Turan, 2021; Çayır ve Beji, 2018). Diüretik etkisinden dolayı alkol kullanması kısıtlanmalı veya bırakılması önerilmelidir (Gümüşsoy ve Kavlak, 2016).
- Üİ tedavisinde obezite ile mücadele önemli yer tutmaktadır. Hemşireler obezite ve obezitenin Üİ gelişimindeki önemini ve risk faktörü olduğu konusunda bilgilendirme yapmalı, kilo kontrolü için diyet programı düzenlemeli ayrıca sedanter yaşamı azaltmak için bireye uygun fiziksel aktiviteleri arttırılmaları, yürüyüş yapmaları, yedikleri besinlere dikkat etmeleri ve ihtiyacı doğrultusunda diyetisyenden destek almaları sağlanmalıdır (Öz ve Altay, 2017).
- Bazı yiyecekler idrara kötü veya daha yoğun bir koku verir; balık, soğan, sarımsak, kahve ve kuşkonmazdır diyette bu besinlere dikkat edilmesi konusunda bilgilendirilmelidir (Catanese, 2025). Vitamin D, protein ve potasyum ağırlıklı beslenenlerde AAM semptomlarının görülmesi anlamlı derecede düşük bulunmuştur bu nedenle diyete dahil edilmelidir (Kadıoğlu ve Beji, 2016).
- Üriner inkontinansla ilişkili bulunan diğer bir faktör de konstipasyondur. Konstipasyona sebep olabilecek nedenlerin sorgulanması hastaya uygun diyet seçimi konusunda hastanın bilgilendirilmesi, hataya besin gurupları hakkında bilgi verilmesi, lifli gıdalar tüketmesi ve diyetine dahil edilmesi sağlanmalıdır (Onur ve Bayrak, 2015).
- Sigara kronik öksürüğe sebep olması açısından inkontinans artışına neden olabilmektedir. Bununla birlikte sigara kullanımının bırakılması önerilmeli gerekli durumluda sigara bırakma için diğer ekip üyelerinden destek alınmalı saman nezlesi astım bronşit gibi hastalıklar içinde bir yardım alınmalı (Yıldız ve Turan, 2021).

- Karın içi basıncı arttıracağı için ağır yükler kaldırılması engellenmeli ve bu konuda eğitim verilmeli, (BBC, 2022).
- Hastaları sedanter yaşam tarzından uzaklaşması önerilmelidir. Bireyin kronik hastalık, kullandığı ilaç, fiziksel ve mental olarak el verdiği sürece spor yapması hem sosyal hem de fiziksel (konstipasyon ve obezite gelişmesini azaltmak) olarak katkı sağlamakta, yaşam kalitesini arttırmaktadır (Yıldız ve Turan, 2021).
- Üİ idrar yolu enfeksiyonlarına ve kötü kokuya neden olur bu yüzden hastalara genital hijyen, banyo konusunda bilgi verilmeli. Genital hijyen için; tuvaletten sonra silmenin önden arkaya doğru olması, uygun pamuklu iç çamaşırı giymesi, korunmak için ped kullanması ve düzenli aralıklarla değiştirmesi bireye uygun ped sıklıkları belirlenmeli. Pedlerin dolmasını beklemeden zamanı gelince pedi değiştirilmesi, pamuklu pedlerin tercih edilmesi, sıvı tüketilmesi, diyette idrara kötü kokutmasına sebep olacak sarımsak soğan gibi koku verici ve irritasyona neden olabilecek yiyeceklerden uzak durulması için bilgi ve eğitim verilir (Catanese, 2025; Howard LeWine, 2023).
- Ped kullanma ve ıslaklık nedeniyle cildin tahriş olmasını önlemek için nem emici malzemelere sahip emici pedler nemin vücuttan uzak tutulmasına ve tahrişin önlenmesine yardımcı olurken, nem bariyeri kremleri cildin idrarla temas etmesini önlemeye yardımcı olur hemşire biberiyeleri bu konuda bilgilendirerek danışmanlık vermelidir (NAFC, 2024).
- Erkeklerde idrar sonrası damlamayı önlemek için idrar yaptıktan sonra birkaç saniye beklemeleri veya sallamaları önerilir. Pantolonda ıslaklık olmasını önlemek için peçete konulması önerilir (BBC, 2022).
- Hastalara pelvik taban kas eğitimi (Kegel egzersizi), mesane eğitimi, Alışkanlık Eğitimi (Zamanlı Miksiyon, Tuvalete Gitme Programı Oluşturma) ve idrar yapmayı teşvik etme gibi konularda eğitim verilip nasıl ne zaman yapması gerektiği koşunda bilgi verilip eğitim yapılmalı ve bunları düzenli aralıklarla yapması sağlanmalı (Yıldız ve Turan 2021).
- Kegel egzersizinin değişik pozisyonlarda (otururken, ayakta ve yatarken) günde 2-3 tekrardan 3 set 10 kasılma (her biri arasında yeterli gevşeme ile) mesane boş iken yapılması önerilir. Egzersizi değişik pozisyonlarda yapılma nedeni mesane boynu ve üretranın abdominal kavitede değişik konumlarda koruma sağlar. Kegel egzersizinin fizyolojik etkisi iki hafta sonra gözle görülmeye başlar, 6 ile 8 haftada şikayetlerde azalma olur. Etkili olabilmesi için egzersiz 8-12 hafta uygulanmalıdır. Yaşlı hastalarda

daha uzun zaman sonra yanıt alınabilir (Özcan ve Kapucu, 2014). Kegel egzersizi yapmak için öncelikli doğru kas gurubunu bulmak gerekir. Bunun için tuvalette idrar yaparken idrarını kesmesi istenir ve bunu yaparken hangi kasını kullandığına dikkat etmesi istenir bu esnada kullanmış olduğu kaslar, egzersiz sırasında da kullanması gereken kaslardır. Yalnız bunun sadece pelvik taban kaslarını öğrenmesi açısından önemli olduğu ve sürekli yapmaması gerektiği hakkında bilgilendirilir (Gümüşsoy ve Kavlak, 2016).

- Erkekler için pelvik taban egzersizi; pelvik taban kasları kuvvetlendirmek için yapılacak ilk şey doğru kası belirlemektir. Uyluk, karın ve kasık kaslarını gevşemiş bir şekilde oturarak veya uzanarak yapılır. İshal veya gazı kontrol etmeye çalışıyormuş gibi sırt ve makat etrafındaki kas halkaları sıkılır. Kasın hareket ettiğini hissedebilmeli fakat çok fazla zorlamamalı. Penisi kısaltmak için vücudun içine çekmeye ve aynı zamanda skrotumu yukarı göbek deliğine doğru kaldırmaları hayal etmeleri istenir. Teknik doğruysa pelvik taban kasları her sıkıldığında penisin tabanında bir çukurluk hissedilir ve skrotum hafifçe yukarı hareket ettirilir. Bunu her defasında 10 yavaş kasılma ve 4 saniye dinlendirme şeklinde günde 3-4 defa yapılmalıdır (BBC, 2022).
- Biofeedback pelvik kasların etkin kasılıp kasılmadığını bir ekran ve ses ile monitör aracılığıyla gösteren bir öğretme yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması ile kişiler pelvik kaslarının etkin şekilde olmayan kas kontraksiyonlarını fark ederek doğru uygulamaya yönlenmektedir (Cici ve Koçak, 2021).
- Mesane Eğitimi Mesane eğitiminin amacı idrar yapma hissine karşı koyarak idrar yapmayı ertelemelerini sağlamak, böylece mesane kapasitesini arttırmak, kontinans sıklığını azaltmak ve planlanan düzenli aralıklarla yapılmasını sağlamaktır (Gümüşsoy ve Kavlak, 2016). Tuvalete gitme isteği olduğu zaman ertelenir ve bir sonraki tuvalete gitmeden önce 1- 1.5 saat beklenir. Hedef, idrara çıkmalar arasında 3-4 saat olmalıdır. Buna ulaşmak birkaç ay sürebilir. Bu zamanlar için günlük tutmaları önerilir günlükte bir gün boyunca kaç saat aralıklarla idrar yapıldı yazılır. Ve hedef tuvalete gitme sayısı belirlenir o saate ulaşabilmek için tuvalet ihtiyaçlarını kendi durumlarına göre ertelemeye başlanır (Wakamatsu, 2019). Uygulayacak bireylerin kendilerini tuvalete götürebilecek kadar fiziksel ve mental olarak yeterli olması gerekmektedir (Özcan ve Kapucu, 2014).
- Alışkanlık Eğitimi (Zamanlı Miksiyon, Tuvalete Gitme Programı Oluşturma) ve İdrar Yapmayı Teşvik Etme; alışkanlık eğitimi, kişinin idrar yapma alışkanlığına uygun

olarak planlanan tuvalete gitme programıdır. Burada amaç; kişinin inkontinansı olmadan idrarını yaparak kuru kalmasıdır. Süre dolmadan idrar yapma hissi olsa bile, tuvalete gitmemesi, zamanı geldiğinde ise idrar yapma hissi olmasa bile idrar yapmaya çalışması şeklindedir. Bireyin kendisinin farkında olan, mesane günlüğü tutabilen ve fiziksel olarak kendisi tuvalete gidebilen kişiler için daha uygudur hemşireler hastanın durumuna uygun bu eğitimi verip desteklemelidir (Özcan ve Kapucu, 2014; Gümüşsoy ve Kavlak, 2016).

- Gebelik ve doğum Üİ için önemli risk faktörlerindendir. Gebelik öncesi kadınları kegel egzersizine erken dönemde başlanması davranış tedavileri konusunda bilgilendirilmelidir (Dai ve ark., 2018).
- Menopozun risk faktörü olduğu ve sonrasında kadınların sağlık kontrollerini düzenli olarak yaptırması konusunda bilgilendirilmelidir (Yıldız ve Turan 2021).
- Kronik hastalıklara karşı hemşire öz yönetiminde; hastaların kendi sağlık durumlarına özgü hedefleri belirlemelerini ve bu hedefler doğrultusunda yaşadıkları sorunları saptama ve çözme becerisi kazanmalarını sağlamak için eğitim ve destek vermelidir (Şentürk, 2021).
- Sosyal izolasyon acısından hastalara baş etme yöntemleri ve psikososyal acıdan destek olunmalı, kişisel hijyene dikkat ederek olabildiğince dini ritüelleri yerine getirmesi sağlanmalıdır (Rüzgar ve ark., 2020). Üİ sorunu olan kişiler bir araya gelmesi sağlanarak, sosyal iletişim kurmaları desteklenmelidir (Yıldız ve Turan, 2021).
- Hemşirelerin farmakolojik tedavi gören hastalara; neden ilaç kullanması gerektiğini, ne zaman ve hangi dozda alacağını, gelişebilecek yan etkilerini, olumsuz bir durumda doktoruna başvurması gerektiğini, diüretik ilaçlar gündüz alması gerektiğini açık anlaşır bir dille anlatması gerekmektedir. Eğer hastaya cerrahi tedavi uygulanacak ise; cerrahi girişim sonrasında yara bakımının nasıl olacağı, enfeksiyondan nasıl koruması gerektiği ve idrar yolu enfeksiyonu hakkında bilgi verir (Yıldız ve Turan, 2021).

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak ülkemiz ve dünyada yaşlı nüfusu giderek artmaktadır. Buna bağlı yaşlanma ile birlikte fizyolojik psikolojik, sosyal alanlardaki değişiklikler sebebiyle birçok sorun meydana gelmektedir. Bunlardan bir tanesi de idrar kaçırma sorunudur. Dünya genelinde idrar kaçırmanın genel yaygınlığı kadınlarda %9-%40 erkeklerde %7-%20'dir. İdrar kaçırma başlıca, stress, urgency ve mix olarak sınıflandırılmaktadır. İdrar kaçırma için yaş, cinsiyet, obezite, menopoz, doğum yaşı, doğum yöntemi, doğumda kullanan aletler (vakum forseps, epizyotomi) gebelik sayısı, kronik kabızlık, genetik faktörler, sigara kullanma ve kronik öksürük risk faktörlerindendir. İdrar kaçırma birçok kişinin yaşam kalitesinde büyük oranda etkiler. Hemşire olarak önceliğimiz idrar kaçırma sorunu olmadan risk faktörü bulunan kişilerin eğitim verilmesi ve risk faktörlerini en aza indirmektir. İdrar kaçırma sorunu bulunan özellikle yaşlılarda yaşam kalitesini arttıracak davranışsal tedavi yöntemlerini kullanmak, idrar kaçırma sorununu en aza indirmek veya sosyal hayatta en az etki edecek şekilde yaşlılara baş etme yöntemlerini ve davranış değişikliklerini kazandırmayı amaçlarız. Bunun için özellikle birinci basamak sağlık kuruluşlarında çalışan Halk Sağlığı hemşireleri ve yaşlı bireylerle yakından çalışan klinik hemşirelerine büyük görev düşmektedir. Hemşireler, Üİ konusunda bilgilerini güncel tutarak bakım verdikleri bireye uygun şekilde eğitim, danışmanlık ve hemşirelik bakımı vererek, bireyin yaşam kalitesini en üst düzeye çıkarmayı hedeflemelidir.

3. KAYNAKLAR

1) 2024. TÜİK İstatistiklerle yaşlılar, https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Yaslilar-2024-54079 (erişim tarihi: 05.05.2025).
2) Akdemir, A. Y., Navruzova, K., Büyükuysal, M. Ç., Özmen, Ü., Harma, M., & Harma, M. (2020). Üriner İnkontinans Bulunan Obez ve Obez Olmayan Kadınların Hayat Kalitelerinin ve Seksüel Fonksiyonlarının Karşılaştırılması. Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi, 4(2), 84-89.
3) Alaish, M. H., AlNihab, A. N., Al-Shehab, A. H., Al Awani, A. H., Al-aman, A. M., & Alrebeh, M. M. (2024). Prevalence and Factors Related to Urinary Incontinence in the Elderly: A Systematic Review.
4) Amal, R. J., Sanutra, D., & Sandikta, J. R. (2024). Analysis of Risk Prediction Models to Identify Patients at High Risk of Urinary Incontinence. Sriwijaya Journal of Internal Medicine, 2(1), 136-141.
5) Aoki, Y., Brown, H. W., Brubaker, L., Cornu, J. N., Daly, J. O., & Cartwright, R. (2017). Urinary incontinence in women. Nature reviews. Disease primers, 3, 17042. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.42
6) BBC 2022, Conditions and symtomos and post micturion https://www.bladderandbowel.org/bladder/bladder-conditions-and-symptoms/post-micturition-dribble/ (erişim tarihi: 30.05.2025).
7) BBC Diabetes incontinence 2022 https://www.bladderandbowel.org/associated-illness/diabetes-incontinence/ (erişim tarihi: 10.05.2025).
8) Cici, R., & Koçak, D. Y. (2021). Obezite Cerrahisinin Kadınlarda İnkontinans Üzerine Etkisi ve Hemşirelik Yaklaşımı. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 5(2), 404-411.
9) Çayır, G., & Beji, N. K. (2018). Aşırı aktif mesaneli bireylerde Pender'in Sağlığı Geliştirme Modeli doğrultusunda planlanan davranışsal tedavi girişimleri. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 5(3), 443-452.
10) Dai, S., Chen, H., & Luo, T. (2023). Prevalence and factors of urinary incontinence among postpartum: systematic review and meta-analysis. *BMC pregnancy and childbirth*, *23*(1), 761. https://doi.org/10.1186/s12884-023-06059-6
11) D'Ancona, C., Haylen, B., Oelke, M., Abranches-Monteiro, L., Arnold, E., Goldman, H., ... & Standardisation Steering Committee ICS and the ICS Working Group on Terminology for Male Lower Urinary Tract & Pelvic Floor Symptoms and Dysfunction.

(2019). The International Continence Society (ICS) report on the terminology for adult male lower urinary tract and pelvic floor symptoms and dysfunction. Neurourology and urodynamics, 38(2), 433-477.

12) Demir, N. K., & Yılmaz, T. (2022). Menopoz Döneminde Olan Kadınlarda Üriner İnkontinans. Kadın Sağlığı Hemşireliği Dergisi, 8(3), 169-178.

13) Demiray, E. K. D., Alkan, S., Önder, T., Öntürk, H., & Önder, A. (2022). Yaşlılıkta Kırılganlık ve Üriner Sistem Enfeksiyonları. Black Sea Journal of Health Science, 5(1), 143-149.

14) Demirci, N., Aba, Y. A., Süzer, F., Karadağ, F., & Ataman, H. (2012). 18 Yaş Üstü Kadınlarda Üriner İnkontinans ve Yaşam Kalitesine Etkileri. Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi, 7(19), 23-37.

15) Gezginci, E., Ata, A., & Goktas, S. (2024). Erkek idrar kaçırmanın yaşam kalitesi ve cinsel sağlık üzerindeki etkisi. Uluslararası Üroloji Hemşireliği Dergisi , 18 (3), e12418.

16) Gibson, W., Molnar, F., & Frank, C. (2024). Assessment of urinary incontinence in older adults, part 1. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*, *70*(4), 249–253. https://doi.org/10.46747/cfp.7004249

17) Gülnar, E., & Çalışkan, N. (2022). Stres İnkontinansta Hemşirelik Yaklaşımı: Stres İnkontinans Bakım Protokolü. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 11(1), 308-318.

18) Gümüşsoy, S., & Kavlak, O. (2016). Kadınlarda üriner inkontinansın birinci basamak tedavisinde konservatif yöntemler. Klinik Tıp Aile Hekimliği, 8(6), 6-14.

19) Hagan, K. A., Erekson, E., Austin, A., Minassian, V. A., Townsend, M. K., Bynum, J. P. W., & Grodstein, F. (2018). A prospective study of the natural history of urinary incontinence in women. American journal of obstetrics and gynecology, 218(5), 502.e1–502.e8. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2018.01.045

20) Howard E. LeWine, MD, 2023. Women's Health Urinary tract infection in women https://www.health.harvard.edu/womens-health/urinary-tract-infection-in-women-a-to-z (erişim tarihi: 30.05.2023).

21) Ian Milsom, Karin S. Coyne, Sean Nicholson, Marion Kvasz, Chieh-I Chen, Alan J. Wein, 2014. Global Prevalence and Economic Burden of Urgency Urinary Incontinence: A Systematic Review, European Urology, Volume 65, Issue 1, Pages 79-95, ISSN 0302-2838, https://doi.org/10.1016/j.eururo.2013.08.031.

22) Ilçe, A., & Ayhan, F. (2011). Yaşlılarda Üriner ve Fekal İnkontinansın Belirlenmesi, Yaşam Kalitesine Etkisi: Bilgilendirme ve Eğitim. Anatolian Journal of Clinical Investigation, 5(1).

23) Jerez-Roig, J., Farrés-Godayol, P., Yildirim, M., Escribà-Salvans, A., Moreno-Martin, P., Goutan-Roura, E., ... & Minobes-Molina, E. (2024). Prevalence of urinary incontinence and associated factors in nursing homes: a multicentre cross-sectional study. BMC geriatrics, 24(1), 169.

24) Kadıoğlu, M., & Beji, N. K. (2016). Üriner inkontinans tedavisinde önerilen yaşam biçimi uygulamalarına güncel yaklaşım. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 3(3), 201-207.

25) Keskinler, M. V., Tufan, F., & Oğuz, A. (2013). Geriatrik sendromlar. Okmeydanı tıp dergisi, 29(2), 41-48.

26) Kızılkaya Beji, N., Çelebi, E. Z., & Avcı, N. (2021). Doğum ve pelvik taban disfonksiyonu.

27) Krištofić, I., Haller, H., & Barbič, M. (2017). Urinarna inkontinencija u žena. Medicina Fluminensis: Medicina Fluminensis, 53(3), 308-313.

28) Külekçi, Y., Bargı, G., & Yıldız, S. Astımlı Bireylerde Üriner İnkontinans. Izmir Democracy University Health Sciences Journal, 8(1), 38-47.

29) M. Wakamatsu, 2019. Women's Health 4 behavioral changes to control urinary incontinencehttps://www.health.harvard.edu/blog/4-behavioral-changes-to-tame-urinary-incontinence-2019071017201 (erişim tarihi:29.05.2025).

30) Mauro Gacci, Vasileios I. Sakalis, Markos Karavitakis, Jean-Nicolas Cornu, Christian Gratzke, Thomas R.W. Herrmann, Iason Kyriazis, Sachin Malde, Charalampos Mamoulakis, Malte Rieken, Natasha Schouten, Emma J. Smith, Mark J. Speakman, Kari A.O. Tikkinen, Stavros Gravas, 2022, European Association of Urology Guidelines on Male Urinary Incontinence, European Urology, Volume 82, Issue 4, Pages 387-398, ISSN 0302-2838, https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.05.012.

31) Milsom, I., & Gyhagen, M. (2019). The prevalence of urinary incontinence. Climacteric, 22(3), 217-222.

32) Moris, L., Heesakkers, J., Nitti, V., O'connell, H. E., Peyronnet, B., Serati, M., ... & Harding, C. (2025). Prevalence, Diagnosis, and Management of Stress Urinary Incontinence in Women: A Collaborative Review. European Urology.

33) NAFC femele stress incontinence 2024, https://nafc.org/female-stress-incontinence/ (erişim tarihi: 10.05.2025).

34) Nazarko, L. (2017). Beyond the bladder: holistic care when urinary incontinence develops. British Journal of Community Nursing, 22(1), 662-666.

35) Neira-Maldonado, C., Coronado, J. C., Álvarez, M. A., Negrón, R., Ponce-Fuentes, F., Cuyul-Vásquez, I., ... & Cuyul-Vásquez Sr, I. (2025). Prevalence and Associated Factors of Urinary Incontinence Among Chilean Community-Dwelling Older Adults: A Cross-Sectional Study. Cureus, 17(1).

36) Oliveira, I. K. B., da Silva Calisto, S. L., Ferreira, C. W. S., & de Aguiar Cavalcanti, G. (2025). Occult Urinary Incontinence, Diabetes, Obesity, Prolapse Severity, and Type of Surgical Repair as Risk Factors for De Novo Stress Urinary Incontinence in Women Undergoing Surgical Repair of Pelvic Organ Prolapse: A Systematic Review and Meta-Analysis. Neurourology and Urodynamics, 44(1), 194-206.

37) Onur, R., & Bayrak, Ö. (2015). Üriner İnkontinans.

38) Öz, Ö., & Altay, B. (2017). Üriner inkontinans risk faktörleri ve hemşirelik yaklaşımı. Annals of Health Sciences Research, 6(1), 34-37.

39) Özcan, M., & Kapucu, S. (2014). Üriner inkontinansı olan geriatrik hastalara hemşirelik yaklaşımı. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 1(2), 101-109.

40) Pietrus, M., Pityński, K., Socha, M. W., Gawron, I., Biskupski-Brawura-Samaha, R., & Waligóra, M. (2024). Enhanced non-invasive diagnosis of female urinary incontinence using static and functional transperineal ultrasonography. Diagnostics, 14(22), 2549.

41) Qian, X., Ren, D., Gu, L. ve Ye, C. (2024). Laparoskopik histerektomi sonrası stres idrar kaçırmanın görülme sıklığı ve risk faktörleri. BMC Kadın Sağlığı , 24 (1), 105.

42) Radzimińska, A., Strączyńska, A., Weber-Rajek, M., Styczyńska, H., Strojek, K., & Piekorz, Z. (2018). The impact of pelvic floor muscle training on the quality of life of women with urinary incontinence: a systematic literature review. *Clinical interventions in aging*, *13*, 957–965. https://doi.org/10.2147/CIA.S160057

43) Ruffolo, A. F., Tsiapakidou, S., Daykan, Y., Salvatore, S., Athanasiou, S., Braga, A., ... & Serati, M. (2024). European Urogynaecological Association Position Statement: The role of urodynamics in stress urinary incontinence evaluation and treatment decision. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology.

44) Rüzgar, Ş., Özerdoğan, N., & Yalçın, Ö. (2020). Üriner İnkontinansın Kadınların Yaşam Kalitesi ve Yaşamlarının Spiritüel Boyutuna Etkisi. Samsun sağlık bilimleri dergisi, 5(1), 50-58.

45) Sadri, H., Oliaei, A., Sadri, S., Pezeshki, P., Chughtai, B. ve Elterman, D. (2024). İdrar kaçırma prevalansının ve nüfus tahminlerinin sistematik incelemesi ve meta-analizi. Nöroüroloji ve Ürodinamik , 43 (1), 52-62.

46) Sarı, M. K., & Durna, Z. (2022). Geriatrik sendromlar ve bakım. ERÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 9(1), 39-46.

47) Sönmez, T. G., Uğraş, E., Şahin, E. G., Fidanci, I., Aksoy, H., & Başer, D. A. (2024). The prevalence of incontinence and its impact on quality of life. Medicine, 103(52), e41108.

48) Şahin, S., & Cankurtaran, M. (2010). Geriatrik sendromlar. Ege Tıp Dergisi, 49(3), 31-38.

49) Şentürk, S. G. (2021). Kronik hastalıkların yönetiminde öz yönetim stratejilerinin önemi ve hemşirenin rolü. Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(1), 9-13.

50) Terzi, H. (2013). 18 yaş üstü kadınlarda üriner inkontinans sıklığı ve etkileyen faktörler. Ege Tıp Dergisi, 52(1), 15-19.

51) Vesentini, G., Panicker, J., Wallace, S. A., & Dumoulin, C. (2024). Conservative management for urinary incontinence in neurological patients: a systematic review and meta-analysis. Continence, 10, 101222.

52) World Health Organization. (2017). Integrated care for older people: guidelines on community-level interventions to manage declines in intrinsic capacity. In Integrated care for older people: guidelines on community-level interventions to manage declines in intrinsic capacity.https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/342254/WHO-MCA-17.06.08-eng.pdf?sequence=1 (erişim tarihi: 25.05.2025).

53) Yalazı, R. Ö., & Demirci, N. (2025). Determining the levels of pelvic floor disorders in women diagnosed with urinary incontinence: a mix-method study. Frontiers in Medicine, 11, 1509973.

54) Yıldız, Ş., & Turan, Z. (2021). Üriner İnkontinansı Olan Kadınlarda Hemşirelik Yaklaşımları. Sakarya Üniversitesi Holistik Sağlık Dergisi, 4(3), 155-166.

55) Zhu, F., Chen, M., Xiao, Y., Huang, X., Chen, L., & Hong, L. (2024). Synergistic interaction between hyperlipidemia and obesity as a risk factor for stress urinary incontinence in Americans. Scientific Reports, 14(1), 7312.

56) Živković, D., Franić, D., & Kojović, V. (2022). urınary ıncontınence - from chıldhood onwards. *Acta clinica Croatica*, *61*(1), 115–123. https://doi.org/10.20471/acc.2022.61.01.14

ATTENUATION OF ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME IN CLP-INDUCED SEPSIS BY *Punica granatum* PEEL

Doç. Dr. Kazım ŞAHİN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı
kazim.sahin@erdogan.edu.tr - 0000-0002-6459-1853

ABSTRACT

Sepsis is a severe clinical syndrome characterized by an unregulated host response to infection. It leads to widespread tissue damage and organ dysfunction. Alarmingly, sepsis accounts for 11 million deaths worldwide each year. Novel therapeutic interventions that are prompt and effective are paramount for improving survival rates. *Punica granatum* is known for its high polyphenol content, which contributes to its potent antioxidant activity. Amifostine is a well-established free radical scavenger. This study investigated the antioxidant and anti-inflammatory properties of *P.granatum* peel extract (PGPE) compared to amifostine in a CLP (cecal ligation and puncture)-induced acute respiratory distress syndrome (ARDS) model. Rats were divided into groups: control group; CLP group; amifostine group (receiving 200 mg/kg amifostine intraperitoneally); PGPE250 and PGPE500 groups (receiving 250 and 500 mg/kg PGPE via oral gavage, respectively). Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), a marker of lipid peroxidation, and tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), a key pro-inflammatory cytokine, were significantly reduced in the PGPE- and amifostine-treated groups compared to the CLP group. Concurrently, total thiol (TT) levels, which are indicative of antioxidant capacity, showed a notable improvement. Histopathological evaluations revealed reduced immunopositivity for matrix metalloproteinases 2 (MMP-2) and 9 (MMP-9) in the PGPE250 and PGPE500 groups, indicating a decrease in tissue remodeling and inflammation. The study strongly emphasizes the potential of PGPE as a therapeutic agent because of its lung-protective properties in treating sepsis-induced acute lung injury, and further research into its clinical applications is warranted.

Anahtar Kelimeler: Amifostine; ARDS; CLP; Punica granatum; sepsis.

ÖZET

Sepsis enfeksiyonun neden olduğu düzensiz immün yanıt ile karakterize ciddi bir klinik sendromdur. Yaygın doku hasarı ve organ fonksiyon bozukluğuna yol açmaktadır. Sepsis her yıl dünya çapında 11 milyon ölüme neden olmaktadır. Hızlı ve etkili yeni terapötik müdahaleler, hayatta kalma oranlarını iyileştirmek için oldukça önemlidir. *Punica granatum* güçlü antioksidan aktivitesine katkıda bulunan yüksek polifenol içeriğe sahiptir. Amifostin ise iyi bilinen bir serbest radikal temizleyicidir. Bu çalışmada, CLP (çekal ligasyon ve perforasyon) ile indüklenen akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) modelinde amifostine kıyasla *P.granatum* kabuğu ekstraktının (PGKE) antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri araştırılmıştır. Ratlar kontrol grubu; CLP grubu; amifostin grubu (200 mg/kg, intraperitonel); PGKE250 ve PGKE500 grupları (250 ve 500 mg/kg PGKE, oral gavaj) olmak üzere beş gruba ayrıldı. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS), total tiyol (TT), tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α), matriks metalloproteinaz 2 (MMP-2) ve 9 (MMP-9) seviyeleri ölçüldü. TBARS ve TNF-α seviyeleri PGKE ve amifostin gruplarında CLP grubuna kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. Aynı zamanda TT seviyeleri de kayda değer bir iyileşme göstermiştir. Histopatolojik değerlendirmeler PGKE250 ve PGKE500 gruplarında MMP-2 ve MMP-9 immünpozitiflik seviyesinin azaldığını ortaya koyarak inflamasyonda azalma olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, PGKE'nin sepsis kaynaklı ARDS tedavisinde akciğer koruyucu özellikleri nedeniyle terapötik bir ajan olarak potansiyelini güçlü bir şekilde vurgulamaktadır ve klinik uygulamalarına ilişkin daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Amifostin; ARDS; CLP; Punica granatum; sepsis.

1. GİRİŞ

Çekal ligasyon ve perforasyon (CLP) modeli, bağırsak perforasyonunun mikroorganizmaların periton boşluğuna yayılmasını kolaylaştırarak polimikrobiyal sepsis oluşturmak için yaygın olarak kullanılan bir hayvan modelidir[1]. Sepsis, enfeksiyona yanıt olarak gelişen düzensiz ve aşırı konak yanıtı sonucu biyolojik, fizyolojik ve biyokimyasal anormalliklerle tanımlanan, hayati tehdit oluşturan bir organ disfonksiyonu durumudur. Şiddetli yaygın fekal peritonit yaygın olarak septik şok ve çoklu organ disfonksiyon sendromuna (MODS) ilerler[2]. Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) sepsiste en sık görülen organ disfonksiyonudur. Türkiye'de sepsisle ilişkili enfeksiyon odağının %71,6 oranıyla en sık solunum sistemi olduğu bildirilmiştir[3]. Amifostin (S-2-[3-aminopropilamino]etilfosforotiyoik asit) Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) onaylı sitoprotektif/radyoprotektan bir ajandır[4]. Kanser tedavisinde kullanılan kemoterapi ilaçlarının veya radyoterapinin sağlıklı dokular üzerindeki zararlı yan etkilerini azaltmak veya önlemek için kullanılmaktadır. *Punica granatum* halk arasında nar olarak bilinen polifenol ve flavonoid gibi biyoaktif metabolitlerce yüksek içeriğe sahip bir meyvedir[5-7]. Toplam meyve ağırlığının yaklaşık %60'ını oluşturan kabuk, meyve tanelerine kıyasla fenolik içerik açısından daha zengindir[8]. *P.granatum* antioksidan, anti-inflamatuar ve antikanser özellik göstermektedir[9-11]. Bu çalışma, CLP modeli ile indüklenen sepsise bağlı ARDS'de *P.granatum*'un terapötik yaklaşımlarını sitoprotektif ajan Amifostin ile karşılaştırarak araştırmayı amaçlamaktadır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Grupları ve Deneyin Yapılışı

Çalışmada 350 ± 25 g ağırlığında elli erkek Sprague-Dawley rat rastgele beş gruba ayrıldı (n= 10): Kontrol, CLP, Amf, PGKE250 ve PGKE500. Kontrol grubuna dokuz gün boyunca oral gavaj yoluyla sadece %0,9 NaCl solüsyonu verilmiştir. CLP grubuna sepsis oluşturmak için çekal ligasyon ve perforasyon yöntemi uygulandı[12]. Amf grubuna sepsis indüksiyonundan 15 dakika önce intraperitonel olarak 200 mg/kg amifostin verilmiştir. PGKE250 ve PGKE500 gruplarında, 250 ve 500 mg/kg *P.granatum* kabuğu ekstresi sırasıyla dokuz gün boyunca oral gavaj yoluyla uygulanmıştır.

2.2. Biyokimyasal Analiz

2.2.1. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) Tayini

TBARS tayini Ohkawa ve arkadaşları tarafından belirlenen spektrofotometrik yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir[13]. Bu analiz, lipit peroksidasyonunun bir göstergesi olarak lipidlerin oksidatif hasar derecesini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2.2.2. Toplam Tiyol (TT) Tayini

TT tayini için Sedlak ve Lindsay tarafından geliştirilen ve biyolojik örneklerde tiyol konsantrasyonunu ölçmede yaygın olarak kullanılan spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır[14]. Bu yöntem, glutatyon ve protein tiyolleri gibi serbest tiyol gruplarının varlığını belirleyerek antioksidan kapasiteyi göstermektedir.

2.2.3. Doku TNF-α Tayini

Doku TNF-α seviyeleri rat TNF-α ELISA kiti (Kat. No: E0764Ra; Bioassay Technology Laboratory (BT Lab) Inc. Shanghai, Çin) sandviç immunoassay yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar ng/mL olarak verilmiştir.

2.3. Histolojik Analizler

Akciğer dokularında doku hasarı analizi için Harris hematoksilen ve Eozin G (H&E; Merck, GmbH, Darmstadt, Almanya) boyama yapılmıştır. Ayrıca, interstisyel alanlardaki fibrozisi ve akciğer dokusundaki hücre dışı matriks artışını belirlemek amacıyla anti-MMP-2 (tavşan poliklonal, ab86607, Abcam, UK) ve anti-MMP-9 (tavşan poliklonal, ab76003, Abcam, UK) antikorları kullanılarak immünohistokimyasal boyama yapılmıştır. Akciğer doku hasar skoru (ADHS) Matute-Bello ve arkadaşları tarafından tanımlanan yöntem esas alınarak hesaplanmıştır[15].

2.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 18.0 (IBM, Armonk, NJ, ABD) istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler Kolmogrov-Smirnov testi ile normal dağılım açısından test edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uymaması halinde, istatistiksel test için Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar Mann-Whitney U post hoc testi kullanılarak belirlenmiştir. Değerler medyan olarak ifade edilmiştir. <0,05 p-değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Biyokimyasal Bulgular

CLP grubunda TBARS ve TNF-α seviyeleri arttı, Amifostin, PGKE250 ve PGKE500 gruplarında bu seviyelerde azalma görüldü. TT seviyeleri PGKE gruplarında anlamlı şekilde yükseldi.

Çizelge 1. Biyokimyasal Analiz Sonuçları (ortalama ± standart sapma)

Gruplar	TBARS (nmol/g tissue)	TT (µmol/g tissue)	TNF-α (ng/mL)
Kontrol	27 ± 5	11.4 ± 1.7 ^{a***}	20.3 ± 3.0 ^{a*b**}
CLP	67 ± 9 ^{c***}	17.5 ± 3.1 ^{d*}	22.9 ± 1.3
Amf	23 ± 4	11.6 ± 1.46	23.7 ± 5.3
PGKE250	32 ± 8	13.5 ± 5.2	24.0 ± 3.7
PGKE500	30 ± 10	16.9 ± 3.6	23.8± 2.2

*: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$. a: Kontrol grubunun CLP grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı farkı. b: Kontrol grubunun PGKE250 ve PGKE500 gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farkı. c: CLP grubunun diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı farkı. d: CLP grubunun Amf ve PGKE250 gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farkı.

3.2. Histolojik Bulgular

MMP-2 ve MMP-9 immünpozitifliği CLP grubunda belirgin, PGKE250 ve PGKE500 gruplarında ise pozitiflik azalmıştır. Bu durum, doku yeniden yapılanmasının ve inflamasyonun azaldığını göstermektedir.

Çizelge 2. Akciğer Histopatolojik Hasar Skoru Sonuçları (AHS)

Gruplar	Alveolar inflamasyon	İnterstisyel inflamasyon	Hyalin membran	Alveolar septum kalınlığı (Matute-Bello et al.)	ADHS
Kontrol	0(0-0)	0(0-0.5)	0(0-0)	1(1-1)	1(1-1)
CLP	2(1-2)^{a}	2(2-3)^{a}	2(2-2)^{a}	2(2-3)^{a}	8(8-9)^{a}
Amf	0(0-1)^{b,c}	1(1-1)^{a,b}	1(0-1)^{a,c}	1(1-1)^{c}	3(2-4)^{a,b}
PGKE250	0(0-1)^{c}	0(0-1)^{b,d}	0(0-0)^{c,e}	1(1-1)^{c}	2(1-2)^{b,d}
PGKE500	0(0-0)^{c}	0(0-0)^{b,d}	0(0-0)^{c,d}	1(1-1)^{f}	1(1-2)^{b,d}

^{a}p= 0,001 Kontrol grubuyla karşılaştıtıldığında, ^{b}p= 0.015 Kontrol grubuyla karşılaştıtıldığında, ^{c}p=0,001 CLP grubuyla karşılaştıtıldığında, ^{d}p=0,001 Amf grubuyla karşılaştıtıldığında, ^{e}p=0,001 Amf grubuyla karşılaştıtıldığında. Kruskal-Wallis-Tamhane'nin T2 testi.

4. SONUÇ

P.granatum kabuk ekstresi, sepsise bağlı gelişen akut solunum sıkıntısı sendromunda amifostin ile karşılaştırılabilir antioksidan ve anti-inflamatuar aktivite göstermiştir. Dolayısıyla PGKE amifostine uygun bir doğal alternatif sunmaktadır. Ancak bazı kısıtlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışma bulgularını doğrulamak için klinik çalışmalar gerektiren bir hayvan sepsis modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sepsis genellikle öngörülebilir bir klinik durum değildir ve hangi sepsis hastalarında akut akciğer hasarı gelişeceği genellikle tahmin edilemez. Akciğerler sepsisten etkilenen ilk organlardan biri olduğu için bu çalışmada sepsisin akut fazında akciğer hasarı değerlendirilmiştir. PGKE ve amifostinin koruyucu etkilerinin uzun süreçlerde devam edip etmeyeceği ve kronik hasarı iyileştirip iyileştiremeyeceği bilinmemektedir. Ayrıca moleküler analizler *P.granatum* kabuğu ekstresinin anti-inflamatuar mekanizmasının özellikleri hakkında daha açıklayıcı olabilir.

KAYNAKÇA

[1] Cuenca, A.G.; Delano, M.J.; Kelly-Scumpia, K.M.; Moldawer, L.L.; Efron, P.A. Cecal ligation and puncture. Curr. Protoc. Immunol. 2010, 91, 19.13.1–19.13.11.

[2] Maier, S.; Traeger, T.; Entleutner, M.; Westerholt, A.; Kleist, B.; Huser, N.; Holzmann, B.; Stier, A.; Pfeffer, K.; Heidecke, C.D. Cecal Ligation and Puncture Versus Colon Ascendens Stent Peritonitis: Two Distinct Animal Models for Polymicrobial Sepsis. Shock 2004, 21, 505–512.

[3] Baykara, N., Akalın, H., Arslantaş, M. K., Hancı, V., Çağlayan, Ç., Kahveci, F., Demirağ, K., Baydemir, C. ve Ünal, N. (2018). Epidemiology of sepsis in intensive care units in Turkey: A multicenter, point-prevalence study. *Critical Care*, *22*(1), 93.

[4] Orditura, M.; De Vita, F.; Roscigno, A.; Infusino, S.; Auriemma, A.; Iodice, P.; Ciaramella, F.; Abbate, G.; Catalano, G. Amifostine: A selective cytoprotective agent of normal tissues from chemo-radiotherapy induced toxicity. Oncol. Rep. 1999, 6, 1357–1362.

[5] Moreira, H.; Slezak, A.; Szyjka, A.; Oszmianski, J.; Gasiorowski, K. Antioxidant and cancer chemopreventive activities of cistus and pomegranate polyphenols. Acta Pol. Pharm. 2017, 74, 688–698.

[6] Saparbekova, A.A.; Kantureyeva, G.O.; Kudasova, D.E.; Konarbayeva, Z.K.; Latif, A.S. Potential of phenolic compounds from pomegranate (Punica granatum L.) by-product with significant antioxidant and therapeutic effects: A narrative review. Saudi J. Biol. Sci. 2023, 30, 103553.

[7] Singh, J.; Prasad, R.; Kaur, H.P.; Jajoria, K.; Chahal, A.S.; Verma, A.; Kara, M.; Assouguem, A.; Bahhou, J. Bioactive Compounds, Pharmacological Properties, and Utilization of Pomegranate (Punica granatum L.): A Comprehensive Review. Trop. J. Nat. Prod. Res. 2023, 7, 3856–3873.

[8] Russo, V.; Continella, A.; Drago, C.; Gentile, A.; La Malfa, S.; Leotta, C.G.; Pulvirenti, L.; Ruberto, G.; Pitari, G.M.; Siracusa, L. Secondary metabolic profiles and anticancer actions from fruit extracts of immature pomegranates. PLoS ONE 2021, 16, e0255831.

[9] Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Makunga, N. P. ve Opara, U. L. (2016). Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial, and antityrosinase activities of pomegranate peel. BMC Complementary and Alternative Medicine, 16(1), 1–12.

[10] Modaeinama, S., Abasi, M., Abbasi, M. M. ve Esfahlan, R. J. (2016). Anti-tumoral properties of Punica granatum (pomegranate) seed extract in different human cancer cells. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 17(3).

[11] Sun, H. Y., Ma, N., Pan, T., Du, C. L. ve Sun, J. Y. (2019). Punicagranine, a new pyrrolizine alkaloid with anti-inflammatory activity from the peels of Punica granatum. Tetrahedron Letters, 60(18), 1231–1233.

[12] Rittirsch, D.; Huber-Lang, M.; Flierl, M.; Ward, P. Immunodesign of experimental sepsis by cecal ligation and puncture. Nat. Protoc. 2009, 4, 31–36.

[13] Ohkawa, H.; Ohishi, N.; Yagi, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Anal. Biochem. 1979, 95, 351–358.

[14] Sedlak, J.; Lindsay, R.H. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. Anal. Biochem. 1968, 25, 192–205.

[15] Matute-Bello, G.; Downey, G.; Moore, B.B.; Groshong, S.D.; Matthay, M.A.; Slutsky, A.S.; Kuebler, W.M. An official american thoracic society workshop report: Features and measurements of experimental acute lung injury in animals. Am. J. Respir. Cell Mol. Biol. 2011, 44, 725–738.

Punica granatum EXTRACT REDUCED LPS-INDUCED INFLAMMATION IN ACUTE KIDNEY INJURY BY DECREASING LEVELS OF RECEPTOR TLR4 AND TRANSCRIPTION FACTOR NF-κB

Doç. Dr. Kazım ŞAHİN
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
kazim.sahin@erdogan.edu.tr - 0000-0002-6459-1853

Arş. Gör. Dr. Sena ŞAHİN AKTURA
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
sena.sahinaktura@erdogan.edu.tr - 0000-0003-2407-6942

ABSTRACT

Sepsis is characterised by an exaggerated immune response stemming from systemic inflammation, which can result in significant damage to tissues and organs. At least one-third of patients with sepsis are diagnosed with acute kidney injury (AKI), highlighting the condition's high mortality and morbidity rates. Plant-derived supplements contain a variety of bioactive components with therapeutic potential against various pathological conditions. In this context, *Punica granatum* (pomegranate) peel is a particularly notable source of phenolic compounds. This study aimed to evaluate the anti-inflammatory properties of *P.granatum* peel extract (PGPE) in an Lipopolysaccaride (LPS)-induced AKI model. The experimental groups were as follow: control, LPS (10 mg/kg, intraperitoneally), PGPE100 and PGPE300 (receiving 100 and 300 mg/mL PGPE via oral gavage, respectively, for seven days). Biochemical analyses revealed significant reductions in serum blood urea nitrogen (BUN) and creatinine (Cr) levels in the PGPE-treated groups compared to the LPS group. Histopathological and immunohistochemical investigations corroborated the findings, demonstrating an increased Toll-like receptor 4 (TLR4) levels and nuclear factor kappa B (NF-κB) expression in the LPS group compared to the control group. The PGPE groups subsequently modulated the TLR4 and NF-κB levels. In conclusion, our findings strongly suggest that PGPE has the potential to exert anti-inflammatory effects in the treatment of LPS-induced acute kidney injury in rats. This study supports further investigation into PGPE as a promising therapeutic strategy for sepsis-associated kidney damage.

Keywords: acute kidney injury; LPS; NF-κB; Punica granatum; TLR4.

ÖZET

Sepsis, sistemik inflamasyondan kaynaklanan, doku ve organlarda önemli hasara yol açabilen aşırı bağışıklık tepkisi ile karakterize bir tablodur. Sepsis hastalarının en az üçte birine akut böbrek hasarı (ABH) teşhisi konulmakta, bu durum yüksek mortalite ve morbidite oranlarını vurgulamaktadır. Bitkiler çeşitli patolojik durumlara karşı terapötik potansiyele sahip biyoaktif bileşenler içerir. Bu bağlamda, *Punica granatum* (nar) kabuğu zengin fenolik bileşik içeriğine sahip bir kaynaktır. Bu çalışmanın amacı, Lipopolisakkarit (LPS) ile indüklenen ABH modelinde *P.granatum* kabuğu ekstraktının (PGKE) anti-inflamatuar özelliklerini değerlendirmektir. Deney grupları: kontrol, LPS (10 mg/kg, intraperitoneal), PGKE100 ve PGKE300 (sırasıyla 100 ve 300 mg/mL PGKE, oral gavaj, 7 gün). Biyokimyasal analizler, LPS grubuna kıyasla PGKE ile tedavi edilen gruplarda serum kan üre azotu (BUN) ve kreatinin (Cr) seviyelerinde önemli düşüşler olduğunu ortaya koymuştur. Histopatolojik ve immünohistokimyasal incelemeler, kontrol grubuna kıyasla LPS grubunda Toll benzeri reseptör 4 (TLR4) seviyelerinde ve nükleer faktör kappa B (NF-κB) ekspresyonunda artış olduğunu göstererek bulguları desteklemiştir. PGKE grupları daha sonra TLR4 ve NF-κB seviyelerini modüle etmiştir. Sonuç olarak, bulgularımız PGKE'nin LPS tedavisinde anti-inflamatuar etki gösterme potansiyeline sahip olduğunu güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: akut böbrek hasarı; LPS; NF-κB; Punica granatum; TLR4.

1. GİRİŞ

Sepsis, yoğun bakım ünitelerinde sık karşılaşılan ve akut böbrek hasarının (ABH) majör etyolojik faktörlerinden biri olarak kabul edilen bir durumdur. Epidemiyolojik veriler, tüm ABH vakalarının yaklaşık %45-70'inin sepsis ile ilişkili olduğunu göstermektedir[1]. ABH gelişen olgularda, böbrek fonksiyon bozukluğunun biyokimyasal belirteçleri olan serum kreatinin ve üre düzeylerinde karakteristik artış gözlenmektedir. Septik şok durumunda akut böbrek hasarının gelişebileceği birincil enfeksiyon bölgelerinden biri idrar yoludur[2]. Kohort çalışmaları ABH gelişen hastaların yaklaşık yarısında sepsis geliştiğini tanımlamıştır ve septik ABH hastalarının daha yüksek ölüm oranlarına sahip olduğunu bildirmiştir[1,3]. Bu bağlamda, hızlı tedavi, hastane kökenli enfeksiyonlara karşı önleyici tedbirler ve profilaktik antibiyotik uygulaması, morbidite ve mortaliteyi azaltmada kritik rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, antioksidan özelliği olan *Punica granatum* takviyesinin böbrek fonksiyon parametrelerini düşürerek nefroprotektif etki gösterdiğini desteklemektedir[4-6]. Çalışmanın amacı *P.granatum* kabuk ekstraktının (PGKE), lipopolisakkarit (LPS) ile indüklenen ABH üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Grupları ve Deneyin Yapılışı

Bu çalışmada 8 haftalık, 300 (±20) g ağırlığa sahip 36 adet Sprague-Dawley ırkı erkek rat dört gruba ayrıldı (n= 9): Kontrol, LPS, PGKE100 ve PGKE300. Kontrol grubuna 7 gün boyunca oral gavaj yoluyla sadece serum fizyolojik (%0,9 NaCl solüsyonu) uygulanmıştır. LPS grubuna sepsis oluşturmak için 7. günün sonunda, yalnızca 10 mg/kg LPS (Lipopolysaccharides from *E.coli* O55:B5 Sigma-Aldrich, Cambridge, MA, USA) intraperitoneal (*i.p.)* olarak enjekte edilmiştir. PGKE100 ve PGKE300 gruplarında, sırasıyla 100 ve 300 mg/kg *P.granatum* kabuğu ekstresi yedi gün boyunca oral gavaj yoluyla uygulanmıştır. 7. günün sonunda 10 mg/kg LPS *i.p.* olarak enjekte edilmiştir.

2.2. Serum Kan Üre Azotu (BUN) ve Kreatinin (Cr) Seviyelerinin Belirlenmesi

Böbrek fonksiyon parametrelerinin seviyeleri biyokimya analiz cihazında (Beckman Coulter, AU680, Brea, CA, USA) ölçülmüştür.

2.3. Histolojik Analizler

Böbrek dokularında doku hasarı analizi için Harris hematoksilen ve Eozin G (H&E; Merck, GmbH, Darmstadt, Almanya) boyama yapılmıştır. Ayrıca, enflamasyon yolaklarının incelenmesi amacıyla, Anti-TLR4 (Rabbit polyclonal, Antibodies.com, a14637) ve Anti-NF-κB/p65 (Rabbit polyclonal, Abcam, ab16502) primer antikorları kullanılarak immünohistokimyasal boyama yapılmıştır.

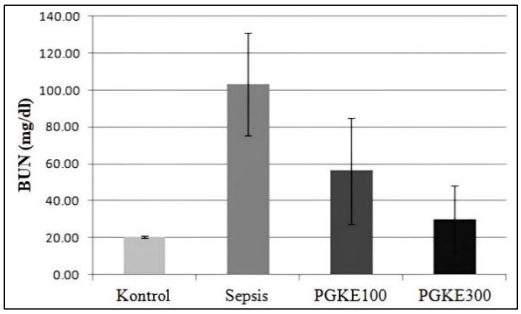
2.4. İstatistiksel Analiz

Histopatolojik ve immünohistokimyasal analizlerden elde edilen veriler, SPSS 18.0 (IBM Corp., Chicago, IL, ABD) istatistik programı kullanılarak değerlendirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi, Q-Q plot, Skewness-Kurtosis ve Levene testi ile analiz edildi. Nonparametrik veriler, medyan ve %25-%75 interkuartil aralığı şeklinde

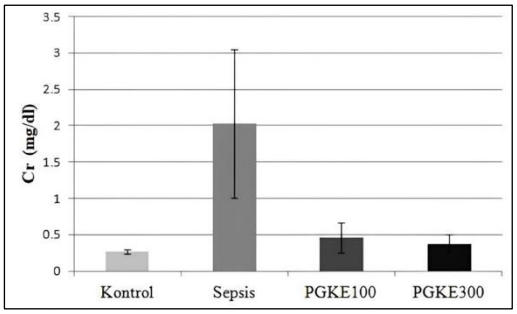
hesaplandı. Gruplar arasındaki farklılıklar sırasıyla Kruskal-Wallis testi ve Dunn testi ile analiz edildi. $p \leq 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3. BULGULAR

Serum BUN ve Cr seviyeleri Görsel 1 ve Görsel 2'deki grafiklerde gösterilmiştir.



Görsel 1. Kan Üre Azotu (BUN) Seviyesi



Görsel 2. Kreatinin (Cr) Seviyesi

Tübüler Nekroz Skoru (TNS) ve immünpozitivite skorları Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tübüler Nekroz Skoru (TNS) Sonuçları

Grup	Fırçamsı kenar hasar skoru	Lüminal Döküntü Birikimi Skoru	Tübüler Epitel Hücre Kaybı Skoru	TNS
Kontrol	0(0-0.5)	0(0-0)	0(0-0)	0(0-0.5)
Sepsis	2.5(2-3)[a]	2(1-2)[a]	3(2-3)[a]	7.5(5-8)[a]
PGKE100	1(0-1)[b]	0(0-0.5)[b]	0.5(0-0.5)[b]	1.5(0.5-2)[a,b]
PGKE300	0.5(0-0.5)[b]	0(0-.5)[b]	0(0-0.5)[b]	1(0.5-1)[a,b]

[a]p=0.001 Kontrol grubuna kıyasla,
[b]p=0.001 Sepsis grubuna kıyasla,
Kruskal Wallis - Dunn testi

Çizelge 2. Böbrek semikantitatif bulgu sonuçları

Grup	TLR4 Pozitivite skoru	NF-κB/p65 Pozitivite skoru
Kontrol	0(0-0,5)	0(0-0)
Sepsis	2(1-2)[a]	3(2-3)[a]
PGKE100	0,5(0-0,5)[b]	0(0-1)[b]
PGKE300	0,5(0-0,5)[b]	0(0-0,5)[b]

[a]p=0.001 Kontrol grubuna kıyasla,
[b]p=0.005 Kontrol grubuna kıyasla,
Kruskal Wallis/Dunn Testi

4. SONUÇ

LPS maruziyeti sonucunda sepsis grubunda yüksek BUN ve Cr seviyeleri ile karakterize akut böbrek hasarı (ABH) gözlemlenmiştir. Bozulan böbrek fonksiyon parametrelerinde, özellikle yüksek dozda PGKE uygulanan grupta önemli iyileşmeler kaydedilmiştir. PGKE, BUN ve Cr

seviyelerinde doza bağımlı bir azalma sergilemiştir. Histopatolojik incelemeler, LPS'nin renal dokularda yoğun inflamatuar yanıtları ve oksidatif stresi tetiklediğini ortaya koymuştur. PGKE tedavisi, hem proksimal hem de distal tübüllerdeki vakuolizasyonda anlamlı bir azalmaya neden olarak hücresel hasarı kısmen onarmıştır. Ayrıca, PGKE'nin TLR4 aracılı inflamatuar yanıtı baskılayarak dozdan bağımsız bir şekilde anti-inflamatuar etki gösterdiği ve NF-κB seviyesinde azalmış immüno-pozitiviteye neden olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular, PGKE'nin LPS ve TLR4 tarafından başlatılan sinyal kaskatını önleyerek NF-κB aktivasyonunu güçlü bir şekilde inhibe ettiğini, ayrıca BUN ve Cr seviyelerinde azalmaya neden olarak böbrek dokusu üzerindeki koruyucu etki sergilediğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

[1] Bagshaw, S. M., Uchino, S., Bellomo, R., Morimatsu, H., Morgera, S., Schetz, M., Tan, I., Bouman, C., Macedo, E., Gibney, N., Tolwani, A., Oudemans-van Straaten, H. M., Ronco, C. ve Kellum, J. A. (2007). Septic acute kidney injury in critically ill patients: Clinical characteristics and outcomes. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 2(3), 431–439.

[2] Medeiros, P., Nga, H. S., Menezes, P., Bridi, R., Balbi, A. ve Ponce, D. (2015). Acute kidney injury in septic patients admitted to emergency clinical room: Risk factors and outcome. Clinical and Experimental Nephrology, 19(5), 859–866.

[3] Bouchard, J., Acharya, A., Cerda, J., Maccariello, E. R., Madarasu, R. C., Tolwani, A. J., Liang, X., Fu, P., Liu, Z.-H. ve Mehta, R. L. (2015). A prospective international multicenter study of AKI in the intensive care unit. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 10(8), 1324–1331.

[4] Fouad, A. A., Qutub, H. O. ve Al-Melhim, W. N. (2016). Nephroprotection of punicalagin in rat model of endotoxemic acute kidney injury. Toxicology Mechanisms and Methods, 26(7), 538–543.

[5] Aladaileh, S. H., Al-Swailmi, F. K., Abukhalil, M. H., Ahmeda, A. F. ve Mahmoud, A. M. (2021). Punicalagin prevents cisplatin-induced nephrotoxicity by attenuating oxidative stress, inflammatory response, and apoptosis in rats. Life Sciences, 286, 120071.

[6] Bouasla, A., Barour, C., Bouasla, I. ve Messarah, M. (2021). Beneficial effects of Punica granatum L. juice and gallic acid against kidney oxidative damage caused by sodium fluoride. Pharmaceutical Chemistry Journal, 55(9), 920–928.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED APPROACHES TO FIGHT CYBER BULLYING

Asst. Prof, Faruk AYATA
Van Yüzüncü Yıl University
farukayata@yyu.edu.tr-0000-0003-2403-3192
Tahsin YILDIZ
Van Yüzüncü Yıl University
Tahsin.yildiz1990@gmail.com-0009-0006-5650-4226

ABSTRACT

Cyberbullying has become an important social problem with the spread of digital technologies. Social media, messaging applications and online platforms pave the way for the easy spread of negative interactions between individuals. In this study, the definition of cyberbullying, its effects, detection methods and approaches to combating current technologies are discussed in a multidimensional manner. In the light of domestic and foreign studies in the literature, text mining and natural language processing (NLP) techniques developed for the analysis of cyberbullying content, especially in the Turkish language, have been examined in detail. In this context; keyword-based methods, sentiment analysis, machine learning algorithms, deep learning models (CNN, LSTM, BERT) and social network analysis have been comparatively evaluated.

The study emphasizes that cyberbullying occurs not only through textual content but also through visual, video and user interactions and draws attention to the importance of detection systems to be developed with the integration of multiple data types. In addition, it has been emphasized that contextual analysis and preprocessing steps are decisive for success in additive and low-resource languages such as Turkish. Although deep learning models have been shown to achieve high accuracy rates, issues such as data diversity and ethical data sharing are still fundamental problems that need to be solved. As a result, early warning systems, algorithms that take cultural context into account, and real-time analysis capabilities should be developed to prevent cyberbullying.

Keywords: Cyberbullying, Artificial intelligence, Natural language processing (NLP), Bullying detection

1. INTRODUCTION

Cyberbullying is defined as an individual intentionally, continuously, and aggressively harassing, humiliating, or threatening another individual using digital communication tools (e.g. social media, e-mail, instant messaging, online games) (Tokunaga, 2010). Although this

type of bullying is considered a digitalized version of traditional bullying, it can have much more devastating consequences due to differences in ease of access, ability to conceal identity, and speed of spread (Patchin & Hinduja, 2015).

The importance of cyberbullying is not only related to its negative effects on individuals' mental health, but also to the ethical, legal and social problems it creates at the society level. It can cause depression, anxiety disorder, social isolation, academic failure and suicide in victims (Kowalski, Giumetti, Schroeder & Lattanner, 2014). Its frequent occurrence, especially among adolescents and young adults, necessitates that this issue be addressed in a multidisciplinary manner in the fields of education, social services and law.

Since the detection of cyberbullying, unlike traditional bullying, mostly occurs through digital content (text, visual, video, audio), it makes it difficult for automated systems to detect it. A message containing insults, threats or humiliation is not always expressed directly, and correct results may not always be obtained in context-independent analyses (Salawu, He & Lumsden, 2020). While the same word may be harmless in different contexts, nuances such as passive-aggressive discourses or sarcastic language structures are difficult features for artificial intelligence models to distinguish.

However, detecting cyberbullying is extremely necessary; because victims can often hide the process they are experiencing and hesitate to ask for help. For this reason, systems that automatically detect cyberbullying are needed in environments where digital communication is intense, such as social media platforms, educational institutions, and workplaces (Dinçer, Kayaoğlu & Safarlı, 2022). The development of artificial intelligence and natural language processing (NLP)-based models offers promising solutions in this area; however, these models still have many aspects to improve due to their language, culture, and context dependency (Zhao et al., 2016).

Cyberbullying has become one of the important social problems of the digital age with the spread of social media. The use of artificial intelligence and machine learning methods in this field is addressed in many academic studies for the detection and prevention of cyberbullying. When the literature is examined, it is observed that in addition to the limited number of studies conducted with Turkish data sets, more diverse methods and approaches are used in the English literature.

Yazgılı and Baykara (2022) comparatively tested various machine learning algorithms with a 3000-sentence Turkish dataset obtained from Kaggle and measured the performance of the algorithms in detecting cyberbullying in Turkish. The algorithms used include Bagging, Boosting, XGBoost, Naive Bayes, and Artificial Neural Networks. This study fills one of the important gaps in the literature in terms of making a comprehensive model comparison in Turkish texts.

Erdinç and Avaroğlu (2021) performed cyberbullying detection with deep learning-based FastText and LSTM models using comments obtained from Twitter, Instagram, and YouTube.

FastText was the most successful model with an accuracy rate of 93.15%. This study demonstrates the effectiveness of deep learning on Turkish social media content.

Kanbak and Keleş (2022) first applied the Whale Optimization Algorithm for feature selection in Turkish datasets and showed that this method increased the accuracy rate from 85% to 91%. In addition, the effects of preprocessing steps and classifier selection on success were analyzed comprehensively.

Koçak and Yiğit (2023) evaluated the success of the GPT-3 language model in cyberbullying classification in Turkish tweets. While the model's accuracy remained around 55% with raw Turkish data, this rate increased to 66% when the data was translated into English and retrained. These results draw attention to the limitations of large language models in low-resource languages such as Turkish.

Sevli and Sezgin (2022) not only detected cyberbullying with a large dataset of 48,000 tweets, but also classified it into six different categories. The SVM algorithm was the most successful model with an accuracy rate of 83%. This multi-class structure also allows the types of bullying to be determined.

In the study conducted by Yakut, Şahin, and Atay (2023), different deep learning and machine learning techniques were compared, and the effects of data preprocessing, feature extraction, and algorithm selection on model performance were discussed. It was also emphasized that not only text but also visual, audio, and video data should be analyzed.

Finally, Kavici and Şirin (2023) summarized the general success of the algorithms proposed for cyberbullying detection with artificial intelligence by conducting a systematic review of 18 studies published in the English literature and revealed that harmful content can be blocked before it is sent through instant message analysis.

2. TEXT MINING AND NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) METHODS

Text mining and natural language processing methods enable automatic analysis of cyberbullying through digital texts. These methods aim to extract meaningful patterns from text-based data such as social media posts, comments, and messages with the help of artificial intelligence. NLP plays an important role in detecting bullying types such as insults, humiliation, or threats by taking into account the structural and semantic dimensions of language. In particular, the development of models that are sensitive to multilingual and cultural differences determines the success of these methods (Salawu et al., 2020; Zhao et al., 2016).

2.1. Fundamentals of Text Mining

The fact that cyberbullying mostly occurs through text-based content on digital platforms necessitates the examination of this phenomenon with artificial intelligence and text mining

techniques. Text mining is a set of methods that aim to extract meaningful information from unstructured data. In the detection of cyberbullying, these methods are used to detect potential threats by analyzing patterns in social media posts, comments, or instant messages (Salawu, He & Lumsden, 2020).

However, since these contents are often short, grammatically incomplete, or mixed with slang, situations arise where classical word-based analyses are inadequate. Therefore, semantic analysis and contextual analysis techniques play a major role in the correct interpretation of cyberbullying content (Zhao et al., 2016). In agglutinative and low-resource languages such as Turkish, morphological analysis and language-compatible preprocessing steps must be carefully designed for these techniques to be successful (Yazgılı & Baykara, 2022).

2.2. Sentiment Analysis and Negative Language Use

The goal of cyberbullying is usually to undermine the emotional integrity of the individual. In this context, emotional analysis methods are critical in detecting expressions containing negative attitudes. Bullying content may not always contain direct insults; Sometimes, victimization can be created through sarcastic, condescending or passive-aggressive discourse (Salawu et al., 2020). In order to detect such expressions, analysis should be done at the context level, beyond the word level. Sentiment analysis-based systems can classify content on social media and messaging platforms as positive, negative, or neutral, and detect potential bullying tendencies early on. In addition, since some victims do not openly express the processes they experience, such automatic analyses can be useful in revealing hidden forms of cyberbullying (Dinçer, Kayaoğlu & Safarlı, 2022).

2.3. Bullying Detection with Keywords and Expressions

One of the most widely used techniques for automatically detecting cyberbullying is analysis based on predetermined keywords. Systematic scanning for insulting, degrading, or threatening words enables rapid classification of harmful content (Zhao et al., 2016).

However, such word lists can lead to false positive results when applied independently of context. The same word may be completely harmless in different contexts, or bullying behavior may occur with indirect expressions. For this reason, word-based approaches alone are insufficient, and semantic analysis techniques aimed at understanding the context are required (Patchin & Hinduja, 2015). Considering the constantly evolving and localizing language use on digital platforms, it is inevitable that systems are supported with up-to-date, culture-sensitive, and flexible structures.

3. MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING METHODS

Machine learning and deep learning techniques are widely used in the classification and prediction of cyberbullying content. These approaches can recognize even previously unidentified bullying examples by learning from large data sets. While deep learning offers superior success in both text and visual content thanks to advanced models that can understand the context, machine learning is preferred as lower-cost and interpretable alternatives. Success rates are closely related to the accuracy of linguistic attributes and the quality of the data sets used (Yazgılı & Baykara, 2022; Erdinç & Avaroğlu, 2021).

3.1. Machine Learning Fundamentals

Machine learning is an algorithmic approach that allows systems to predict new situations by learning from past data. Supervised learning methods are frequently used in the detection of cyberbullying, especially by training on labeled data of content that includes and does not include bullying (Yazgılı & Baykara, 2022).

Since these methods have the capacity to learn from large data sets, they can capture linguistic patterns that may be overlooked by humans. However, their success directly depends on the quality of the training data, language structure, and labeling accuracy (Koçak & Yiğit, 2023). Considering the structural features of Turkish, correct extraction of linguistic features is critical for successful classification.

3.2. Classification of Bullying Content

Classification techniques in the detection of cyberbullying are generally divided into two: binary classification (bullying present/absent) and multi-class classification (insult, humiliation, exclusion, etc.). The success of these classifications may vary depending on the feature engineering process and model selection (Sevli & Sezgin, 2022).

Especially in classifications applied to morphologically rich languages such as Turkish, considering word roots, morphological suffixes and word types can increase performance. It is also important that algorithms do not produce bias during classification and are developed in accordance with ethical values (Yakut, Şahin & Atay, 2023).

3.3. Deep Learning Models (LSTM, CNN, BERT)

Deep learning models have the capacity to analyze the internal structure of the data in layers. LSTM models are successful in identifying sequential correlations in messages with their time series-based structure. CNN models can detect patterns in texts and identify structures that contain cyberbullying (Erdinç & Avaroğlu, 2021).

Pre-trained language models such as BERT can determine the meaning of the text much more accurately by performing bidirectional contextual analysis. However, the success of these

models is language and data dependent; obtaining sufficient data in low-resource languages such as Turkish may be difficult.

(Koçak & Yiğit, 2023). Although deep learning models are powerful, they should be used with caution in practice due to their high processing power and large data requirements (Zhao et al., 2016).

4. SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND CONNECTION-BASED DETECTION

Cyberbullying becomes more visible in social network environments where interactions between individuals are intense. For this reason, social network analysis methods are used to detect bullying behaviors by examining not only individual messages but also relationships between users, interaction intensities, and community structure. Thanks to the structural features of social networks, patterns such as group bullying, exclusion, or repeated attacks can be determined (Dinçer et al., 2022).

4.1. Fundamentals of Social Network Analysis

Cyberbullying manifests itself not only in individual message content but also in interaction networks on social media. Social network analysis (SNA) provides the analysis of these relationships by representing the relationships between individuals with node and edge structures. This method is very useful in identifying users who exhibit bullying behavior, their victims, and the dynamics between them. Especially in cases where certain users systematically target others, this relational data model can reveal the phenomenon of cyberbullying without direct content analysis. In this respect, social network analysis is complementary to situations where textual methods are lacking (Salawu et al., 2020).

4.2. User Interactions and Bullying Detection

The intensity of users' interactions, who they frequently communicate with, and the direction of these communications provide important clues in detecting bullying behaviors. For example, patterns such as a user constantly making negative comments to the same person or a group excluding an individual can be extracted from social network structures. In such analyses; Network structures that contain bullying can be defined using metrics such as clustering, centrality, and influence. However, in order for this method to be successful, user data must be processed in accordance with ethical principles and privacy must be observed (Dinçer et al., 2022).

5. DETECTING BULLYING WITH IMAGE AND VIDEO ANALYSIS

Cyberbullying is not limited to text-based content; it can also occur through media elements such as images and videos. Since visual content often does not contain direct language, different techniques need to be used in their analysis. Image processing, facial expression recognition, object detection and video analysis methods are the main technologies used to detect the visual components of digital bullying. Since this field requires multi-modal analysis capabilities, the development of integrated systems supported by artificial intelligence is gaining importance (Zhao et al., 2016; Yakut et al., 2023).

5.1. Image Processing Methods

Cyberbullying is not limited to text; images and shared media content can also target individuals. Image processing methods are used to analyze such content and reveal bullying elements. In particular, facial expressions, images containing text, or manipulated images (e.g. memes) can be part of bullying. Thanks to image analysis, offensive or privacy-violating content can be automatically detected. Techniques such as object recognition, face recognition, and text recognition (OCR) are used in this process (Yakut et al., 2023).

5.2. Detection of Bullying Images

Written expressions, symbols, or visual context in images are among the most powerful tools of cyberbullying. Therefore, analysis should be done not only at the pixel level, but also at the context level. Even a gesture or background symbol in the image can carry a bullying meaning.

Therefore, visual content analysis requires not only technical competence but also cultural and contextual awareness. In the detection of visual bullying, the analysis of images, especially those involving children and young people, should be handled with more sensitive and ethical approaches (Patchin & Hinduja, 2015).

5.3. Emotion and Behavioral Analysis of Video Content

Video content is a medium that contains multi-layered information and where bullying is exhibited both linguistically and behaviorally. Therefore, in order to analyze the reflection of cyberbullying in video content, images, audio, and text should be examined in an integrated manner. Aggression in tone of voice, anger in facial expressions, or textual expressions in the video provide direct or indirect understanding of bullying. Advanced emotion recognition systems and multimodal analysis methods play an important role in examining such mixed content (Zhao et al., 2016).

6. CONCLUSION

This study emphasizes the increasing importance of cyberbullying in the digital age and discusses in detail how this problem can be detected with methods such as text mining, natural language processing, machine learning, deep learning and social network analysis. The limited number of studies conducted especially on Turkish content shows the academic gap in this area. Although deep learning models (such as CNN, LSTM, BERT) reach higher accuracy rates compared to traditional methods, obstacles such as language dependency and data diversity limit the effectiveness of these models.

In addition, it has been revealed that cyberbullying should be analyzed not only with textual content but also with multiple data types such as visuals, videos and user interactions. Data access policies of social media platforms constitute a significant obstacle to real-time analysis. However, artificial intelligence-based solutions supported by user interfaces and early warning systems offer practical solutions that can be applied in many areas, especially in educational institutions.

In future studies, the use of multilingual data sets, consideration of cultural contexts and integrated analysis of audiovisual content will contribute to the development of more comprehensive and effective systems in the fight against cyberbullying.

RESOURCES

Dinçer, E. Ş., Kayaoğlu, D., & Safarlı, S. (2022). Metin Madenciliği ve Duygu Analizi ile Siber Zorbalık Tespiti. *Dergipark Akademik*, Link

Erdinç, G. N., & Avaroğlu, S. (2021). Türkçe sosyal medya yorumlarındaki siber zorbalığın derin öğrenme ile tespiti. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 19(5), 213–221. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1942575

Kanbak, D. F., & Keleş, M. K. (2022). Öznitelik seçici olarak Balina Optimizasyon Algoritması kullanarak Türkçe metinlerde siber zorbalık tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(2), 147–161. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2382494

Kavici, S., & Şirin, B. (2023). Yapay zeka siber zorbalığı tahmin edebilir mi? *Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(1), 65–82. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2738135

Koçak, Ç., & Yiğit, T. (2023). GPT-3 sınıflandırma modeli ile Türkçe tweetlerin siber zorbalık durumlarının belirlenmesi. *Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 11(3), 33–45. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3546447

Kowalski, R. M., Giumetti, G. W., Schroeder, A. N., & Lattanner, M. R. (2014). Bullying in the digital age: A critical review and meta-analysis of cyberbullying research among youth. *Psychological Bulletin, 140*(4), 1073–1137.

Patchin, J. W., & Hinduja, S. (2015). *Bullying beyond the schoolyard: Preventing and responding to cyberbullying*. Corwin Press.

Salawu, S., He, Y., & Lumsden, J. (2020). Approaches to automated detection of cyberbullying: A survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*.

Sevli, O., & Sezgin, S. (2022). Sosyal medya paylaşımlarında siber zorbalığın tespiti ve kategorizasyonuna yönelik makine öğrenmesine dayalı bir sınıflandırma. *Journal of Digital Forensics, Security and Law*, 17(1), 27–41. https://www.researchgate.net/publication/365410360

Tokunaga, R. S. (2010). Following you home from school: A critical review and synthesis of research on cyberbullying victimization. *Computers in Human Behavior, 26*(3), 277–287.

Yakut, M. F., Şahin, Ç., & Atay, Y. (2023). Siber zorbalık tespiti için makine öğrenmesi ve derin öğrenme çalışmaları. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, 13(1), 41–58. https://dergipark.org.tr/tr/pub/khosbd

Yazgılı, E., & Baykara, M. (2022). Türkçe metinlerde makine öğrenmesi yöntemleri ile siber zorbalık tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(1), 23–32. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1761398

Zhao, R., Zhou, A., & Mao, K. (2016). Automatic detection of cyberbullying on social networks based on bullying features. *Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Computing and Networking*.

Seker, S. E. (2015). Metin Madenciliği (Text Mining). *YBS ansiklopedi*, *2*(3), 30-32. https://ybsansiklopedi.com/wp-content/uploads/2015/08/MetinMadenciligi30_32.pdf

Kılınç, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunalı, V., Şimşek, M., & Özçift, A. (2016). KNN algoritması ve r dili ile metin madenciliği kullanılarak bilimsel makale tasnifi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, *28*(3), 89-94.

SİBER ZORBALIKLA MÜCADELEDE YAPAY ZEKÂ TABANLI YAKLAŞIMLAR

Dr. Öğr. Üyesi, Faruk AYATA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
farukayata@yyu.edu.tr-0000-0003-2403-3192
Tahsin YILDIZ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
24910032016@yyu.edu.tr-0009-0006-5650-4226

ÖZET

Siber zorbalık, dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte önemli bir toplumsal sorun haline gelmiştir. Sosyal medya, mesajlaşma uygulamaları ve çevrim içi platformlar, bireyler arası olumsuz etkileşimlerin kolayca yayılmasına zemin hazırlamaktadır. Bu çalışmada, siber zorbalığın tanımı, etkileri, tespit yöntemleri ve güncel teknolojilerle mücadele yaklaşımları çok boyutlu olarak ele alınmıştır. Literatürde yer alan yerli ve yabancı araştırmalar ışığında, özellikle Türkçe dilindeki siber zorbalık içeriklerinin analizi için geliştirilen metin madenciliği ve doğal dil işleme (NLP) teknikleri detaylı şekilde incelenmiştir. Bu bağlamda; anahtar kelime tabanlı yöntemler, duygu analizi, makine öğrenmesi algoritmaları, derin öğrenme modelleri (CNN, LSTM, BERT) ve sosyal ağ analizleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma, siber zorbalığın sadece metinsel içeriklerle değil; görsel, video ve kullanıcı etkileşimleri üzerinden de gerçekleştiğini vurgulamakta ve çoklu veri türlerinin entegrasyonu ile geliştirilecek tespit sistemlerinin önemine dikkat çekmektedir. Ayrıca, Türkçe gibi eklemeli ve düşük kaynaklı dillerde bağlamsal analiz ve önişleme adımlarının başarıyı belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Derin öğrenme modellerinin yüksek doğruluk oranlarına ulaştığı görülmekle birlikte, veri çeşitliliği ve etik veri paylaşımı gibi konular hâlâ çözülmesi gereken temel sorunlardır. Sonuç olarak, siber zorbalığın önlenmesine yönelik erken uyarı sistemleri, kültürel bağlamı dikkate alan algoritmalar ve gerçek zamanlı analiz yetenekleri geliştirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Siber zorbalık, Yapay zekâ, Doğal dil işleme (NLP), Zorbalık tespiti

GİRİŞ

Siber zorbalık (cyberbullying), bir bireyin dijital iletişim araçlarını (örneğin sosyal medya, e-posta, anlık mesajlaşma, çevrim içi oyunlar) kullanarak başka bir bireyi kasıtlı, sürekli ve saldırgan bir şekilde rahatsız etmesi, küçük düşürmesi veya tehdit etmesi olarak tanımlanır (Tokunaga, 2010). Bu zorbalık türü, geleneksel zorbalığın dijital ortama taşınmış hâli olarak değerlendirilse de, erişim kolaylığı, kimlik gizleme imkânı ve yayılma hızındaki farklar nedeniyle çok daha yıkıcı sonuçlar doğurabilmektedir (Patchin & Hinduja, 2015).

Siber zorbalığın önemi, yalnızca bireylerin ruhsal sağlığı üzerindeki olumsuz etkileriyle değil, aynı zamanda toplum düzeyinde oluşturduğu etik, hukuki ve sosyal sorunlarla da bağlantılıdır. Kurbanlar üzerinde depresyon, kaygı bozukluğu, sosyal izolasyon, akademik başarısızlık ve intihara varan sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Kowalski, Giumetti, Schroeder & Lattanner, 2014). Özellikle ergenler ve genç yetişkinler arasında sık görülmesi, bu konunun eğitim, sosyal hizmet ve hukuk alanlarında çok disiplinli olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Siber zorbalığın tespiti, geleneksel zorbalıktan farklı olarak çoğunlukla dijital içerikler (metin, görsel, video, ses) üzerinden gerçekleştiği için, otomatik sistemler tarafından algılanmasını zorlaştırmaktadır. Hakaret, tehdit ya da aşağılama içeren bir mesaj her zaman doğrudan ifadelerle gerçekleşmediği gibi, bağlamdan bağımsız analizlerde daima doğru sonuçlar elde edilemeyebilir (Salawu, He & Lumsden, 2020). Aynı kelime, farklı bağlamlarda zararsız olabileceği gibi, pasif-agresif söylemler veya alaycı dil yapıları gibi nüanslar yapay zekâ modelleri için ayırt edilmesi güç özelliklerdir.

Buna karşın, siber zorbalığın tespit edilmesi son derece gereklidir; çünkü mağdurlar çoğu zaman yaşadıkları süreci gizleyebilir ve yardım istemekten çekinebilirler. Bu nedenle sosyal medya platformları, eğitim kurumları ve iş yerleri gibi dijital iletişimin yoğun yaşandığı ortamlarda siber zorbalığı otomatik olarak tespit eden sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Dinçer, Kayaoğlu & Safarlı, 2022). Yapay zekâ ve doğal dil işleme (NLP) tabanlı modellerin gelişimi, bu alanda umut verici çözümler sunmakta; ancak bu modellerin dil, kültür ve bağlam bağımlılığı nedeniyle hâlâ iyileştirilmesi gereken çok yönü bulunmaktadır (Zhao et al., 2016).

Siber zorbalık, sosyal medyanın yaygınlaşmasıyla birlikte dijital çağın önemli sosyal sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu alanda yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımı, siber zorbalığın tespiti ve önlenmesi amacıyla birçok akademik çalışmada ele alınmaktadır. Literatür incelendiğinde, Türkçe veri setleriyle yapılan sınırlı sayıdaki çalışmaların yanında, İngilizce literatürde daha çeşitli yöntemler ve yaklaşımlar kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Yazgılı ve Baykara (2022), Kaggle üzerinden elde edilen 3000 cümlelik Türkçe veri seti ile çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarını karşılaştırmalı olarak test etmiş ve algoritmaların Türkçe siber zorbalık tespitindeki başarımını ölçmüştür. Kullanılan algoritmalar arasında Bagging, Boosting, XGBoost, Naive Bayes ve Yapay Sinir Ağları da yer almaktadır. Bu çalışma, Türkçe metinlerde geniş kapsamlı model karşılaştırması yapması bakımından literatürdeki önemli boşluklardan birini doldurmaktadır.

Erdinç ve Avaroğlu (2021), Twitter, Instagram ve YouTube'dan elde edilen yorumları kullanarak derin öğrenme tabanlı FastText ve LSTM modelleri ile siber zorbalık tespiti gerçekleştirmiştir. %93,15 doğruluk oranıyla en başarılı model FastText olmuştur. Bu çalışma, Türkçe sosyal medya içerikleri üzerinde derin öğrenmenin etkinliğini ortaya koymaktadır.

Kanbak ve Keleş (2022), Türkçe veri setlerinde öznitelik seçimi amacıyla Balina Optimizasyon Algoritması'nı ilk kez uygulamış, bu yöntemin doğruluk oranını %85'ten %91'e çıkardığını göstermiştir. Ayrıca önişlem adımlarının ve sınıflandırıcı seçimlerinin başarı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

Koçak ve Yiğit (2023), GPT-3 dil modelinin Türkçe tweet'lerde siber zorbalık sınıflandırmasındaki başarısını değerlendirmiştir. Modelin ham Türkçe veriyle doğruluğu %55 civarında kalırken, verilerin İngilizce'ye çevrilerek yeniden eğitilmesiyle bu oran %66'ya yükselmiştir. Bu sonuçlar, büyük dil modellerinin Türkçe gibi düşük kaynaklı dillerdeki sınırlılıklarına dikkat çekmektedir.

Sevli ve Sezgin (2022), 48.000 tweet'ten oluşan geniş bir veri seti ile siber zorbalığı yalnızca tespit etmekle kalmamış, aynı zamanda altı farklı kategoriye ayırarak sınıflandırmıştır. SVM algoritması %83 doğruluk oranıyla en başarılı model olmuştur. Bu çok sınıflı yapı, zorbalığın türlerinin de belirlenmesine olanak tanımaktadır.

Yakut, Şahin ve Atay (2023) tarafından yürütülen çalışmada ise farklı derin öğrenme ve makine öğrenmesi teknikleri karşılaştırılmış, veri ön işleme, öznitelik çıkarımı ve algoritma seçiminin model performansına etkileri tartışılmıştır. Ayrıca yalnızca metin değil; görsel, ses ve video verilerinin de analiz edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Son olarak, Kavici ve Şirin (2023), İngilizce literatürde yayımlanan 18 çalışma üzerinden sistematik bir derleme yaparak yapay zekâ ile siber zorbalık tespiti için önerilen algoritmaların genel başarılarını özetlemiş, anlık mesaj analizi ile gönderilmeden önce zararlı içeriğin engellenebileceğini ortaya koymuştur.

METİN MADENCİLİĞİ VE DOĞAL DİL İŞLEME (NLP) YÖNTEMLERİ

Metin madenciliği ve doğal dil işleme yöntemleri, siber zorbalığın dijital metinler üzerinden otomatik olarak analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yöntemler, sosyal medya gönderileri, yorumlar ve mesajlar gibi metin tabanlı verilerden yapay zekâ yardımıyla anlamlı örüntüler çıkarmayı amaçlar. NLP, dilin yapısal ve anlamsal boyutlarını dikkate alarak, hakaret, aşağılama veya tehdit gibi zorbalık türlerinin tespitinde önemli roller üstlenmektedir. Özellikle çok dilli ve kültürel farklılıklara duyarlı modellerin geliştirilmesi, bu yöntemlerin başarısını belirlemektedir (Salawu et al., 2020; Zhao et al., 2016).

2.1. Metin Madenciliği Temelleri

Siber zorbalığın dijital platformlarda çoğunlukla metin tabanlı içerikler üzerinden gerçekleşmesi, bu olgunun yapay zekâ ve metin madenciliği teknikleriyle incelenmesini zorunlu kılmaktadır. Metin madenciliği, yapılandırılmamış verilerden anlamlı bilgi çıkarmayı amaçlayan yöntemler bütünüdür. Siber zorbalığın algılanmasında bu yöntemler, sosyal medya gönderileri, yorumlar veya anlık mesajlardaki kalıpları analiz ederek potansiyel tehditleri saptamada kullanılmaktadır (Salawu, He & Lumsden, 2020).

Ancak bu içerikler çoğunlukla kısa, dil bilgisel olarak eksik veya argo ile karışık olabileceğinden, klasik sözcük tabanlı analizlerin yetersiz kaldığı durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle semantik analiz ve bağlamsal çözümleme teknikleri, siber zorbalık içeriklerinin doğru biçimde yorumlanmasında büyük rol oynamaktadır (Zhao et al., 2016). Türkçe gibi eklemeli ve düşük kaynaklı dillerde, bu tekniklerin başarıya ulaşması için morfolojik analiz ve dil uyumlu ön işleme adımlarının dikkatli biçimde tasarlanması gerekir (Yazgılı & Baykara, 2022).

2.2. Duygu Analizi ve Olumsuz Dil Kullanımı

Siber zorbalığın hedefi genellikle bireyin duygusal bütünlüğünü zedelemektir. Bu bağlamda, duygusal analiz yöntemleri olumsuz tutum içeren ifadelerin tespiti açısından kritik öneme sahiptir. Zorbalık içerikleri her zaman doğrudan hakaret içermeyebilir; kimi zaman alaycı, küçümseyici ya da pasif-agresif söylemlerle de mağduriyet yaratılabilir (Salawu et al., 2020). Bu gibi ifadelerin yakalanabilmesi için kelime düzeyinin ötesinde, bağlam düzeyinde analiz yapılmalıdır.

Duygu analizine dayalı sistemler, sosyal medya ve mesaj platformlarındaki içerikleri olumlu, olumsuz veya nötr olarak sınıflandırarak, potansiyel zorbalık eğilimlerini erkenden tespit edebilir. Ayrıca bazı mağdurlar yaşadıkları süreçleri açıkça dile getirmediği için bu tür otomatik analizler, siber zorbalığın gizli kalan biçimlerini de ortaya çıkarmada fayda sağlayabilir (Dinçer, Kayaoğlu & Safarlı, 2022).

2.3. Anahtar Kelime ve İfadeler ile Zorbalık Tespiti

Siber zorbalığın otomatik olarak tespit edilmesinde en yaygın kullanılan tekniklerden biri, önceden belirlenmiş anahtar kelimelere dayalı analizdir. Hakaret, aşağılama veya tehdit içeren sözcüklerin sistemli biçimde taranması, zararlı içeriklerin hızlıca sınıflandırılmasını mümkün kılar (Zhao et al., 2016).

Ancak bu tür sözcük listeleri bağlamdan bağımsız olarak uygulandığında yanlış pozitif sonuçlara neden olabilir. Aynı kelime farklı bağlamlarda tamamen zararsız olabilir ya da zorbalık davranışı dolaylı ifadelerle gerçekleşebilir. Bu nedenle yalnızca kelime tabanlı yaklaşımlar yetersiz kalmakta, bağlamı anlamaya yönelik semantik analiz teknikleri gerekmektedir (Patchin & Hinduja, 2015). Dijital platformlarda sürekli gelişen ve yerelleşen dil kullanımı göz önüne alındığında, sistemlerin güncel, kültüre duyarlı ve esnek yapılarla desteklenmesi kaçınılmazdır.

MAKİNE ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri, siber zorbalık içeriklerinin sınıflandırılması ve tahmin edilmesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, büyük veri kümeleri üzerinden öğrenme gerçekleştirerek daha önceden tanımlanmamış zorbalık örneklerini dahi tanıyabilir. Derin öğrenme, bağlamı anlayabilen gelişmiş modeller sayesinde hem metin hem de görsel içeriklerde üstün başarılar sunarken, makine öğrenmesi daha düşük maliyetli ve yorumlanabilir alternatifler olarak tercih edilmektedir. Başarı oranları, dilsel özniteliklerin doğruluğu ve kullanılan veri setlerinin niteliğiyle yakından ilişkilidir (Yazgılı & Baykara, 2022; Erdinç & Avaroğlu, 2021).

3.1. Makine Öğrenmesi Temelleri

Makine öğrenmesi, sistemlerin geçmiş verilerden öğrenerek yeni durumları tahmin etmesini sağlayan algoritmik bir yaklaşımdır. Gözetimli öğrenme yöntemleri, özellikle zorbalık içeren ve içermeyen içeriklerin etiketlenmiş veriler üzerinden eğitilmesi yoluyla siber zorbalığın tespitinde sıkça kullanılmaktadır (Yazgılı & Baykara, 2022).

Bu yöntemler büyük veri kümelerinden öğrenebilme kapasitesine sahip oldukları için, insanlar tarafından gözden kaçabilecek dilsel örüntüleri yakalayabilirler. Ancak başarıları, eğitim verisinin kalitesine, dil yapısına ve etiketleme doğruluğuna doğrudan bağlıdır (Koçak & Yiğit, 2023). Türkçenin yapısal özellikleri göz önüne alındığında, başarılı bir sınıflandırma için dilsel özniteliklerin doğru çıkarılması kritik öneme sahiptir.

3.2. Zorbalık İçeren İçeriklerin Sınıflandırılması

Siber zorbalığın tespitinde sınıflandırma teknikleri genellikle ikiye ayrılır: ikili sınıflandırma (zorbalık var/yok) ve çok sınıflı sınıflandırma (hakaret, aşağılama, dışlama vb.). Bu sınıflandırmaların başarısı, öznitelik mühendisliği sürecine ve model seçimine bağlı olarak değişebilir (Sevli & Sezgin, 2022).

Özellikle Türkçe gibi morfolojik zengin dillere uygulanan sınıflandırmalarda, sözcük köklerinin, biçim bilgisel eklerin ve kelime türlerinin dikkate alınması performansı artırabilir. Ayrıca sınıflandırma sırasında algoritmaların yanlılık üretmemesi ve etik değerlere uygun biçimde geliştirilmesi de önemlidir (Yakut, Şahin & Atay, 2023).

3.3. Derin Öğrenme Modelleri (LSTM, CNN, BERT)

Derin öğrenme modelleri, verinin iç yapısını katmanlar halinde analiz edebilme kapasitesine sahiptir. LSTM modelleri, zaman serilerine dayalı yapısıyla mesajlardaki ardışık bağıntıları tanımlamakta başarılıdır. CNN modelleri, metinlerdeki örüntüleri (patterns) yakalayarak siber zorbalık içeren yapıları belirleyebilir (Erdinç & Avaroğlu, 2021).

BERT gibi önceden eğitilmiş dil modelleri ise çift yönlü bağlamsal analiz yaparak metnin anlamını çok daha isabetli bir şekilde belirleyebilmektedir. Ancak bu modellerin başarısı dil ve veri bağımlıdır; Türkçe gibi düşük kaynaklı dillerde yeterli veriye ulaşmak zorluk yaratabilir

(Koçak & Yiğit, 2023). Derin öğrenme modelleri güçlü olmakla birlikte yüksek işlem gücü ve büyük veri gereksinimleri nedeniyle uygulamada dikkatli kullanılmalıdır (Zhao et al., 2016).

4. SOSYAL AĞ ANALİZİ VE BAĞLANTI TABANLI TESPİT

Siber zorbalık, bireyler arası etkileşimlerin yoğun olduğu sosyal ağ ortamlarında daha görünür hale gelmektedir. Bu nedenle, sosyal ağ analizi yöntemleri, yalnızca bireysel mesajları değil, kullanıcılar arasındaki ilişkileri, etkileşim yoğunluklarını ve topluluk yapısını da inceleyerek zorbalık davranışlarını tespit etmede kullanılmaktadır. Sosyal ağların yapısal özellikleri sayesinde, grup zorbalığı, dışlama ya da tekrarlayan saldırılar gibi örüntüler belirlenebilir (Dinçer et al., 2022).

4.1. Sosyal Ağ Analizinin Temelleri

Siber zorbalık sadece bireysel mesaj içeriklerinde değil, sosyal medya üzerindeki etkileşim ağlarında da kendini gösterir. Sosyal ağ analizi (SNA), bireyler arasındaki ilişkileri düğüm (node) ve bağ (edge) yapılarıyla temsil ederek, bu ilişkilerin analizini sağlar. Bu yöntem, zorbalık davranışı sergileyen kullanıcıları, kurbanları ve bunlar arasındaki dinamikleri belirlemede oldukça yararlıdır. Özellikle belirli kullanıcıların sistematik olarak başkalarını hedef aldığı durumlarda, bu ilişkisel veri modeli, doğrudan içerik analizi yapılmadan da siber zorbalık olgusunu ortaya çıkarabilir. Bu açıdan sosyal ağ analizi, metinsel yöntemlerin eksik kaldığı durumları tamamlayıcı niteliktedir (Salawu et al., 2020).

4.2. Kullanıcı Etkileşimleri ve Zorbalık Tespiti

Kullanıcıların etkileşim yoğunluğu, kimlerle sık iletişimde oldukları ve bu iletişimlerin yönü, zorbalık davranışlarını tespit etmede önemli ipuçları sunar. Örneğin, bir kullanıcının sürekli aynı kişiye olumsuz yorumlar yapması veya bir grubun bir bireyi dışlaması gibi örüntüler sosyal ağ yapılarından çıkarılabilir.Bu tür analizlerde; kümeleme (clustering), merkezilik (centrality), etki alanı (influence) gibi metrikler kullanılarak zorbalık içeren ağ yapıları tanımlanabilir. Ancak bu yöntemin başarılı olabilmesi için kullanıcı verilerinin etik ilkelere uygun biçimde işlenmesi ve mahremiyetin gözetilmesi gereklidir (Dinçer et al., 2022).

5. GÖRÜNTÜ VE VİDEO ANALİZİ İLE ZORBALIK TESPİTİ

Siber zorbalık yalnızca metin tabanlı içeriklerle sınırlı kalmaz; görüntü ve video gibi medya öğeleri üzerinden de gerçekleşebilir. Görsel içerikler çoğu zaman doğrudan dil içermediğinden, bunların analizinde farklı teknikler kullanmak gerekir. Görüntü işleme, yüz ifadesi tanıma, obje tespiti ve video analiz yöntemleri, dijital zorbalığın görsel bileşenlerini tespit etmek için kullanılan başlıca teknolojilerdir. Bu alan, çok modlu analiz yeteneği gerektirdiğinden yapay zekâ destekli bütünleşik sistemlerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır (Zhao et al., 2016; Yakut et al., 2023).

5.1. Görüntü İşleme Yöntemleri

Siber zorbalık yalnızca metinle sınırlı değildir; görüntüler ve paylaşılan medya içerikleri de bireyleri hedef alabilir. Görüntü işleme yöntemleri, bu tür içerikleri analiz ederek zorbalık unsurlarını ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle yüz ifadeleri, metin içeren görseller veya manipüle edilmiş görüntüler (ör. meme'ler) zorbalığın bir parçası olabilir.Görüntü analizi sayesinde, hakaret içeren veya mahremiyeti ihlal eden içerikler otomatik olarak tespit edilebilir. Bu süreçte obje tanıma, yüz tanıma ve metin algılama (OCR) gibi teknikler kullanılmaktadır (Yakut et al., 2023).

5.2. Zorbalık İçeren Görsellerin Tespiti

Görsellerde yer alan yazılı ifadeler, semboller ya da görsel bağlam; siber zorbalığın en güçlü araçları arasında yer alır. Bu nedenle, sadece piksel düzeyinde değil, bağlam düzeyinde analiz yapılmalıdır. Görseldeki bir jest ya da arka plan sembolü bile zorbalık anlamı taşıyabilir.

Dolayısıyla görsel içerik analizleri, yalnızca teknik yeterlilik değil aynı zamanda kültürel ve bağlamsal farkındalık da gerektirir. Görsel zorbalığın tespitinde, özellikle çocuklar ve gençlerin yer aldığı görsellerin analizi daha hassas ve etik yaklaşımlarla ele alınmalıdır (Patchin & Hinduja, 2015).

5.3. Video İçeriklerinin Duygu ve Davranış Analizi

Video içerikleri, çok katmanlı bilgi içeren ve zorbalığın hem dilsel hem de davranışsal olarak sergilendiği mecralardır. Bu nedenle siber zorbalığın video içeriklerdeki yansımasını analiz etmek için görüntü, ses ve metin bütünleşik olarak incelenmelidir.Ses tonundaki agresyon, yüz

ifadelerindeki öfke ya da videoda geçen metinsel ifadeler, zorbalığın doğrudan veya dolaylı olarak anlaşılmasını sağlar. Gelişmiş duygu tanıma sistemleri ve multimodal analiz yöntemleri, bu tür karma içeriklerin incelenmesinde önemli rol oynamaktadır (Zhao et al., 2016).

6.SONUÇ

Bu çalışmada, siber zorbalığın dijital çağda artan önemi vurgulanmış ve metin madenciliği, doğal dil işleme, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve sosyal ağ analizi gibi yöntemlerle bu sorunun nasıl tespit edilebileceği detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Özellikle Türkçe içeriklere yönelik yapılan sınırlı sayıda çalışma, bu alandaki akademik boşluğu göstermektedir. Derin öğrenme modelleri (CNN, LSTM, BERT gibi) geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşsa da, dil bağımlılığı ve veri çeşitliliği gibi engeller bu modellerin etkinliğini sınırlamaktadır.

Ayrıca, siber zorbalığın sadece metinsel içeriklerle değil; görsel, video ve kullanıcı etkileşimleri gibi çoklu veri türleriyle de analiz edilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Sosyal medya platformlarının veri erişim politikaları, gerçek zamanlı analizlerin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Bununla birlikte, kullanıcı arayüzleri ve erken uyarı sistemleriyle desteklenen yapay zekâ tabanlı çözümler, eğitim kurumları başta olmak üzere birçok alanda uygulanabilirliği olan pratik çözümler sunmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, çok dilli veri setlerinin kullanılması, kültürel bağlamların dikkate alınması ve görsel-işitsel içeriklerin entegre analizinin yapılması, siber zorbalıkla mücadelede daha kapsamlı ve etkili sistemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Dinçer, E. Ş., Kayaoğlu, D., & Safarlı, S. (2022). Metin Madenciliği ve Duygu Analizi ile Siber Zorbalık Tespiti. *Dergipark Akademik*, Link

Erdinç, G. N., & Avaroğlu, S. (2021). Türkçe sosyal medya yorumlarındaki siber zorbalığın derin öğrenme ile tespiti. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 19(5), 213–221. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1942575

Kanbak, D. F., & Keleş, M. K. (2022). Öznitelik seçici olarak Balina Optimizasyon Algoritması kullanarak Türkçe metinlerde siber zorbalık tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve*

Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(2), 147–161. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2382494

Kavici, S., & Şirin, B. (2023). Yapay zeka siber zorbalığı tahmin edebilir mi? *Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(1), 65–82. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2738135

Koçak, Ç., & Yiğit, T. (2023). GPT-3 sınıflandırma modeli ile Türkçe tweetlerin siber zorbalık durumlarının belirlenmesi. *Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 11(3), 33–45. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3546447

Kowalski, R. M., Giumetti, G. W., Schroeder, A. N., & Lattanner, M. R. (2014). Bullying in the digital age: A critical review and meta-analysis of cyberbullying research among youth. *Psychological Bulletin, 140*(4), 1073–1137.

Patchin, J. W., & Hinduja, S. (2015). *Bullying beyond the schoolyard: Preventing and responding to cyberbullying*. Corwin Press.

Salawu, S., He, Y., & Lumsden, J. (2020). Approaches to automated detection of cyberbullying: A survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*.

Sevli, O., & Sezgin, S. (2022). Sosyal medya paylaşımlarında siber zorbalığın tespiti ve kategorizasyonuna yönelik makine öğrenmesine dayalı bir sınıflandırma. *Journal of Digital Forensics, Security and Law*, 17(1), 27–41. https://www.researchgate.net/publication/365410360

Tokunaga, R. S. (2010). Following you home from school: A critical review and synthesis of research on cyberbullying victimization. *Computers in Human Behavior, 26*(3), 277–287.

Yakut, M. F., Şahin, Ç., & Atay, Y. (2023). Siber zorbalık tespiti için makine öğrenmesi ve derin öğrenme çalışmaları. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, 13(1), 41–58. https://dergipark.org.tr/tr/pub/khosbd

Yazgılı, E., & Baykara, M. (2022). Türkçe metinlerde makine öğrenmesi yöntemleri ile siber zorbalık tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(1), 23–32. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1761398

Zhao, R., Zhou, A., & Mao, K. (2016). Automatic detection of cyberbullying on social networks based on bullying features. *Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Computing and Networking*.

Seker, S. E. (2015). Metin Madenciliği (Text Mining). *YBS ansiklopedi*, *2*(3), 30-32. https://ybsansiklopedi.com/wp-content/uploads/2015/08/MetinMadenciligi30_32.pdf

Kılınç, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunalı, V., Şimşek, M., & Özçift, A. (2016). KNN algoritması ve r dili ile metin madenciliği kullanılarak bilimsel makale tasnifi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, *28*(3), 89-94.