CONFERENCE BOOK

ERZURUM
3. ULUSLARARASI
UYGULAMALI
BİLİMLER
KONGRESİ

ERZURUM
8 - 10 Mayıs 2026



ERZURUM
3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

MAY 8 – 10, 2026
ERZURUM

ISBN : 978-625-8795-12-7
Academy Global Conferences& Journals

www.cumhuriyetkongresi.org

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026
ERZURUM

Edited By
PROF. DR. BAŞAK HANEDAN

Issued: 05.06.2026
ISBN: 978-625-8795-12-7

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 49 papers have been presented by Turkish participants and 71 papers by international participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

The Contents Of This Book Are Solely Those Of The Authors.
Bu Kitabın içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

Web: www.erzurumkongresi.org Contact: ekongresi@gmail.com

CONFERENCE ID

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
MAY 8 – 10, 2026
ERZURUM

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

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

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey - Romania - Indonesia- Mongolia- Pakistan – Kosovo- Egypt- Philippines – Iran- Greece- Kazakhstan – Laos – Tajikistan- Moldova- Azerbaijan- Hungary- Spain- Finland- Chile- Taiwan- Portugal- Netherlands – Qatar-

PRESENTATION
Oral presentation

No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical or any other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any form of information storage or retrieval systems, without permission from the publishers.
Academy Global–2026©

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference: Prof. Dr. Başak Hanedan

Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Suyatno - Ahmad Dahlan University

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

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

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

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

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

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

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

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

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

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

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

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

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

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

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

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

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

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

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

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

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

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

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

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

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

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

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

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

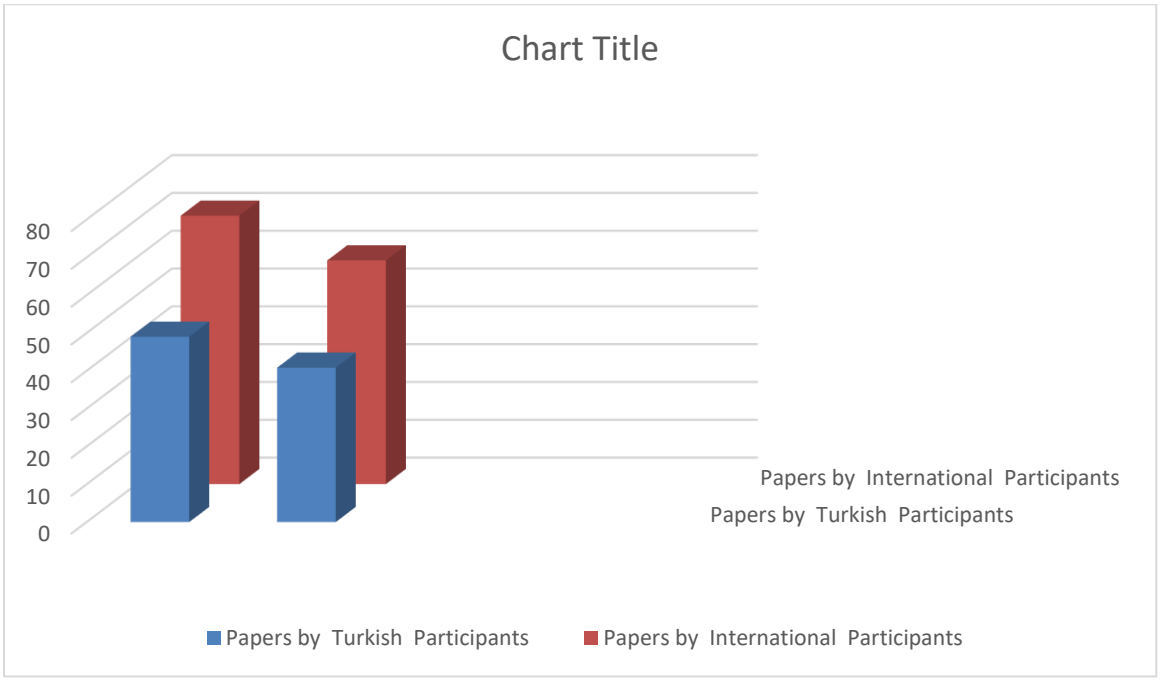
Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji – Iran

	Number of paper	*%*
Papers by Turkish Participants	49	40.83
Papers by International Participants (22 Countries.)	71	59,17



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-36643897-000-2300315795 05.10.2023
Konu : Görevlendirilme.

KLİNİK BİLİMLER BÖLÜMÜ BAŞKANLIĞINA

İlgi : 04.10.2023 tarihli ve E-36643897-000-2300313904 sayılı belge.

İlgide kayıtlı yazıda belirtildiği üzere, Bölümünüz Veterinerlik İç Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Başak HANEDAN'ın, "Academy Global Conferences & Publishing tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görevlendirilmesi Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Yavuz Selim SAĞLAM
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: c147f559-545f-45be-8400-8eec2b215b38 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys

Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2317222
Elektronik Ağ: http://www.atauni.edu.tr/#!birim=veteriner-fakultesi
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr
Bilgi: Derya FINDIK
Faks: +90 442 2317244
E-Posta: vetfak@atauni.edu.tr

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES
ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
May 8 – 10, 2026
Erzurum

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,

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ**	1	GROVER'S ALGORITHM AS A QUANTUM THREAT TO ML-KEM IN RESOURCE-CONSTRAINED IoT ENVIRONMENTS: A liboqs-BASED RASPBERRY Pi 4 BENCHMARK ANALYSIS	Dr. Cemile İNCE
		2	ZAMAN SERİLERİNDE HAREKETLİ ORTALAMA TABANLI GÖSTERGELER İLE HİBRİT MODELLERİN KARŞILAŞTIRMALI SINIFLANDIRMA ANALİZİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Ramazan Süslü Prof. Dr. Rıdvan Saraçoğlu
		3	ENDÜSTRİYEL MAKİNELERİN VR ORTAMINDA SİMÜLASYONU VE KULLANICI ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ	Prof. Dr. Afşın Alper CERİT Yüksek Lisans Öğrencisi Gözde DALYAN
		4	EFFECT OF GROUND MOTION DURATION ON THE NONLINEAR RESPONSE OF STEEL FRAME BUILDINGS WITH DIFFERENT HEIGHTS	Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERKEK Beyza KARAYİĞİT
		5	TEKTONİK ZİNCİRLEME REAKSİYON: 2023 DOĞU ANADOLU FAYI DEPREMLERİNİN GİZLİ MEKANİĞİ	Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ Doç. Dr. Fatih AVCİL Prof. Dr. Ercan IŞIK
		6	YUMUŞAK/ZAYIF KAT KAVRAMI VE GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA	Prof. Dr. Ercan IŞIK Doç. Dr. Fatih AVCİL Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
		7	KAMPÜS İÇİ ULAŞIMDA YOL KENARI PARK GEOMETRİSİNİN OPTİMİZASYONU VE TRAFİK GÜVENLİĞİ ANALİZİ	Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÜNAL Selman AVCI Halil Emre YILMAZ
		8	URLA İLÇESİ DOĞAL VE KÜLTÜREL PEYZAJ DEĞERLERİ BAĞLAMINDA EKOTURİZM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKTEN Prof. Dr. Murat AKTEN

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. Öğr. Üyesi Büşra BİLİR YILDIZ**	1	MODERN SAĞLIK HİZMETLERİNDE GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARININ YÜKSELİŞİ: BİR DERLEME	Meryem Eken Prof. Dr. Yılmaz Daşlı
		2	DAILY LIVING ACTIVITIES AND FUNCTIONAL STATUS IN CANCER PATIENTS	Nurgül Erçoban Prof. Dr. Mukadder Mollaoğlu
		3	ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL HEALTH IN ONCOLOGY	Nurgül Erçoban Prof. Dr. Mukadder Mollaoğlu Doç. Dr. Murat Can Mollaoğlu
		4	BİREYLERİN SAĞLIK OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN SAĞLIK ARAMA DAVRANIŞI VE TEDAVİYE UYUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	Ceylan Nur AKYÜZ Prof. Dr. Şebnem Yücel
		5	YENGEÇ SEPETİ SENDROMUNUN BİREYSEL BAŞARI VE SOSYAL DAVRANIŞLAR BAĞLAMINDA İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Ayşe KEMER Prof. Dr. Şebnem YÜCEL
		6	AKCİĞER BT GÖRÜNTÜLERİNDE DERİN ÖĞRENME TABANLI KANSER SINIFLANDIRMASI	Prof. Dr. Kazım HANBAY Doç. Dr. Nurullah DAĞ Doç. Dr. Hüseyin ÜZEN Mislina Mihriban Yılmaz
		7	AKCİĞER BT GÖRÜNTÜLERINDE DENSENET121 TABANLI GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA	Mislina Mihriban Yılmaz Doç. Dr. Nurullah DAĞ Doç. Dr. Hüseyin ÜZEN Prof. Dr. Kazım HANBAY
		8	ULTRASON TEMELLI NÖROMODÜLASYON: BIYOFIZIKSEL MEKANIZMALAR VE KLINIK UYGULAMALAR	Dr. Öğr. Üyesi Büşra BİLİR YILDIZ
		9	EDGE AI-POWERED WEARABLE HEALTHCARE DEVICES	Doç. Dr. Yeliz DURGUN Abdullah Salah LATEEF

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ**	1	MERCİMEKTE MELATONİN PRİMİNG UYGULAMALARININ TUZ STRESİ KOŞULLARINDA ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİNE ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU
		2	MİKROBİYAL GÜBRE İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ SOLUCAN GÜBRESİNİN FASULYEDE (*PHASEOLUS VULGARIS*) FİDE VE KÖK GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU Fulya Doğru
		3	FARKLI VERİ SETLERİNDE K-FOLD ÇAPRAZ DOĞRULAMA DEĞERLERİNİN ENSEMBLE ALGORİTMALAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Figen Ceritoğlu Prof. Dr. Nazire Mikail
		4	SMART FARMING AND SOIL SCIENCE APPLICATIONS	Arş.Gör. Metehan AYDIN Doç. Dr. Siyami KARACA
		5	ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN SU AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ	Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ
		6	ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN KARBON AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ	Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ
		7	STRUCTURE AND FUNCTION OF MAJOR INLAND RIVER SYSTEMS IN TÜRKİYE	Assoc. Dr. Esra BAYÇELEBİ
		8	ENDEMIC *ALBURNOIDES* SPECIES OF TÜRKİYE'S INLAND WATERS	Assoc. Dr. Esra BAYÇELEBİ
		9	AMELIORATION STRATEGIES FOR SALINE SOILS	Coşkun GÜLSER Füsun GÜLSER

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Bamsız gözlemci**	1	DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN İŞLETME REKABET AVANTAJI STRATEJİLERİNE ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Derya ÇELİK Dr. Ömer Samet KAZDAL
		2	DİJİTALLEŞME ÇAĞINDA MUHASEBE MESLEĞİ: SMMM'LER AÇISINDAN FIRSATLAR VE RİSKLER	Zeynep Gülsüm ÇARBUĞA
		3	IS INDIVIDUAL PENSION INSURANCE IMPORTANT FOR SUSTAINABILITY IN TÜRKİYE?	Doç. Dr. Tolga ERGÜN Dr. Öğr. Üyesi Hilal OK ERGÜN
		4	THE IMPACT OF EXCHANGE RATE RISK ON LIQUIDITY PERFORMANCE IN ENERGY SECTOR FIRMS	Dr. Öğr. Üyesi Hilal OK ERGÜN Doç. Dr. Tolga ERGÜN
		5	İNSAN KAYNAKLARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DÖNÜŞÜMÜ	Prof. Dr. Pelin Vardarlıer Elif Buse Korkusuz Ebru Ünal Yiğitcan Keskinoğlu Uğur Börü
		6	DİJİTALLEŞME ÇAĞINDA ESNEK ÇALIŞMA MODELLERİ	Jasarat Ismayilov Prof. Dr. Pelin Vardarlıer
		7	İŞE ALIM SÜRECİNDE ADAY ÖZGEÇMİŞ VE MÜLAKATLARINDA DİKKAT EDİLEN HUSUSLAR : KISA BİR LİTERATÜR ÇALIŞMASI	YL.öğrencisi Emine Büyüker Arıtürk Dr. Öğr. Üyesi Nuray Turan
		8	AN ANALYTICAL STUDY ON DIVING TOURISM ALONG THE COASTS OF THE SAROS GULF	Metehan YURT Prof. Dr. Okan YAŞAR
		9	KARADENİZ YÖRESEL MUTFAĞINDA KADIN EMEĞİ VE YEMEK KÜLTÜRÜNÜN DÖNÜŞÜMÜ	Bahar Birşah Bahçekapılı Doç. DR. Zehra Dilistan Shıpman
		10	İNSAN ODAKLI ALGORİTMİK YÖNETİM STRATEJİLERİNİN FUZZY BWM–MARCOS YAKLAŞIMIYLA ÖNCELİKLENDİRİLMESİ	Dr. Umut Elbir

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Öğr. Üyesi Mesut YILMAZ**	1	REPRESENTATION OF TRANS CHARACTERS IN OTT CONTENT	Dr. Monisa Qadiri
		2	STUDYING PERCEPTION ON HEALTH CRISIS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE ENABLED SOCIAL MEDIA ANALYSIS	Monisa Qadiri, Muzafar Bhat, Tawseef Majeed Assif Assad Ab Naffi Ahanger
		3	STEAM PLATFORMUNDA VR BAŞLIKLARININ KULLANIM EĞİLİMLERİ: STEAM DONANIM ANKETİ VERİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Yüksek Lisans Öğrencisi Ali HAMAMCI Doç. Dr. Tamer BAYRAK
		4	DİJİTAL OYUNLARDA ŞİDDETİN SUNUMU VE OYUNCU SÖYLEMLERİ: STEAM VERİLERİ ÜZERİNDEN BİR İÇERİK ANALİZİ	Betül Çiftci Doç. Dr. Tamer Bayrak
		5	KURUMSAL İLETİŞİM STRATEJİLERİ BAĞLAMINDA INSTAGRAM KULLANIMI, ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Dr. Öğr. Üyesi Feryat ALKAN Yüksek Lisans Öğrencisi Umut ALKAN
		6	DİJİTAL BAĞIMLILIK VE KURUMSAL AİDİYET İLİŞKİSİ LİSANSÜSTÜ ÖĞRENCİLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Dr. Öğr. Üyesi Feryat ALKAN Yüksek Lisans Öğrencisi Umut ALKAN
		7	AFGANİSTAN'DAKİ KADINLARIN EĞİTİMİ İÇİN DİASPORİK DİJİTAL DİRENİŞ VE YENİ MEDYA	Khalmerza Mubarez
		8	AİLE OLGUSUNUN REKLAM KAMPANYALARINDAKİ TEMSİLLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ: KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ	BESTE DEĞER SEMİH YILDIRIM PEKER
		9	PLATFORM KAPİTALİZMİ VE BELGESEL SİNEMA: ALGORİTMİK SEÇİM BAĞLAMINDA DİJİTAL PLATFORMLARDA BELGESEL ÜRETİMİ VE THE SOCİAL DİLEMMA ÖRNEĞİ	HARUN YEL Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL
		10	BELGESEL SİNEMADA HAKİKAT VE SÖYLEM: BİLL NİCHOOLS'UN BELGESEL KİPLERİ ÇERÇEVESİNDE FAHRENHEİT 9/11 ANALİZİ	Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL HARUN YEL
		11	REKLAMLARDA HABER SİTESİNİN SUNUMU: "NTV.COM.TR" ÖRNEĞİ	Dr. Öğr. Üyesi Mesut YILMAZ

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Doç. Dr. Serpil KALAYCI**	1		
		2	PRESERVICE PRESCHOOL TEACHERS' EXPERIENCES AND VIEWS ON THE USE OF DIGITAL STORIES	Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur Yazar
		3	METFESSEL- MICHAEL DEĞERLENDİRME MODELİNE YER VEREN ÇALIŞMALARIN META DEĞERLENDİRMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi FİKRİYE PAKİK Prof. Dr., ŞENEL ELALDI
		4	İLKOKUL ÖĞRENCİLERİNİN FEN BİLİMLERİ DERSİNDE ZORLANDIKLARI KONULAR VE ÖĞRETME TERCİHLERİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Emre MANSUR Doç. Dr. Serpil KALAYCI
		5	GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALARA YÖNELİK FARKINDALIĞIN DEĞERLENDİRİLMESİ: BİR BALIK KILÇIĞI UYGULAMASI	Yüksek Lisans Öğrencisi Murat TURKUT Doç. Dr. Serpil KALAYCI
		6	YÜKSEKÖĞRETİMDE MİKRO YETERLİLİKLER: TÜRKİYE'DE UYGULAMA, FIRSATLAR VE GÜÇLÜKLER	Dr. Hatice Ergin Kocatürk
		7	6+2 EĞİTİM MODELİNİN ÖĞRENCİLERİN İSTİHDAM KAYGISINA ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: BUCAK İŞLETME FAKÜLTESİ HALKLA İLİŞKİLER VE TANITIM BÖLÜMÜ ÖRNEĞİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Nazlıcan ÇAĞATAY
		8	OKUL ÖNCESİ DÖNEME YÖNELİK DİNİ İÇERİKLİ ÇOCUK KİTAPLARINDA GÖRSELLERİN DİNİ KAVRAMLARI ANLAMLANDIRMADAKİ İŞLEVİ	Doç. Dr. İshak Tekin Serpil Tuna

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Arş. Gör. Dr. Didem Tok Eminçe**	1	ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİNDE YURT GEZİLERİ VE ULUSAL PEYZAJ ANLAYIŞININ OLUŞUMU	Rabia Kılınç Doç. Dr. Çiğdem Doğan Özcan
		2	SANAT EĞİTİMİNDE DOĞANIN YERİ	Mahdıeh Saadatmand Safdarabad Doç. Dr. Buse Kızılırmak Çekinmez
		3	CUMHURİYET SONRASI TÜRK SANATINDA BİR KADIN ÖNCÜ; MÜRŞİDE İÇMELİ	Ayhan Karademir Doç. Dr. Buse Kızılırmak Çekinmez
		4	ALGORİTMİK KÜLTÜR İLE GÖRSEL ÜRETİCİLİK: ÜRETKEN YAPAY ZEKA ÇAĞINDA “YARATICILIK ENDÜSTRİSİ”	Arş. Gör. Dr. Didem Tok Eminçe
		5	YAĞLIBOYADAN ALGORİTMAYA: YAPAY ZEKA GÖRSELLERİNDE KADIN TEMSİLİNİN SÜREKLİLİĞİ	Arş. Gör. Dr. Didem Tok Eminçe
		6	TRAVMADAN ESTETİĞE: HAMNET FİLMİNDE YARATICI SİMYA VE ESTETİK DÖNÜŞÜM	YL. öğrencisi Ümmühan AYTAÇ Dr. Ögr. Üyesi, Bilal SERT
		7	İMGENİN SUYA YANSIYAN YÜZÜ	Helin KILIÇ Şemsi ALTAŞ
		8	THE AESTHETICS OF EVIL IN THE PICTURE SCENE	Master’s Student Resul Burak Şahiner Assoc. Prof. Dr. Sibel Adar Can
		9	DRESSING IN RENE MAGRITTE’S PAINTINGS: THE CONSTRUCTION OF MYSTERY	Master’s Student Özgül Hilal Ünlüler Assoc. Prof. Dr. Sibel Adar Can

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Elnur Mammadov**	1	CLIMATE-INDUCED MIGRATION PATTERNS AND COASTAL COMMUNITY RESILIENCE IN BANGLADESH DELTAS	Prof. Dr. Rahman Chowdhury Dr. Fatima Akter Shamim Reza Nayeem Hasan
		2	URBAN POOR HOUSING STRATEGIES AND SOCIAL MOBILITY IN DHAKA SLUM SETTLEMENTS	Assoc. Prof. Dr. Khaled Islam Mitu Begum Arif Hossain
		3	NOMADIC PASTORALIST ADAPTATIONS TO MODERNIZATION IN IRANIAN ZAGROS MOUNTAINS	Dr. Reza Mohammadi Soraya Karimi Ali Jafari
		4	GENDER ROLES EVOLUTION IN CONTEMPORARY TEHRANI URBAN FAMILIES	Prof. Dr. Hassan Tavakoli Fatemeh Ahmadi Leila Hosseini
		5	MULTICULTURAL IDENTITY NEGOTIATION AMONG MIGRANT WORKERS IN SINGAPORE'S DORMITORIES	Assoc. Prof. Dr. Wei Ling Dr. Amir Singh Mei Chen
		6	URBAN RITUALS AND SOCIAL COHESION IN SINGAPORE'S HAWKER CENTRE CULTURE	Dr. Rajesh Kumar Siti Nurhaliza Lim Wei Jie
		7	ETHNIC MINORITY INTEGRATION CHALLENGES IN BAKU'S MULTICULTURAL NEIGHBORHOODS	Prof. Dr. Elnur Mammadov Dr. Aysel Karimova Farid Huseynov Nigar Aliyeva
		8	POST-SOVIET RURAL TRADITIONS PRESERVATION AMONG AZERBAIJANI VILLAGE COMMUNITIES	Assoc. Prof. Dr. Leyla Hasanova Elvin Gurbanov Kamran Abbasov
		9	OIL WEALTH DISTRIBUTION IMPACTS ON CLASS FORMATION IN AZERBAIJANI SOCIETY	Dr. Rashad Ibrahimov Sevinc Nuriyeva Zara Mammadova

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Lounes Hadji**	1	FISCAL DECENTRALIZATION IMPACTS ON LOCAL GOVERNMENT EFFICIENCY IN HUNGARIAN RURAL MUNICIPALITIES	Prof. Dr. István Kovács Dr. Anna Szilágyi Márton Balogh
		2	DIGITAL GOVERNANCE TRANSFORMATION STRATEGIES FOR BUDAPEST PUBLIC ADMINISTRATION	Assoc. Prof. Dr. Gábor Nagy Dr. Eszter Kovács
		3	PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP MODELS FOR ALGERIAN INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT	Dr. Karim Belkacem Nadia Zerhouni Yassine Amrani Samia Haddad
		4	ECONOMIC DIVERSIFICATION POLICIES BEYOND HYDROCARBONS IN ALGERIAN REGIONAL ECONOMIES	Prof. Dr. Lounes Hadji
		5	MALAYSIAN HALAL INDUSTRY CERTIFICATION FRAMEWORKS AND GLOBAL MARKET EXPANSION	Assoc. Prof. Dr. Amina Rahman Dr. Faisal Ismail Siti Nurhaliza
		6	SUSTAINABLE PALM OIL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN MALAYSIAN AGRO-INDUSTRIAL SECTORS	Zulkifli Ahmad Prof. Dr. Mei Ling Tan
		7	PUBLIC ADMINISTRATION REFORMS FOR EU INTEGRATION IN KOSOVO MUNICIPAL GOVERNMENTS	Dr. Arben Hoxha Liridon Selmani
		8	FOREIGN DIRECT INVESTMENT ATTRACTION STRATEGIES IN KOSOVO EMERGING MARKETS	Assoc. Prof. Dr. Valbona Selimi Ermir Hoxhaj Blerta Gashi
		9		

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Jose Padilla**	1	ORAL TRADITIONS AND IDENTITY FORMATION AMONG ETHIOPIAN HIGHLAND COMMUNITIES	Prof. Dr. Tadesse Alemu Yonas Berhanu
		2	FOLKLORE SYMBOLISM IN ETHIOPIAN COFFEE CEREMONIES AND SOCIAL RITUALS	Dr. Selamawit Kebede Assoc. Prof. Dr. Dawit Fikru Meron Assefa Elias Tadesse Maria Theresa Cruz
		3	MYTHICAL CREATURES IN PHILIPPINE INDIGENOUS ANIMATION AND CONTEMPORARY STORYTELLING	Assis. Prof. Dr. Luningning Ramos
		4	PRE-COLONIAL EPIC NARRATIVES PRESERVATION THROUGH DIGITAL ARCHIVING IN THE PHILIPPINES	Dr. Jose Padilla Ronaldo Santos Liza Mendoza Elena Vargas
		5	CENTRAL ASIAN SHAMANISTIC MOTIFS IN KAZAKH ORAL EPICS AND MODERN LITERATURE	Assoc. Prof. Dr. Aigerim Nurpeissova Yerzhan Bekzatov
		6	NOMADIC FOLK TALES AND ECOLOGICAL WISDOM IN KAZAKHSTANI STEPPE CULTURE	Dr. Gulnara Tolegenova Nursultan Abildayev Dr. Aidana Sarsen
		7	ALBANIAN BALLAD TRADITIONS AND NATIONAL IDENTITY FORMATION IN KOSOVO	Prof. Dr. Ardian Klosi Prof. Dr. Vesa Maxhuni
		8	WOMEN'S VOICES IN KOSOVAR FOLK SONGS AND GENDER REPRESENTATIONS	Liridon Sinani Besa Gashi Flamur Rexhepi
		9	OTTOMAN LEGACY IN KOSOVO VILLAGE FESTIVALS AND COMMUNITY RITUALS	Dr. Donika Morina Shkelzen Maliqi

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Nadia Lounis**	1	MICROFINANCE IMPACT ASSESSMENT ON RURAL HOUSEHOLD RESILIENCE IN ETHIOPIAN HIGHLANDS	Prof. Dr. Abebe Tesfaye Meron Getachew Dawit Alemu Selamawit Kebede
		2	DIGITAL BANKING ADOPTION BARRIERS AMONG ETHIOPIAN URBAN YOUTH POPULATIONS	Assoc. Prof. Dr. Fitsum Assefa Yonas Berhanu Tigist Worku
		3	RISK MANAGEMENT FRAMEWORKS FOR PHILIPPINE MICROINSURANCE PRODUCTS POST-TYPHOON	Dr. Maria Santos Roberto Cruz Liza Fernandez Carlo Mendoza
		4	FINTECH INNOVATION EFFECTS ON TRADITIONAL BANKING MARGINS IN MANILA METRO AREA	Prof. Dr. Theresa Lim Paolo Aquino Elena Morales
		5	ISLAMIC BANKING PRINCIPLES APPLICATION IN KAZAKHSTANI COMMERCIAL LENDING PRACTICES	Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova Nursultan Abayev Dana Kairatova Yerzhan Bekbolatov
		6	CENTRAL ASIAN CROSS-BORDER PAYMENT SYSTEMS AND KAZAKHSTANI FINANCIAL INTEGRATION	Dr. Aidana Sarsenova Ruslan Zhumaliyev Gulnara Abayeva
		7	TUNISIAN SUSTAINABLE INVESTMENT FUNDS PERFORMANCE POST-ARAB SPRING REFORMS	Amina Cherif Dr. Yassine Hadji Prof. Dr. Karim Benali
		8	GREEN BOND MARKET DEVELOPMENT PROSPECTS IN TUNISIA'S RENEWABLE ENERGY SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Nadia Lounis Mehdi Bouziane Samir Khelifa
		9		

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Moncef Ben Salem**	1	AFRICAN UBUNTU PHILOSOPHY AND CONTEMPORARY GLOBAL ETHICS IN POST-COLONIAL CONTEXTS	Prof. Dr. Juma Kibwana Fatuma Ngosi Elias Mponda
		2	EXISTENTIAL CHALLENGES OF CLIMATE JUSTICE THROUGH TANZANIAN INDIGENOUS WORLDVIEWS	Assoc. Prof. Dr. Zawadi Mushi Dr. Kondo Selemani Assis. Prof. Asha Ramadhani
		3	FILIPINO SPIRITUALITY AND PHENOMENOLOGICAL INTERPRETATIONS OF SUFFERING	Dr. Maria Santos Prof. Dr. Jose Rizalino Luz Fernandez
		4	POSTCOLONIAL EPISTEMOLOGY AND KNOWLEDGE PRODUCTION IN PHILIPPINE ACADEMIC DISCOURSE	Assoc. Prof. Dr. Antonio Cruz Elena Vargas
		5	ARABIC LOGIC TRADITIONS AND THEIR INFLUENCE ON CONTEMPORARY ANALYTIC PHILOSOPHY	Prof. Dr. Ahmed Al-Samarrai Layla Hassan Karim Nassar
		6	EXISTENTIALISM IN IRAQI LITERATURE UNDER AUTHORITARIAN REGIMES	Dr. Fatima Zahra Omar Khalid
		7	ISLAMIC PHILOSOPHY OF SCIENCE AND MODERN QUANTUM MECHANICS RECONCILIATION	Assis. Prof. Dr. Mustafa Al-Jabiri Sana Ibrahim
		8	TUNISIAN POST-REVOLUTIONARY POLITICAL PHILOSOPHY AND DEMOCRATIC TRANSITIONS	Prof. Dr. Hedi Ben Abbes Nadia Cherif Youssef Lamine
		9	EXISTENTIAL FREEDOM CONCEPTS IN ARABIC LITERATURE AND CONTEMPORARY EXISTENTIALISM	Assoc. Prof. Dr. Moncef Ben Salem

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Nursultan Abayev**	1	FISCAL POLICY RESPONSES TO CLIMATE CHANGE IMPACTS ON PAKISTANI AGRICULTURE	Ahmed Zubair Sana Malik Bilal Rehman
		2	REMITTANCE FLOWS AND THEIR ROLE IN PAKISTANI HOUSEHOLD CONSUMPTION PATTERNS	Hina Gul Assoc. Prof. Dr. Fatima Noor Dr. Omar Siddiqui
		3	EGYPTIAN TOURISM SECTOR RECOVERY STRATEGIES POST-PANDEMIC ECONOMIC SHOCKS	Dr. Karim El-Sayed Nadia Mahmoud Mohamed Salem
		4	FOREIGN DIRECT INVESTMENT PATTERNS IN EGYPT'S SUEZ CANAL ECONOMIC ZONE	Prof. Dr. Ibrahim Hassan Fatima Abdelaziz Omar Khalil
		5	KAZAKHSTANI ENERGY TRANSITION ECONOMICS AND CARBON PRICING MECHANISMS	Yerzhan Bekbolatov Dana Kairatova Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova
		6	CROSS-BORDER E-COMMERCE GROWTH IMPACTS ON KAZAKHSTAN'S RETAIL SECTOR	Dr. Nursultan Abayev Aidana Sarsenova
		7	MOROCCAN PHOSPHATE INDUSTRY VALUE CHAIN OPTIMIZATION FOR GLOBAL COMPETITIVENESS	Assis. Prof. Dr. Amina El-Khatib Youssef Bennani Dr. Karim Alami Fatima Zahraoui
		8	TOURISM-LED GROWTH MODELS AND REGIONAL DISPARITIES IN MOROCCO	Assoc. Prof. Dr. Hassan Rhouma Nadia Belghiti

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assoc. Prof. Dr. Aigerim**	1	CLIMATE CHANGE IMPACTS ON GLACIER RETREAT AND WATER SECURITY IN NORTHERN PAKISTANI HINDUKUSH	Prof. Dr. Arif Malik Sana Rehman Bilal Khan Ayesha Zubair
		2	URBAN HEAT ISLAND EFFECTS AND MITIGATION STRATEGIES IN KARACHI MEGACITY EXPANSION	Zainab Qureshi Hina Aslam
		3	NILOTIC DELTA EROSION PATTERNS AND SEDIMENT DYNAMICS UNDER DAM CONSTRUCTION IMPACTS	Dr. Ahmed El-Sayed Fatima Hassan Omar Khalil
		4	DESERTIFICATION PROCESSES AND LAND USE CHANGE IN SINAI PENINSULA ECOSYSTEMS	Layla Salem Prof. Dr. Nadia Mahmoud Karim Abdelaziz
		5	ARAL SEA ECOLOGICAL DISASTER LEGACIES AND REGIONAL WATER MANAGEMENT SOLUTIONS	Assoc. Prof. Dr. Aigerim
		6	STEPPE LAND DEGRADATION AND PASTORAL NOMADISM TRANSITIONS IN CENTRAL KAZAKHSTAN	Dr. Yerzhan Bekbolatov Aidana Sarsenova Gulnara Abayeva
		7	ATLAS MOUNTAINS HYDROLOGICAL CHANGES FROM CLIMATE VARIABILITY IN MOROCCAN RIF REGION	Dr.Fatima Zahraoui Youssef Bennani Prof. Dr. Amina El-Khatib
		8	COASTAL EROSION RISKS AND URBAN PLANNING CHALLENGES IN CASABLANCA METROPOLITAN AREA	Assoc. Prof. Dr. Hassan Rhouma Nadia Belghiti Omar Lahlou
		9	SAHARA-SAHEL TRANSITION ZONE VEGETATION SHIFTS UNDER PROLONGED DROUGHT CONDITIONS	Dr. Karim Alami
		10	GROUNDWATER DEPLETION PATTERNS AND SUSTAINABLE MANAGEMENT IN MARRAKECH AGRICULTURAL PLAINS	Prof. Dr. Reem Gamal Tariq El-Badry Mohamed Salem

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Öğretim Gör. Fulya Cengizhan Ertan**	1	PSYCHOSOCIAL FACTORS AT WORK, BURNOUT, HEALTH-ENHANCING PHYSICAL ACTIVITY, AND EMOTIONAL INTELLIGENCE AMONG TEACHERS IN INDIA	Akhil Raj Punnathil Vilija Malinauskiene
		2	RECREATION IN NATURE PARKS: A REVIEW	Doktora Öğrencisi Ahmet Furkan ÇETİNKAYA Prof. Dr. Abdurrahman KIRTEPE Dr. Sıla ATALAYIN
		3	THE RELATIONSHIP BETWEEN SPORTS TOURISM AND RECREATION: A REVIEW	Doktora Öğrencisi Ahmet Furkan ÇETİNKAYA Prof. Dr. Abdurrahman KIRTEPE Dr. Sıla ATALAYIN
		4	FANATICISM IN FOOTBALL FANDOM AMONG UNIVERSITY STUDENTS	Öğretim Gör. Fulya Cengizhan Ertan Prof. Dr. Tülin Akman Doç. Dr. Şaban Ünver
		5	RELATIONSHIP BETWEEN SHORT-DISTANCE SWIMMING AND SPRINT RUNNING PERFORMANCE IN SWIMMERS	Öğretim Gör. Fulya Cengizhan Ertan Prof. Dr. Tülin Akman Doç. Dr. Şaban Ünver
		6	YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ANTRENMAN PLANLAMASI: TÜRKİYE'DE SPOR BİLİMLERİNE YÖNELİK HİBRİT MODEL ÖNERİSİ VE BİR DERLEME ÇALIŞMASI	Mert ÖGE Prof. Dr. Tülin Akman Doç. Dr. Şaban Ünver
		7	FUTBOLCULARDA ALT VE ÜST EKSTREMİTE İLİŞKİSİ	Mert Öge Prof. Dr. Tülin Akman Doç. Dr. Şaban Ünver
		8	TÜRKİYE'DE GELİŞMEKTE OLAN SPORLAR OLGUSUNA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Eylem Teke Doç. Dr. Metin Kuş

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Munise AKSÖZ**	1	MICHAEL FOUCAULT AND THE "OTHERS" IN SOCIETY	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		2	WRITING SKILLS: LEARNING VOCABULARY AND WRITING TEXTS THROUGH PLAY	Prof. Dr. Munise AKSÖZ
		3	TOPLUM, DOĞA VE KADIN: TRANSANDANTALİST BİR YAKLAŞIMLA SEVGİLİ ARSIZ ÖLÜM VE GÖZLERİ TANRI'YI SEYREDİYORDU BİREYSEL KİMLİK	Yüksek Lisans Öğrencisi, Merve Özdemir Doç. Dr. Zehra Güven Kılıçarslan
		4	KLASİK TÜRK ŞİİRİNDE KONU BÜTÜNLÜĞÜ BAĞLAMINDA BOSNALI ÂSIM DÎVÂNI'NDA MERHÛN BEYİT ÖRNEKLERİ	Dr. Hatice Gülpınar
		5	AD İLE KAVRAM AYRIMININ TÜRKÇE BİTKİ ADLARI ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	Arş. Gör. Dr. Berrin KASIMOĞLU DÖNMEZ
		6	HÜSEYİN RAHMİ GÜRPINAR'IN *SON ARZU* ROMANINDA REALİST ANLATIMIN TOPLUMSAL VE ESTETİK GÖRÜNÜMLERİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğba ŞİMŞEK Doç. Dr. Nazlı MEMİŞ BAYTİMUR
		7	TANZİMAT TİYATROSUNDA KLASİSİST KOMEDİ ESTETİĞİ: DİREKTÖR ALİ BEY'İN *KOKONA YATIYOR* OYUNU	Yüksek Lisans Öğrencisi Songül ÖZKAN Doç. Dr. Nazlı MEMİŞ BAYTİMUR
		8	AN EXAMINATION OF THE NOVEL MIDAK STREET IN THE CONTEXT OF THE CONCEPT OF OBLOMOVISM	Doç. Dr. AYSEL ARSLAN

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Öğretim Üyesi Merve YOLAL**	1	A THEORETICAL ANALYSIS OF TAX MORALE AND VOLUNTARY TAX COMPLIANCE FROM A TAX CULTURE PERSPECTIVE	Dr. Öğretim Üyesi Merve YOLAL
		2	BAŞKANLIK VE CUMHURBAŞKANLIĞI HÜKÜMET SİSTEMLERİ BAĞLAMINDA ÜST DÜZEY KAMU YÖNETİCİLERİNİN STATÜSÜ VE ATAMA USULLERİNE İLİŞKİN BİR DEĞERLENDİRME	Prof. Dr. Ali Şahin Yüksek Lisans Öğrencisi Refika Ünlü
		3	TÜRKİYE'DE BELEDİYELERİN MALİ YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr.Öğr.Üyesi İrem ERASA AKÇA
		4	AZERBAYCAN ANAYASA HUKUKUNDA YASAMA SORUMSUZLUĞU: KAPSAMI VE SINIRLARI	Öğr. Gör. Dr. Ömer SARIASLAN
		5	ISSUES OF SOCIAL COMMUNICATION BETWEEN THE STATE AND SOCIETY IN THE HERITAGE OF THE JADIDS	Ibragimov Mirfayz Ikrom ugli
		6	ULUSLARARASI HUKUKTA ANLAŞMA KAVRAMI VE GÜNÜMÜZ TÜRK HUKUK SİSTEMİNDE ULUSLARARASI ANLAŞMALARIN YAPILMASI , ONAYLANMASI VE YÜRÜRLÜK SÜRECİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Münir Kağan KENDİR
		7	ADİ ORTAKLARDA ORTAKLARIN SINIRSIZ SORUMLULUKLARININ İSTİSNALARI İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRME	YL Öğrencisi Zehra Ece Gencer
		8	CONSTITUTIONAL GUARANTEES IN ENSURING PERSONAL RIGHTS	Tohirova Malikabonu Umidovna

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Öğr.Gör. Furkan ÖZCAN**	1	A SYSTEMATIC REVIEW OF THESES ON PERSONALITY DISORDERS AND CHILDHOOD ADVERSE EXPERIENCES IN TÜRKİYE	Arzu Begüm AKKOYUNLU Zehra KURNAZ Dr. Nihan OSMANAĞAOĞLU
		2	KISA VİDEO BAĞIMLILIĞI VE RUH SAĞLIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİ ÜZERİNE DERLEME ÇALIŞMASI	Aslı Nur ERSOY Dr. Öğr. Üyesi Burak KÖKSAL
		3	DİJİTAL DÜNYADA ÇOCUK VE OYUN BAĞIMLILIĞI: DİJİTAL TAYFA ÇİZGİ DİZİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Öğr.Gör. Furkan ÖZCAN
		4	HAFIZLIK EĞİTİMİ ALMIŞ BİREYLERDE MANEVİ İYİ OLUŞ VE PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	Ayşenur Urkan Doç. Dr. Çınar Kaya
		5	İŞ YAŞAMINDA MOBBİNG DENEYİMLERİNİN OTANTİKLİK BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ: ÇOCUKLUK ÇAĞI OLUMSUZ DENEYİMLERİNE DAYALI KURAMSAL BİR MODEL	İrem ÖZER Dr. Firuze Selen ÇAĞLAR
		6	CİNSEL FANTEZİLER BAĞLAMINDA CİNSEL MİTLER VE ALGILANAN ROMANTİK İLİŞKİ KALİTESİNİN İNCELENMESİ	Öğr. Psk. Yulduz BEKNAZAROVA Dr. Öğr. Üy. Hülya AYHAN
		7	ERGENLERDE ÖZ DENETİM ZAYIFLIĞININ AZALTILMASINDA MANEVİ DANIŞMANLIĞIN ROLÜ	Yüksek Lisans Öğrencisi, NURDAN SAMİM Doç. Dr., ÖMER FARUK SÖYLEV
		8	SOURCES OF MARITAL CONFLICT AND ADAPTATION PROCESSES IN INTERCULTURAL MARRIAGES: A QUALITATIVE STUDY	Rabia Çetinbaş

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Hatice Işıl Alkan**	1	CORPORATE TAXATION AND FOREIGN DIRECT INVESTMENT: AN ASSESSMENT FOR OECD COUNTRIES WITHIN THE GLOBAL MINIMUM TAX FRAMEWORK	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif PEÇE
		2	YEŞİL HAREKETLİLİK, DİJİTAL FİNANS VE KÜRESEL ELEKTRİK TALEBİ İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Dr. Öğr. Üyesi M. Akif PEÇE Prof. Dr. Said CEYHAN Dr. Öğr. Üyesi Hasan YAVUZ
		3	FİNANSAL PİYASALARDA TÜREV ÜRÜNLER: TEORİK ÇERÇEVE VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ	İsmail KAVLAK Ahmet ŞİMŞEK Doç. Dr. Batuhan MEDETOĞLU
		4	THE ECONOMIC REFLECTIONS OF FISCAL POLICIES IN TÜRKIYE : AN ASSESSMENT FROM THE 2008 FINANCIAL CRISIS TO THE PRESENT	Dr. Öğr. Üyesi Azad ERDEM
		5	TÜRKİYE'DE SOSYAL KAMU HARCAMALARININ GELİR DAĞILIMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr. Öğr. Üyesi Nazlı Demirtaş
		6	ECONOMIC IMPACTS OF GOOD AGRICULTURAL PRACTICES IN TÜRKİYE: A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE	Assoc. Prof. Dr. Hatice Işıl Alkan
		7	BANKALARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POLİTİKALARI	Doç. Dr. Hayriye SAĞIR YL. Öğrencisi, İsmail Talha YAPRAK
		8	JEOEKONOMİK PARÇALANMA SÜRECİNDE TÜRKİYE'NİN İHRACAT PAZARLARININ DÖNÜŞÜMÜ: GENEL BİR DEĞERLENDİRME	Dr. Öğr. Üyesi Yasin SÖĞÜT

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Bamsız gözlemci**	1	SYNERGISTIC EFFECT OF CARBON MATERIALS ON $LaFeO_3$-BASED PHOTOCATALYSTS FOR ANTIBIOTIC DEGRADATION	Doç. Dr. Özlem Tuna Doç. Dr. Şeyda Karadirek Prof. Dr. Pelin Demircivi
		2	EVALUATION OF DIATOMITE-DERIVED ADSORBENTS FOR EFFICIENT ORANGE II REMOVAL FROM WATER	Doç. Dr. Özlem Tuna Arş. Gör. Dr. Nergiz Kanmaz Prof. Dr. Pelin Demircivi
		3	SEVOFLURANIN *Galleria mellonella*'da İNHALASYON ve ENJEKSİYON UYGULAMALARININ OKSİDATİF ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Nesli YULU Dr. Elyesa Melih UÇKAN Famil YUSUFOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Fevzi UÇKAN
		4	LİPOPOLİSAKKARİT UYGULANMIŞ *Galleria mellonella*'DA METİL JASMONATIN ANTİOKSİDAN/PROOKSİDAN ETKİLERİ	Figen BORA Famil YUSUFOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Fevzi UÇKAN
		5	KONYA İLİ EREĞLİ VE HALKAPINAR İLÇELERİNDE YETİŞTİRİLEN MAHALLİ ELMA ÇEŞİTLERİNİN FENOLOJİK VE POMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	Ziraat Mühendisi Gülnur Gümüş
		6	Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen'in ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİ	Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ Prof. Dr. Mevlüt ALATAŞ
		7	Ptychostomum creberrimum (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay'in GLUTATYON İÇERİKLERİ	Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ Prof. Dr. Mevlüt ALATAŞ

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Dimitri Lazos**	1	DIGITAL GOVERNANCE TRANSFORMATION IN HUNGARIAN MUNICIPAL ADMINISTRATION POST-COVID	Prof. Dr. István Kovács Dr. Anna Szabó Márton Nagy
		2	PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP MODELS FOR SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE IN BUDAPEST	Eszter Kovács Assoc. Prof. Dr. Zsolt Horváth
		3	DECENTRALIZATION REFORMS AND LOCAL GOVERNMENT CAPACITY BUILDING IN GREECE	Dr. Elena Papadimitriou Nikos Karamanos Sophia Antoniadis Theo Stavros
		4	E-GOVERNMENT IMPLEMENTATION CHALLENGES IN GREEK ISLAND MUNICIPALITIES	Dr. Dimitri Lazos
		5	ANTI-CORRUPTION FRAMEWORKS AND TRANSPARENCY INITIATIVES IN MALAYSIAN PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Ahmad Rahman Siti Nurhaliza Dr. Karim Abdullah
		6	SMART CITY GOVERNANCE STRATEGIES FOR KUALA LUMPUR URBAN DEVELOPMENT	Assis. Prof. Dr. Fatima Ismail
		7	PUBLIC ADMINISTRATION REFORMS FOR POST-CONFLICT RECONSTRUCTION IN KOSOVO	Dr. Arben Hoxha Liridon Krasniqi Valbona Gashi
		8	DECENTRALIZATION PROCESSES AND FISCAL AUTONOMY IN KOSOVAR MUNICIPALITIES	Assoc. Prof. Dr. Fatmire Mulaj Besim Rama
		9	E-PARTICIPATION PLATFORMS FOR CITIZEN ENGAGEMENT IN PRISTINA LOCAL GOVERNANCE	Dr. Edon Zhllima Miranda Hoxha Armend Muja

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Afi Ametepe**	1	CROSS-CULTURAL ADAPTATION CHALLENGES FOR MIGRANT YOUTH IN SKOPJE URBAN COMMUNITIES	Prof. Dr. Aleksandar Petrovic Elena Ristovska
		2	WORKPLACE STRESS MANAGEMENT INTERVENTIONS FOR NORTH MACEDONIAN HEALTHCARE PROFESSIONALS	Assoc. Prof. Dr. Marija Angelova Dr. Goran Trajkovski Biljana Stojanova Ivan Petrov
		3	ADOLESCENT MENTAL HEALTH IMPACTS FROM FAMILY SEPARATION IN TOGO RURAL MIGRANT FAMILIES	Dr. Koffi Mensah
		4	TRAUMA RECOVERY PROGRAMS FOR DOMESTIC VIOLENCE SURVIVORS IN LOMÉ COMMUNITIES	Prof. Dr. Afi Ametepe Yawa Dzogbegan
		5	POST-PANDEMIC ANXIETY PATTERNS AMONG LAO UNIVERSITY STUDENTS IN VIENTIANE	Bounthavi Vongpheth Assoc. Prof. Dr. Somchai Phommasack
		6	CULTURAL FACTORS INFLUENCING DEPRESSION DIAGNOSIS IN RURAL LAO ETHNIC MINORITY GROUPS	Dr. Vilayphone Sysoutham Khamla Sengsavanh Sengphet Houngboung
		7	FAMILY DYNAMICS AND CHILD DEVELOPMENT OUTCOMES IN TAJIK POST-CONFLICT VILLAGES	Dr. Farrukh Rahimov
		8	SOCIAL MEDIA ADDICTION AND SELF-ESTEEM AMONG TAJIKISTAN ADOLESCENT GIRLS	Assoc. Prof. Dr. Nigora Karomatova Dilnoza Mirzayeva Shokhista Rahmonova
		9	RESILIENCE FACTORS IN TAJIK MIGRANT WORKERS RETURNING FROM RUSSIA	Dr. Rustam Juraev Malika Saidova
		10	INTERGENERATIONAL TRAUMA TRANSMISSION IN TAJIKISTAN CIVIL WAR SURVIVOR FAMILIES	Prof. Dr. Gulnora Boboeva Azizbek Nazarov Feruza Toshmatova Jamshed Rakhimov

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Assoc. Prof. Dr. Mawuli Dzodzomenyo**	1	TELEMEDICINE IMPLEMENTATION CHALLENGES IN NORTH MACEDONIA RURAL HEALTH SYSTEMS	Prof. Dr. Nikola Petrovski Elena Jankovska Dr. Goran Trajkovski
		2	PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP MODELS FOR HOSPITAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN SKOPJE	Assoc. Prof. Dr. Marija Angelova Saso Kostovski
		3	HEALTH WORKFORCE RETENTION STRATEGIES IN TOGO'S REMOTE DISTRICT HOSPITALS	Dr. Koffi Mensah Afi Amedoe
		4	MOBILE HEALTH APPLICATIONS FOR MATERNAL CARE ACCESSIBILITY IN LOME URBAN SLUMS	Prof. Dr. Akouavi Togbe Yawa Dovi Komla Agbodjinou Esi Kpodo
		5	COMMUNITY HEALTH INSURANCE SCHEMES EVALUATION FOR UNIVERSAL COVERAGE IN TOGO	Assoc. Prof. Dr. Mawuli Dzodzomenyo
		6	DISEASE SURVEILLANCE SYSTEMS STRENGTHENING IN LAOS BORDER PROVINCES	Dr. Somchai Vongxay Keo Vongsack
		7	HOSPITAL WASTE MANAGEMENT PROTOCOLS FOR INFECTION PREVENTION IN VIENTIANE	Vilaysack Phimmavong Assoc. Prof. Dr. Bounlay Phommasack Sengchanh Kounnavong
		8	TELEHEALTH POLICY FRAMEWORKS FOR RURAL ACCESS IN TAJIKISTAN MOUNTAIN REGIONS	Prof. Dr. Farrukh Saidov Dilnoza Rahmonova

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Emeka Nwosu**	1	EU INTEGRATION CHALLENGES AND DOMESTIC POLITICAL DYNAMICS IN MOLDOVA'S PARLIAMENTARY SYSTEM	Prof. Dr. Ion Perju Victor Melnic Dr. Ana Casian
		2	TRANSNISTRIA CONFLICT RESOLUTION STRATEGIES AND MOLDOVA'S NATIONAL SECURITY POLICY	Assoc. Prof. Dr. Elena Bodarev
		3	YOUTH POLITICAL PARTICIPATION AND ELECTORAL REFORMS IN NIGERIA'S FOURTH REPUBLIC	Dr. Chinedu Okoro Ngozi Eze Adebayo Yusuf Fatima Aliyu
		4	BOKO HARAM INSURGENCY IMPACTS ON FEDERALISM AND STATE GOVERNANCE IN NORTHERN NIGERIA	Prof. Dr. Emeka Nwosu
		5	POST-GADDAFI POWER-SHARING ARRANGEMENTS AND TRIBAL POLITICS IN LIBYAN STATE-BUILDING	Assoc. Prof. Dr. Ahmed El-Sayed Khalid Mansour Assis. Prof. Dr. Fatima Al-Harbi
		6	FOREIGN INTERVENTION EFFECTS ON LIBYAN NATIONAL DIALOGUE AND CONSTITUTIONAL PROCESSES	Dr. Omar Zahir Layla Bennani
		7	CENTRAL ASIAN WATER DIPLOMACY TENSIONS AND TAJIKISTAN'S HYDROPOWER DEVELOPMENT STRATEGY	Prof. Dr. Farrukh Saidov Dilnoza Rahimova Rustam Juraev
		8	RUSSIA-CHINA GEOECONOMIC INFLUENCE ON TAJIKISTAN'S MULTIVECTOR FOREIGN POLICY	Dr. Nigora Mirzoeva
		9	AUTHORITARIAN CONSOLIDATION PATTERNS IN TAJIKISTAN'S PRESIDENTIAL SUCCESSION POLITICS	Dr. Azizullo Hakimov Shokhista Karimova Farrukh Azimov

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Chinedu Okafor**	1	ECOTOURISM DEVELOPMENT POTENTIAL IN ERITREAN RED SEA ISLANDS FOR SUSTAINABLE LIVELIHOODS	Prof. Dr. Teklemariam Yohannes Dawit Gebrezgabiher
		2	MIGRANT WORKER EXPLOITATION PATTERNS IN ERITREA'S TOURISM INFRASTRUCTURE PROJECTS	Merhawi Ghebrehiwet Assis. Prof. Dr. Selamawit Haile Yonas Berhane Hiwot Tesfai
		3	CROSS-BORDER TOURISM IMPACTS ON NIGERIAN BORDER COMMUNITIES WITH BENIN REPUBLIC	Dr. Chinedu Okafor
		4	YOUTH MIGRATION FROM NIGERIA TO EUROPE AND ITS EFFECTS ON DOMESTIC TOURISM SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Ngozi Ezeigbo Emeka Nwankwo Fatima Yusuf
		5	LIBYAN DESERT TOURISM ROUTES AND THEIR ROLE IN POST-CONFLICT ECONOMIC RECOVERY	Prof. Dr. Ahmed Al-Farsi Fatima El-Mansouri
		6	INTERNAL DISPLACEMENT PATTERNS INFLUENCING TOURISM INFRASTRUCTURE IN EASTERN LIBYA	Dr. Khalid Benali Sana Ghalib Tariq Zahir
		7	CULTURAL HERITAGE TOURISM POTENTIAL IN SUDAN'S NUBIAN TRIANGLE ARCHAEOLOGICAL SITES	Assoc. Prof. Dr. Omar Siddig Amal Hassan
		8	REFUGEE INTEGRATION CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN SUDANESE TOURISM WORKFORCE	Prof. Dr. Fatima Abdelrahman Yusuf Al-Mahdi Nadia Ibrahim Karim Salih
		9	TRANS-SAHARA MIGRANT ROUTES IMPACT ON SUDAN'S BORDER TOURISM ECONOMY	Dr. Leila Osman

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Nadia Belhadj**	1	EU ENLARGEMENT DYNAMICS AND ROMANIA'S ROLE IN BLACK SEA REGIONAL SECURITY ARCHITECTURE	Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilescu Radu Marinescu
		2	INDONESIA'S MARITIME FULCRUM DOCTRINE AND SOUTH CHINA SEA DISPUTE MANAGEMENT STRATEGIES	Dr. Sari Wijaya Budi Santoso Nyoman Artawa Lina Pratiwi
		3	ASEAN CENTRALITY IN INDO-PACIFIC GEOPOLITICS: INDONESIA'S BALANCING ACT	Prof. Dr. Agus Setiawan
		4	QATAR'S MEDIATION DIPLOMACY IN MIDDLE EAST CONFLICT RESOLUTION PROCESSES	Assoc. Prof. Dr. Khalid Al-Mansoori Fatima Hassan Dr. Noor Salem
		5	ENERGY GEOPOLITICS AND QATAR'S LNG STRATEGY IN GLOBAL MARKET SHIFTS	Dr. Omar Al-Fahim Layla Mahmoud
		6	EGYPT'S SUEZ CANAL EXPANSION AND ITS IMPLICATIONS FOR GLOBAL TRADE ROUTES	Prof. Dr. Ahmed El-Sayed Fatima Khalil Omar Zahir
		7	EGYPTIAN FOREIGN POLICY TOWARD THE HORN OF AFRICA AMID GERD WATER DISPUTES	Assoc. Prof. Dr. Nadia Belhadj
		8	ARAB-ISRAELI NORMALIZATION AGREEMENTS AND EGYPT'S MEDIATING ROLE	Dr. Karim Abdelaziz Sara Ahmed Dr. Ibrahim Nour Reem Gamal
		9	CLIMATE CHANGE DIPLOMACY AND EGYPT'S LEADERSHIP IN AFRICAN COP NEGOTIATIONS	Prof. Dr. Hassan Rhouma Youssef Bennani

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assoc. Prof. Dr. Reem Gamal**	1	INTEGRATING DIGITAL STORYTELLING IN ROMANIAN PRIMARY EDUCATION FOR LITERACY DEVELOPMENT	Prof. Dr. Ana Popescu Mihai Ionescu Elena Vasilescu Ioana Radu
		2	TEACHER TRAINING PROGRAMS FOR INCLUSIVE EDUCATION IN RURAL ROMANIAN COMMUNITIES	Assoc. Prof. Dr. Cristian Dumitrescu Assis. Prof. Dr. Sorina Georgescu
		3	STEM EDUCATION CURRICULUM REFORM THROUGH INDONESIAN LOCAL CULTURAL CONTEXTS	Dr. Sari Wijaya Budi Santoso Lina Pratiwi Agus Setiawan
		4	CHALLENGES OF REMOTE LEARNING ADOPTION IN INDONESIAN ARCHIPELAGIC SCHOOLS	Nyoman Dewi
		5	BLENDED LEARNING MODELS FOR QATARI UNIVERSITY STUDENTS POST-PANDEMIC	Dr. Fatima Al-Khalifa Khalid Rahman Aisha Al-Mansoori
		6	VOCATIONAL EDUCATION ALIGNMENT WITH QATAR NATIONAL VISION 2030 OBJECTIVES	Assoc. Prof. Dr. Omar Al-Fahim Layla Mahmoud Sara Hassan
		7	EGYPTIAN HIGHER EDUCATION REFORMS FOR GRADUATE EMPLOYABILITY ENHANCEMENT	Dr. Ahmed Salem Fatima El-Sayed Karim Abdelaziz Nadia Mahmoud
		8	STEM GENDER PARITY INITIATIVES IN CAIRO PUBLIC SCHOOL SYSTEMS	Prof. Dr. Mohamed Hassan
			CRITICAL THINKING PEDAGOGY INTEGRATION IN ALEXANDRIA SECONDARY CURRICULA	Assoc. Prof. Dr. Reem Gamal Tariq El-Badry Sara Ahmed
		9	LIFELONG LEARNING PLATFORMS FOR RURAL EGYPTIAN YOUTH EMPOWERMENT	Dr. Omar Khalil Layla Hassan Youssef Bennani

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
8 Mayıs / May 8, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Dr. Catalin Radu**	1	ROMANIAN FOLKLORE MOTIFS IN CONTEMPORARY POST-COMMUNIST LITERATURE NARRATIVES	Prof. Dr. Andrei Popescu Maria Ionescu Ioana Vasilescu
		2	LINGUISTIC HYBRIDITY IN BILINGUAL ROMANIAN-HUNGARIAN BORDERLAND POETRY	Dr. Catalin Radu
		3	MYTHICAL ARCHETYPES IN INDONESIAN WAYANG LITERATURE AND MODERN NOVELS	Assoc. Prof. Dr. Sari Wijaya Budi Santoso
		4	DUTCH COLONIAL LEGACIES IN INDONESIAN POST-INDEPENDENCE PROSE WRITING	Nyoman Artawa Dewi Pratiwi I Made Sujana
		5	NOMADIC ORAL TRADITIONS TRANSLATION CHALLENGES IN MONGOLIAN CONTEMPORARY FICTION	Prof. Dr. Batbayar Tsend
		6	POST-SOVIET IDENTITY DISCOURSE IN MONGOLIAN URBAN POETRY ANTHOLOGIES	Dr. Enkhbayar Dorj Oyuunbold Ganbaatar
		7	POSTCOLONIAL FEMINIST VOICES IN PAKISTANI ENGLISH LANGUAGE SHORT STORIES	Assoc. Prof. Dr. Imran Malik Sana Zubair
		8	URDU POETRY EVOLUTION DURING PAKISTAN'S PARTITION LITERARY MOVEMENT	Dr. Hina Rehman Bilal Qureshi Ayesha Nisar
		9	LINGUISTIC LANDSCAPE ANALYSIS OF MULTILINGUALISM IN KARACHI URBAN NOVELS	Dr. Faisal Butt
		10	SUFISM SYMBOLISM IN CONTEMPORARY PAKISTANI MYSTICAL FICTION NARRATIVES	Rabia Khan Muhammad Irfan Zainab Aslam

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES
ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
May 8 – 10, 2026
Erzurum

YÜZ YÜZE

9 Mayıs / May 9, 2026 / 13:00 – 14:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI	1	WORKING WOMEN AND THE FAMILY: THE TRANSFORMATION OF WOMEN'S LABOR AND NEW ERA FAMILY POLICIES IN TÜRKİYE	Dr.Öğr.Üyesi.Hilal Barın
		2	İNTİHAR OLASILIĞI İLE UYKU KALİTESİ, BİLİŞSEL ESNEKLİK, İYİMSERLİK/KÖTÜMSERLİK VE ÖZŞEFKAT ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ	Dr.Öğr.Üyesi Şükrü Özer Doç. Dr. Gülin Yazıcı Çelebi Dr.Öğr.Üyesi Sunay Güngör
		3	TRENDS AND GAPS IN TRANSCULTURAL NURSING	Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI
		4	MİYOKARD İNFARKTÜSÜ GEÇİREN BİREYLERİN YAŞAM KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI Betül KINCAL
		5	SAĞLIK İNANÇ MODELİ TEMELLİ MOBİL EĞİTİMİN İNSÜLİN TEDAVİSİ YÖNETİMİNDEKİ ROLÜ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİ	Prof. Dr. MEHTAP KAVURMACI Dr. Öğr. Üyesi Büşra Ceren DEMİREL YILDIZ

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES
ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
May 8 – 10, 2026
Erzurum

YÜZ YÜZE

9 Mayıs / May 9, 2026 / 14:00 – 15:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Başak Hanedan**	1	PRODUCTION OF BIOACTIVE CAROTENOIDS FROM SOIL BACTERIA	Master Student Nodirbek BOBOYOROV Prof. Dr. Hakan ÖZKAN
		2	BİODEGRADATİON POTENTİAL OF MARİNE BACTERİAL ISOLATE DDA61 FOR BENZOPHENONE-3 REMOVAL	Dilara Deniz AYDIN Mehmet Akif OMEROGLU
		3	HORSESHOE ADASI (ANTARTİKA) KARASAL HABİTATLARDA KÜLTÜRDEN BAĞIMSIZ METABARKODLAMA YÖNTEMİ İLE PROKARYOT ÇEŞİTLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI	Emine Berra YILMAZ Selma SEZEN Gökçe KARADAYI Mehmet KARADAYI Medine GÜLLÜCE
		4	SMİTSONİT LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: A_HİDROJEN PEROKSİT ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Lisansüstü Öğrencisi Rauf HAKHIYEV Prof. Dr. Ömer LAÇİN
		5	SMİTSONİT LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: B_SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Lisansüstü Öğrencisi Rauf HAKHIYEV Prof. Dr. Ömer LAÇİN
		6	INTEGRATIVE BIOINFORMATICS APPROACH for THE DISCOVERY of CO-EXPRESSED CANCER-ASSOCIATED GENES in LUNG and LIVER CANCERS	Baraa Mıaad Ataaallah ORUJ Murat ISIYEL Assoc. Prof. Hamid CEYLAN

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES
ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
May 8 – 10, 2026
Erzurum

YÜZ YÜZE

9 Mayıs / May 9, 2026 / 16:00 – 18:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Başak Hanedan**	1	FTO YÜZEYİNE La +3 –Yb +3 BİRLİKTE KATKILI TiO 2 NANOYAPILARININ YAPISAL KARAKTERİZASYONU ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMA	Zarif Mammadova Dr. Öğr. Üyesi Berrak Çalışkan Prof. Dr. Enes Şayan
		2	SUYUN PEYZAJ TERCİHİ ÜZERİNE ETKİLERİ	Nur GÜRBULAK Prof. Dr. Nalan DEMİRCİOĞLU
		3	ERZURUM OVASI' NIN (TÜRKİYE DOĞUSU) JEOLOJİK VE HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ	Jeoloji Müh. Saniye EFE Dr. Öğr. Üyesi Necmi YARBAŞI
		4	TELEPARALEL KÜTLEÇEKİM KURAMINDA KOMPAKT NESNELER HEINTZMANN UZAY-ZAMANI	Hilal BİNİCİ Doç. Dr. Ganim GEÇİM
		5	KOZMOLOJİK SİMÜLASYON VERİLERİNDE GALAKSİ MORFOLOJİSİ VE YILDIZ OLUŞUMUNUN DERİN ÖĞRENME VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ İLE İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Ahmet Emin BİNİCİ Doç. Dr. Aykut ÖZDÖNMEZ
		6	DİKİŞ DESTEKLİ ARAYÜZEYLERİN SANDVİÇ KOMPOZİTLERİN TİTREŞİM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	YL Öğrencisi Burak DURAN Arş. Gör. Merve YAZICI Dr. Öğr. Üyesi Arif ULU Doç. Dr. Volkan ACAR
		7	EFFECT OF MgO ON EFFLORESCENCE IN ALKALI-ACTIVATED MORTARS: VISUAL ASSESSMENT	Doaa Khalid Nassoori ITHAWI Prof. Dr. Rıza POLAT

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assistant Professor Dr. Yasin İbrahim**	1	ANTAKYALI BİR MUHADDİS: EBU SEHL HEYSEM b. CEMİL- İLMİ KİŞİLİĞİ VE HADİS İLMİNDEKİ YERİ	Öğr.Gör. Dr., Ahmet Emre AYDINLI
		2	HAC İBADETİNDE (MENASİKİNDE) DİNİ ŞÜPHE	Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğba ÇALIŞKAN
		3	THE CONCEPT OF TAWḤĪD IN ISMAIL AL-FARUQI'S THOUGHT AND ITS EPISTEMOLOGICAL MANIFESTATIONS	Assistant Professor Dr. Yasin İbrahim
		4	İSLÂM HUKUK METODOLOJİSİNDE İFADE ÖZGÜRLÜĞÜNÜN KURUMSAL ZEMİNİ OLARAK "İÇTİHAT" VE FİKRÎ ÇOĞULCULUK	Nurşen İncegül Arslancan Prof. Dr. Tevhit Ayengin
		5	THE ANALYSIS OF THE REPORTS OF ʿARḌA IN THE CONTEXT OF QUR'ANIC RECITATIONS	Lect. Dr. Resul AKCAN
		6	MEVLÂNÂ CELÂLEDDÎN-I RÛMÎ'NİN MECÂLİS-İ SEB'A ADLI ESERİNDEKİ PEYGAMBER KISSALARINDA NUR VE ZULMETİN SEMBOLİK ANALİZİ	Prof. Dr. Ali TEMİZEL Dilan Can ACAR
		7	ÇOCUKLUKTA ALLAH TASAVVURU GELİŞİMİ VE EBEVEYN DİNDARLIĞININ ROLÜ	YL. Öğrencisi, Emirhan Yazıcı Doç. Dr., Ömer Faruk Söylev
		8	KIRAAT METİNLERİNDE AKTARIM SORUNLARI: NÜSHA VE MÜSTENSİH HATALARININ TAHRİRAT PERSPEKTİFİNDEN ANALİZİ	Öğr. Gör. Osman YAVUZ
		9	ARAP DİLİ EĞİTİMİNDE: ED-DURÛSU'N-NAHVİYYE SERİSİNİN METODOLOJİK ANALİZİ	Arş. Gör. Dr. Sabri Yıldırımer
		10	AZİZ MAHMUD HÜDÂYÎ HAZRETLERİ'NİN BİR NAATI BAĞLAMINDA NEBEVÎ MUHABBET VE EDEBÎ ESTETİK: BİR BELÂGAT OKUMASI	Arş. Gör. Dr. Sabri Yıldırımer

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Şebnem YÜCEL**	1	YENİ MEDYADA YALAN HABER YAYILIMI VE ALGI YÖNETİMİ; TÜRKİYE İKLİM KANUNU ÖRNEĞİ	Prof. Dr. Mustafa İNCE Doç. Dr. Mevlüt Can KOÇAK Ebru DİLEK
		2	YOUTUBE'DA YAYINLANAN 'SON' VİDEO KAYITLARI ÜZERİNDEN İNTİHAR VAKALARINA BAKIŞ: BİR İÇERİK ANALİZİ	Prof. Dr. Mustafa İNCE Doç. Dr. Mevlüt Can KOÇAK Ebru DİLEK
		3	SAĞLIK KURUMLARINDA DÖNÜŞÜMCÜ LİDERLİK YAKLAŞIMININ ÖRGÜTSEL PERFORMANS GÖSTERGELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Ayşe KEMER Prof. Dr. Şebnem YÜCEL
		4	SOSYAL MEDYADA PAYLAŞILAN DİJİTAL SAĞLIK BİLGİLERİNİN BİREYLERİN KAYGI VE SAĞLIK KARARLARI BAĞLAMINDA İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Ayşe KEMER Prof. Dr. Şebnem YÜCEL
		5	GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARINA YÖNELİK BİLGİ DÜZEYİ VE KULLANIM ALIŞKANLIKLARI: KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ	Hüsniye YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi Seliha Seçil BAYRAM
		6	DİNİ TUTUM VE ETİK DUYARLILIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ	Hüsniye YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi Seliha Seçil BAYRAM

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Ülya DÖNMEZ**	1	AFET MÜDAHALE SÜREÇLERİNDE ARAMA KURTARMA GÖNÜLLÜLERİNDE İKİNCİL TRAVMATİK STRES: LİTERATÜR İNCELEMESİ	YL. Öğrencisi Makbule ÇETİN Doç. Dr., Şerife UĞUZ ARSU
		2	YAPAY ZEKÂ ALTYAPISI BAĞLAMINDA VERİ MERKEZLERİ VE DİJİTAL MEKÂNSAL SABİTLEME ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME	Veciha Rana ATEŞ
		3	TÜRKİYE'DE KADIN CİNAYETLERİ VE ŞİDDET: İSTATİSTİK TEMELLİ SOSYOLOJİK BİR İNCELEME	Elif Şeyma Cüce Tolga Zaman
		4	DESIRE TO FORM A FAMILY IN YOUNG ADULTHOOD: A STUDY ON NEETS	Sema Verdi Doç. Dr. Gökçen Çatlı
		5	TÜRKİYE GÖÇ TARİHİNİ YERELDEN OKUMAK: DENİZLİ ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME	Dr. Ülya DÖNMEZ
		6	YAŞLILARIN DİJİTAL DÜNYASI	Doktora Öğrencisi Şükrü BARDAKCI
		7	GEÇİCİ İŞGÜCÜ MÜ, KALICI İŞ GÖÇÜ MÜ ? TÜRKİYE'DEN ALMANYA VE KAOD ÜLKELERİNE YÖNELEN İŞGÜCÜNÜN YAPISAL ANALİZİ	Hande BAKIR Doç. Dr. Barış DEMİREL
			GÖÇMENLERİN TOPLUMSAL UYUM SÜRECİNDE SİVİL TOPLUM KURULUŞLARININ ROLÜ: SGDD ÖRNEĞİ	Nihan İNALTEKİN Doç. Dr. Barış DEMİREL
		8	BOŞANMA OLGUSUNUN İSTATİSTİKSEL VERİLER IŞIĞINDA ÇOK BOYUTLU İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Sultan Baycan Doç. Dr. Tolga Zaman

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Öğr. Üyesi Hamide Nur ÖZSOY**	1	JACQUES DERRIDA'DA KONUKSEVERMEZLİK DÜŞÜNCESİ	Dr., Aydın ÇİÇEK
		2	FRIEDRICH HEGEL FELSEFESİNDE AKLIN GELİŞİMİ	Dr., Aydın ÇİÇEK
		3	HATÂYÎ MOTİFİNİN TARİHÇESİ	Dr. Öğr. Üyesi Hamide Nur ÖZSOY
		4	YÜNÜN YUNAN VE ROMA KÜLTÜRÜNDE ANTİK KİMLİĞİ	Arkeolog Okan ÖZALP Prof. Dr. Ayşegül KOYUNCU OKCA
		5	AYDIN'DAKİ KAYBOLAN GELENEKSEL MESLEKLERİN SOMUT OLMAYAN KÜLTÜREL MİRAS VE TURİZM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	Öğr. Gör. Saadet Nihal COŞKUN Prof. Dr. Ayşegül KOYUNCU OKCA
		6	GELENEKSEL GİYİM KÜLTÜRÜ BAĞLAMINDA TEFEBAŞI KIYAFETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Sema Altın Dr. Öğr. Üyesi Bahar Yıldız

,

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr., Öğr. Üy. Mukadder ÖZKAN BARDAKCI**	1	EĞİTİM FİNANSMANINDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM: OKUL YÖNETİCİLERİNİN BÜTÇE YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKA DESTEKLİ KARAR MODELLERİ	Şuranur Taşdemir Dr. Öğretim Üyesi Adem Yurdakulu
		2	EĞİTİM YÖNETİMİ VE PLANLAMASINDA YAPAY ZEKÂ VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: MEB VE YÜKSEKÖĞRETİM POLİTİKALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	Hatice Sinem Sönmez Feyza Gülsüm Alakuş Dr.Öğr.Üyesi Adem Yurdunkulu
		3	OKUL SOSYAL HİZMETİ UYGULAMASI ÜZERİNE BİR TARTIŞMA	Dr., Öğr. Üy. Mukadder ÖZKAN BARDAKCI
		4	SINIF ÖĞRETMENLERİNİN DİJİTAL VATANDAŞLIK ALGILARINA YÖNELİK BİR İNCELEME	Yüksek Lisans Öğrencisi Özlem Aykar Prof. Dr. Belgin Arslan Cansever
		5	EXAMINING THE STUDIES OF MINDFULNESS IN PRIMARY SCHOOL EDUCATION FROM 2015 TO 2025: WEB OF SCIENCE BASED BIBLIOMETRIC ANALYSIS WITH VOSVIEWER	Kübra Tutal ŞENGEZER Prof. Dr. Belgin ARSLAN CANSEVER
		6	LİSE ÖĞRENCİLERİNDE DKAB ÖĞRETMENLERİNİN ROL MODELLİĞİ VE DİNDARLIK ALGISI	Yüksek Lisans Öğrencisi Ayşe KARADAĞ ARSLAN
		7	TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ BAĞLAMINDA KOLEKTİF İYİ OLUŞUN AİLE İÇİ İLETİŞİME KATKISI: BİR LİTERATÜR TARAMASI	Dr. Meltem TÜRKER Muhammet Talha KARAOĞLAN Asım Ali KARTAL Musab Eymen KARAASLAN Muhammed Talha KILIÇ

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Rina Kusuma**	1	TELEMEDICINE IMPLEMENTATION CHALLENGES FOR RURAL ROMANIAN CARDIOVASCULAR PATIENT CARE	Prof. Dr. Andrei Popescu Maria Ionescu Dr. Stefan Radu
		2	MENTAL HEALTH INTERVENTIONS FOR ROMANIAN YOUTH POST-PANDEMIC ANXIETY DISORDERS	Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilescu Ionela Marinescu
		3	DIABETES MANAGEMENT THROUGH MOBILE HEALTH APPLICATIONS IN INDONESIAN URBAN POPULATIONS	Dr. Sari Wijaya Budi Santoso Nyoman Pratiwi Agus Setiawan
		4	TRADITIONAL HERBAL MEDICINE INTEGRATION IN INDONESIAN PRIMARY HEALTHCARE SYSTEMS	Prof. Dr. Rina Kusuma
		5	STEPPE NOMAD LIFESTYLE IMPACTS ON MONGOLIAN ADULT CARDIORESPIRATORY FITNESS LEVELS	Dr. Bat-Erdene Jargalsaikhan Enkhbayar Tsend
		6	TRADITIONAL MONGOLIAN MEDICINE FOR CHRONIC JOINT DISEASES IN GERIATRIC PATIENTS	Assoc. Prof. Dr. Oyundelger Namdavaa Bolortuya Ganbold Tungalag Otgonbaatar
		7	MATERNAL NUTRITION PROGRAMS ADDRESSING MALNUTRITION IN RURAL PAKISTAN	Prof. Dr. Ayesha Khan Zainab Rehman Bilal Ahmed
		8	TELEHEALTH SOLUTIONS FOR PAKISTANI DIABETIC PATIENTS IN REMOTE MOUNTAIN AREAS	Dr. Faisal Malik
		9	ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS IN PAKISTANI HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS	Assoc. Prof. Dr. Sana Zubair Muhammad Irfan Rabia Nisar Hina Aslam

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assoc. Prof. Dr. Jargalsaikhan Tsedensodnom**	1	POST-CONFLICT URBAN REGENERATION STRATEGIES FOR PRISTINA HISTORIC CORE PRESERVATION	Prof. Dr. Arbenita Morina Liridon Rexhepi Valbona Gashi
		2	SUSTAINABLE HOUSING MODELS FOR RURAL KOSOVO MOUNTAIN COMMUNITIES	Assoc. Prof. Dr. Fatmir Gashi Ermira Hoxha
		3	CLIMATE-RESILIENT PYRAMID COMPLEXES RESTORATION IN GIZA ARCHAEOLOGICAL ZONES	Dr. Ahmed El-Sayed Fatma Khalil Omar Zahran Nadia Salem
		4	VERNACULAR ARCHITECTURE ADAPTATIONS FOR CAIRO INFORMAL SETTLEMENT UPGRADES	Prof. Dr. Karim Abdel-Moneim Sara Hassan
		5	NOMADIC YURT MODERNIZATION FOR MONGOLIAN STEPPE CLIMATE CHALLENGES	Dr. Bat-Erdene Tuvshin Enkhbayar Ganzorig Assis. Prof. Dr. Oyundelger Batjargal Naranbaatar Sodnom
		6	URBAN EXPANSION PLANNING IN ULAN BATOR GER DISTRICT SUSTAINABILITY	Assoc. Prof. Dr. Jargalsaikhan Tsedensodnom
		7	EARTHQUAKE-RESISTANT BAMBOO STRUCTURES FOR PHILIPPINE TROPICAL CYCLONE ZONES	Prof. Dr. Roberto Villanueva Luz Fernandez Miguel Santos
		8	HERITAGE CONSERVATION FRAMEWORKS FOR INTRAMUROS MANILA POST-COLONIAL RECONSTRUCTION	Dr. Elena Cruz Assoc. Prof. Dr. Paolo Reyes Ana Torres
			COASTAL RESORT ARCHITECTURE INCORPORATING SUSTAINABLE FILIPINO MATERIALS	Maria Lopez Ramon Dela Cruz Sofia Garcia
		9	VERTICAL FARMING INTEGRATION IN METRO MANILA HIGH-DENSITY URBAN FABRIC	Dr. Theresa Lim Victor Tan Assoc. Prof. Dr. Carla Mendoza Jose Navarro

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Assoc. Prof. Dr. Ali Tavakoli**	1	MATERNAL MENTAL HEALTH SCREENING PROTOCOLS DURING PREGNANCY IN RURAL IRANIAN COMMUNITIES	Prof. Dr. Zahra Hosseini Dr. Mina Karimi Fatemeh Rezaei
		2	NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT NURSE TRAINING MODELS FOR PRETERM INFANT CARE IN TEHRAN	Assoc. Prof. Dr. Ali Tavakoli Soraya Mahmoudi
		3	POSTPARTUM HEMORRHAGE PREVENTION STRATEGIES IN MIDWIFERY PRACTICE ACROSS GREEK ISLANDS	Dr. Eleni Papadopoulos Maria Antoniou Nikos Karamanlis
		4	TELEHEALTH INTEGRATION IN GREEK RURAL MIDWIFERY FOR HIGH-RISK PREGNANCY MONITORING	Prof. Dr. Sophia Stavrakis Dimitri Lazos
		5	EBELİK EDUCATION REFORMS FOR CULTURAL COMPETENCY IN MULTIETHNIC KAZAKHSTAN COMMUNITIES	Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova Yerzhan Abayev
		6	PAIN MANAGEMENT PROTOCOLS IN POSTOPERATIVE CARE FOR KAZAKHSTANI SURGICAL PATIENTS	Dr. Dana Kairatova Nursultan Bekbolatov Aidana Sarsenbayeva Ruslan Zhumatov
		7	COMMUNITY MIDWIFERY MODELS ADDRESSING MATERNAL MORTALITY IN LAO HIGHLAND VILLAGES	Prof. Dr. Somsack Phommachanh Keo Vongphachanh
		8	NURSE-LED CHRONIC DISEASE MANAGEMENT PROGRAMS FOR DIABETIC PATIENTS IN VIENTIANE	Dr. Vilayphone Sysoutham Bounthavi Chaleunvong Sengphet Houngboungpang
		9	PEDIATRIC NURSING INTERVENTIONS FOR MALNUTRITION IN LAO RURAL SCHOOL SETTINGS	Assoc. Prof. Dr. Phonephat Mounsaveng Khammy Phommavong Sisouphanh Vongxay

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Natalia Fedorova**	1	ENZYMATIC DEGRADATION PATHWAYS OF PESTICIDE RESIDUES IN IRANIAN RICE CROPS	Prof. Dr. Reza Ahmadi Fatemeh Karimi Mohammad Jafari
		2	MITOCHONDRIAL DNA MUTATIONS ASSOCIATED WITH METABOLIC DISORDERS IN IRANIAN POPULATIONS	Assoc. Prof. Dr. Soraya Mahmoudi
		3	ANTIOXIDANT PROPERTIES AND GENE EXPRESSION PROFILES OF PAKISTANI MEDICINAL HERBS UNDER DROUGHT STRESS	Dr. Ayesha Khan Bilal Ahmed Sana Malik Vikram Joshi
		4	CRISPR-CAS9 GENE EDITING FOR RICE BLAST RESISTANCE IN PAKISTANI VARIETIES	Prof. Dr. Imran Rehman Kavya Nair
		5	PROTEOMIC ANALYSIS OF TAJIKISTANI HIGH-ALTITUDE PLANT ADAPTATIONS TO HYPOXIA	Dr. Gulnora Rahmonova Yerzhan Tolegenov
		6	MICROBIAL BIOFILM FORMATION MECHANISMS IN TAJIK PAMIR LAKE ECOSYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Farrukh Saidov Aidana Kurmangaliyeva
		7	LIPID METABOLISM DISRUPTIONS IN MOLDAVIAN WINE YEAST STRAINS UNDER ETHANOL STRESS	Prof. Dr. Ion Cebanu Maria Popescu
		8	NEURAL DIFFERENTIATION PATHWAYS IN HUMAN STEM CELLS FROM MOLDAVIAN DONOR COHORTS	Dr. Victor Rusnac Elena Bodarev Sergiu Platica Andrei Lupu
		9	BACTERIAL QUORUM SENSING INHIBITORS DERIVED FROM MOLDAVIAN SOIL MICROBIOMES	Assoc. Prof. Dr. Natalia Fedorova
		10	GLYCOGEN SYNTHASE KINASE-3 REGULATION IN MOLDAVIAN TRADITIONAL DAIRY FERMENTATION PROCESSES	Dr. Pavel Sokolov Olga Dmitrieva Kamran Abbasov

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Nigar Aliyeva**	1	DEVELOPMENT OF CORROSION-RESISTANT ALUMINUM ALLOYS FOR AZERBAIJAN'S CASPIAN SEA OFFSHORE PLATFORMS	Prof. Dr. Elnur Hasanov Dr. Aysel Mammadova Farid Karimov
		2	NANOCOMPOSITE COATINGS FOR ENHANCED WEAR RESISTANCE IN BAKU OIL PIPELINE INFRASTRUCTURE	Assoc. Prof. Dr. Nigar Aliyeva
		3	BIODEGRADABLE POLYMER BLENDS FROM PALM OIL WASTE FOR INDONESIAN PACKAGING INDUSTRY	Dr. Budi Santoso Sari Wijaya I Made Artawa Nyoman Dewi
		4	TITANIUM MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH BAMBOO NANOFIBERS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE PARTS	Dr. Anna Szabo Laszlo Nemeth
		5	LASER-CLAD HIGH-ENTROPY ALLOY COATINGS FOR SPANISH RENEWABLE ENERGY TURBINE BLADES	Prof. Dr. Javier Morales Dr. Elena Vargas Carlos Ruiz
		6	FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE MEMBRANES FOR SEAWATER DESALINATION IN COASTAL SPAIN	Maria Lopez Antonio Herrera
		7	SHAPE MEMORY POLYMER NANOCOMPOSITES FOR HUNGARIAN AUTOMOTIVE SMART STRUCTURES	Assoc. Prof. Dr. Zoltan Kovacs Eva Toth
		8	CERAMIC MATRIX COMPOSITES WITH CARBON NANOTUBE INTERPHASES FOR HIGH-TEMPERATURE AEROSPACE APPLICATIONS	Dr. Peter Nagy
		9	MAGNESIUM ALLOYS WITH RARE EARTH MICROALLOYING FOR BIOMEDICAL IMPLANTS IN HUNGARY	Dr. Gabor Kovari Katalin Farkas Assoc. Prof. Dr. Istvan Balogh

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Peter Szabo**	1	DEVELOPMENT OF EFFICIENT PV SOLAR PANELS FOR AZERBAIJAN'S SUNNY CASPIAN REGIONS	Prof. Dr. Elnur Hasanov Dr. Aysel Mammadova Farid Aliyev
		2	SMART GRID OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR BAKU URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION	Assoc. Prof. Dr. Nigar Karimova Elvin Gurbanov
		3	RFID-BASED IOT MONITORING SYSTEMS FOR INDONESIAN PALM OIL PLANTATIONS	Dr. Budi Santoso Sari Wijaya Nyoman Pratiwi
		4	WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR EARTHQUAKE EARLY WARNING IN INDONESIAN ARCHIPELAGO	Prof. Dr. Agus Setiawan
		5	HIGH-EFFICIENCY GAAS SOLAR CELLS FOR SPACE APPLICATIONS IN SATELLITE TECHNOLOGY	Assoc. Prof. Dr. Javier Morales Maria Gonzalez Dr. Carlos Ruiz Dr. Ana Lopez
		6	MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN WIND TURBINE FARMS	Dr. Sofia Ramirez
		7	AI-DRIVEN POWER QUALITY ANALYSIS IN BUDAPEST SMART CITY INFRASTRUCTURE	Prof. Dr. Laszlo Kovacs Dr. Eva Nagy Tamas Horvath
		8	FLEXIBLE ORGANIC LED DISPLAYS FOR WEARABLE ELECTRONICS DEVELOPMENT	Anna Kovari Assoc. Prof. Dr. Peter Szabo
		9	QUANTUM DOT ENHANCED PHOTODETECTORS FOR HIGH-SPEED OPTICAL COMMUNICATIONS	Dr. Gabor Toth Dr. Mihaly Balogh Zoltan Farkas Dr. Klara Varga

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assis. Prof. Dr. Ana Torres**	1	PRECISION FERTILIZATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE BARLEY PRODUCTION IN FINNISH BOREAL CONDITIONS	Dr. Jari Niemelä Liisa Korhonen
		2	CLIMATE-RESILIENT WHEAT BREEDING PROGRAMS FOR NORTHERN EUROPEAN GROWING SEASONS	Assoc. Prof. Dr. Tuomas Vainio Anna-Liisa Rantala
		3	WATER EFFICIENT DRIP IRRIGATION SYSTEMS FOR CHILEAN CENTRAL VALLEY VINEYARDS	Dr. Carlos Rojas Maria Fernandez Assis. Prof. Dr. Pedro Alvarez Sofia Ramirez
		4	BIOCHAR APPLICATION EFFECTS ON SOIL CARBON SEQUESTRATION IN PATAGONIAN ANDES FARMLAND	Assis. Prof. Dr. Ana Torres
		5	GANODERMA DISEASE RESISTANCE IN TAIWANESE PASSION FRUIT THROUGH GENOMIC SELECTION	Assoc. Prof. Dr. Wei-Lun Lin Dr. Mei-Hui Chen Hao-Ting Wu
		6	NANOTECHNOLOGY-ENHANCED PESTICIDE DELIVERY FOR RICE BLAST CONTROL IN TROPICAL TAIWAN	Chen-Yu Huang Dr. Shu-Fen Li
		7	CONSERVATION AGRICULTURE PRACTICES FOR WHEAT YIELD STABILITY IN TAJIKISTAN MOUNTAINS	Prof. Dr. Farrukh Tojiev Dilnoza Rahmonova Rustam Sheraliev
		8	DRONE-BASED PRECISION SPRAYING FOR COTTON APHID MANAGEMENT IN TAJIK SURKHAN VALLEY	Assoc. Prof. Dr. Nigora Mirzoeva

ERZURUM 3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES May 8 – 10, 2026 Erzurum Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
9 Mayıs / May 9, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Türkiye (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Dr. Lars van der Berg**	1	QUANTUM ENTANGLEMENT DYNAMICS IN NON-MARKOVIAN ENVIRONMENTS FOR PORTUGUESE QUANTUM NETWORKS	Prof. Dr. João Silva Maria Santos Pedro Oliveira
		2	FRACTAL GEOMETRY APPLICATIONS IN PORTUGUESE COASTAL EROSION PREDICTION MODELS	Assoc. Prof. Dr. Ana Costa Miguel Ferreira
		3	TOPOLOGICAL INSULATORS CHARACTERIZATION USING ADVANCED SCANNING TUNNELING MICROSCOPY	Dr. Lars van der Berg Emma Jansen Prof. Dr. Pieter de Vries Sophie Bakker
		4	NONLINEAR OPTICAL RESPONSES IN DUTCH PHOTONIC CRYSTAL FIBERS FOR TELECOMMUNICATIONS	Tom de Haan
		5	SUPERCONDUCTING QUANTUM BITS STABILITY IMPROVEMENTS THROUGH ERROR CORRECTION CODES	Dr. Fatima Al-Thani Assoc. Prof. Dr. Khalid Rahman Noor Al-Mansoori
		6	MATHEMATICAL MODELING OF DESERT DUNE MIGRATION PATTERNS IN QATARI SAND SEAS	Dr. Omar Al-Khalifa
		7	FRACTAL ANALYSIS OF TAJIKISTAN MOUNTAIN RIVER NETWORKS AND HYDROLOGIC PREDICTIONS	Dr. Rustam Rahimov Dilnoza Karimova Assoc. Prof. Dr. Farrukh Saidov
		8	QUANTUM FIELD THEORY APPLICATIONS TO HIGH-ENERGY COSMIC RAY SPECTRA FROM PAMIR OBSERVATORY	Sherali Mirzoev Dr. Malika Ubaidova

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Contents

KONYA İLİ EREĞLİ VE HALKAPINAR İLÇELERİNDE YETİŞTİRİLEN MAHALLİ ELMA ÇEŞİTLERİNİN FENOLOJİK VE POMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 1

GROVER'S ALGORITHM AS A REAL-WORLD THREAT TO ML-KEM: A QUANTUM ORACLE COST ANALYSIS ON RESOURCE-CONSTRAINED IOT DEVICES 2

ZAMAN SERİLERİNDE HAREKETLİ ORTALAMA TABANLI GÖSTERGELER İLE HİBRİT MODELLERİN KARŞILAŞTIRMALI SINIFLANDIRMA ANALİZİ 14

ENDÜSTRİYEL MAKİNELERİN VR ORTAMINDA SİMÜLASYONU VE KULLANICI ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ 29

YER HAREKETİ SÜRESİNİN FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇELİK ÇERÇEVE YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 46

YUMUŞAK/ZAYIF KAT KAVRAMI VE GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA 48

TEKTONİK ZİNCİRLEME REAKSİYON: 2023 DOĞU ANADOLU FAYI DEPREMLERİNİN GİZLİ MEKANİĞİ 63

KAMPÜS İÇİ ULAŞIMDA YOL KENARI PARK GEOMETRİSİNİN OPTİMİZASYONU VE TRAFİK GÜVENLİĞİ ANALİZİ 74

URLA İLÇESİ DOĞAL VE KÜLTÜREL PEYZAJ DEĞERLERİ BAĞLAMINDA EKOTURİZM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 89

MODERN SAĞLIK HİZMETLERİNDE GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARININ YÜKSELİŞİ: BİR DERLEME 105

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL HEALTH IN ONCOLOGY 116

DAILY LIVING ACTIVITIES AND FUNCTIONAL STATUS IN CANCER PATIENTS 129

BİREYLERİN SAĞLIK OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN SAĞLIK ARAMA DAVRANIŞI VE TEDAVİYE UYUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 138

YENGEÇ SEPETİ SENDROMUNUN BİREYSEL BAŞARI VE SOSYAL DAVRANIŞLAR BAĞLAMINDA İNCELENMESİ 150

Akciğer BT Görüntülerinde Derin Öğrenme Tabanlı Kanser Sınıflandırması 162

AKCİĞER BT GÖRÜNTÜLERİNDE DENSENET121 TABANLI GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA 176

ULTRASON TEMELLİ NÖROMODÜLASYON: BİYOFİZİKSEL MEKANİZMALAR VE KLİNİK UYGULAMALAR 189

EDGE AI-POWERED WEARABLE HEALTHCARE DEVICES 205

MERCİMEKTE MELATONİN PRİMİNG UYGULAMALARININ TUZ STRESİ KOŞULLARINDA ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİNE ETKİSİ 212

MİKROBİYAL GÜBRE İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ SOLUCAN GÜBRESİNİN FASULYEDE (*PHASEOLUS VULGARIS*) FİDE VE KÖK GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ 226

FARKLI VERİ SETLERİNDE K-KATLI ÇAPRAZ DOĞRULAMA DEĞERLERİNİN ENSEMBLE ALGORİTMALAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 240

AKILLI TARIM VE TOPRAK BİLİMİ UYGULAMALARI 249

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN KARBON AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ 266

ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN SU AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ 275

ENDEMIC *ALBURNOIDES* SPECIES OF TÜRKİYE'S INLAND WATERS..... 284

STRUCTURE AND FUNCTION OF MAJOR INLAND RIVER SYSTEMS IN TÜRKİYE 285

AMELIORATION STRATEGIES FOR SALINE SOILS 286

EVALUATION OF DIATOMITE-DERIVED ADSORBENTS FOR EFFICIENT ORANGE II REMOVAL FROM WATER 294

SYNERGISTIC EFFECT OF CARBON MATERIALS ON $LAFEO_3$-BASED PHOTOCATALYSTS FOR ANTIBIOTIC DEGRADATION 302

SEVOFLURANIN *Galleria mellonella*'da İNHALASYON ve ENJEKSİYON UYGULAMALARININ OKSİDATİF ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 311

LİPOPOLİSAKKARİT UYGULANMIŞ *Galleria mellonella*'DA METİL JASMONATIN ANTİOKSİDAN/PROOKSİDAN ETKİLERİ..... 313

Ptychostomum creberrimum (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay'in GLUTATYON İÇERİKLERİ 314

Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen'in ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİ..... 323

SAĞLIK İNANÇ MODELİ TEMELLİ MOBİL EĞİTİMİN İNSÜLİN TEDAVİSİ YÖNETİMİNDEKİ ROLÜ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİ 329

MİYOKARD İNFARKTÜSÜ GEÇİREN BİREYLERİN YAŞAM KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 341

TRENDS AND GAPS IN TRANSCULTURAL NURSING 348

PRODUCTION OF BIOACTIVE CAROTENOIDS FROM SOIL BACTERIA 355

BIODEGRADATION POTENTIAL OF MARINE BACTERIAL ISOLATE DDA61 FOR BENZOPHENONE-3 REMOVAL..... 357

HORSESHOE ADASI (ANTARTİKA) KARASAL HABİTATLARDA KÜLTÜRDEN BAĞIMSIZ METABARKODLAMA YÖNTEMİ İLE PROKARYOT ÇEŞİTLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI 358

SMİTHSONİTE LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: B_SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ 359

SMİTHSONİTE LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: A_HİDROJEN PEROKSİT ETKİSİNİN İNCELENMESİ 370

INTEGRATIVE BIOINFORMATICS APPROACH for THE DISCOVERY of CO-EXPRESSED CANCER-ASSOCIATED GENES in LUNG and LIVER CANCERS..... 380

TELEMEDICINE IMPLEMENTATION CHALLENGES FOR RURAL ROMANIAN CARDIOVASCULAR PATIENT CARE 401

MENTAL HEALTH INTERVENTIONS FOR ROMANIAN YOUTH POST-PANDEMIC ANXIETY DISORDERS ... 402

DIABETES MANAGEMENT THROUGH MOBILE HEALTH APPLICATIONS IN INDONESIAN URBAN POPULATIONS 403

TRADITIONAL HERBAL MEDICINE INTEGRATION IN INDONESIAN PRIMARY HEALTHCARE SYSTEMS ... 404

STEPPE NOMAD LIFESTYLE IMPACTS ON MONGOLIAN ADULT CARDIORESPIRATORY FITNESS LEVELS 405
TRADITIONAL MONGOLIAN MEDICINE FOR CHRONIC JOINT DISEASES IN GERIATRIC PATIENTS 406
MATERNAL NUTRITION PROGRAMS ADDRESSING MALNUTRITION IN RURAL PAKISTAN 407
TELEHEALTH SOLUTIONS FOR PAKISTANI DIABETIC PATIENTS IN REMOTE MOUNTAIN AREAS 408
ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS IN PAKISTANI HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS 409
POST-CONFLICT URBAN REGENERATION STRATEGIES FOR PRISTINA HISTORIC CORE PRESERVATION. 410
SUSTAINABLE HOUSING MODELS FOR RURAL KOSOVO MOUNTAIN COMMUNITIES 411
CLIMATE-RESILIENT PYRAMID COMPLEXES RESTORATION IN GIZA ARCHAEOLOGICAL ZONES..... 412
VERNACULAR ARCHITECTURE ADAPTATIONS FOR CAIRO INFORMAL SETTLEMENT UPGRADES..... 413
NOMADIC YURT MODERNIZATION FOR MONGOLIAN STEPPE CLIMATE CHALLENGES 414
URBAN EXPANSION PLANNING IN ULAN BATOR GER DISTRICT SUSTAINABILITY 415
EARTHQUAKE-RESISTANT BAMBOO STRUCTURES FOR PHILIPPINE TROPICAL CYCLONE ZONES 416
HERITAGE CONSERVATION FRAMEWORKS FOR INTRAMUROS MANILA POST-COLONIAL RECONSTRUCTION 417
OASTAL RESORT ARCHITECTURE INCORPORATING SUSTAINABLE FILIPINO MATERIALS 418
VERTICAL FARMING INTEGRATION IN METRO MANILA HIGH-DENSITY URBAN FABRIC..... 419
MATERNAL MENTAL HEALTH SCREENING PROTOCOLS DURING PREGNANCY IN RURAL IRANIAN COMMUNITIES..... 420
NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT NURSE TRAINING MODELS FOR PRETERM INFANT CARE IN TEHRAN 421
POSTPARTUM HEMORRHAGE PREVENTION STRATEGIES IN MIDWIFERY PRACTICE ACROSS GREEK ISLANDS 422
TELEHEALTH INTEGRATION IN GREEK RURAL MIDWIFERY FOR HIGH-RISK PREGNANCY MONITORING 423
EBELİK EDUCATION REFORMS FOR CULTURAL COMPETENCY IN MULTIETHNIC KAZAKHSTAN COMMUNITIES..... 424
PAIN MANAGEMENT PROTOCOLS IN POSTOPERATIVE CARE FOR KAZAKHSTANI SURGICAL PATIENTS 425
COMMUNITY MIDWIFERY MODELS ADDRESSING MATERNAL MORTALITY IN LAO HIGHLAND VILLAGES 426
NURSE-LED CHRONIC DISEASE MANAGEMENT PROGRAMS FOR DIABETIC PATIENTS IN VIENTIANE .. 427
PEDIATRIC NURSING INTERVENTIONS FOR MALNUTRITION IN LAO RURAL SCHOOL SETTINGS 428
MITOCHONDRIAL DNA MUTATIONS ASSOCIATED WITH METABOLIC DISORDERS IN IRANIAN POPULATIONS 429
ANTIOXIDANT PROPERTIES AND GENE EXPRESSION PROFILES OF PAKISTANI MEDICINAL HERBS UNDER DROUGHT STRESS 430
CRISPR-CAS9 GENE EDITING FOR RICE BLAST RESISTANCE IN PAKISTANI VARIETIES..... 431
PROTEOMIC ANALYSIS OF TAJIKISTANI HIGH-ALTITUDE PLANT ADAPTATIONS TO HYPOXIA 432

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MICROBIAL BIOFILM FORMATION MECHANISMS IN TAJIK PAMIR LAKE ECOSYSTEMS 433
LIPID METABOLISM DISRUPTIONS IN MOLDAVIAN WINE YEAST STRAINS UNDER ETHANOL STRESS .. 434
NEURAL DIFFERENTIATION PATHWAYS IN HUMAN STEM CELLS FROM MOLDAVIAN DONOR COHORTS 435
BACTERIAL QUORUM SENSING INHIBITORS DERIVED FROM MOLDAVIAN SOIL MICROBIOMES 436
GLYCOGEN SYNTHASE KINASE-3 REGULATION IN MOLDAVIAN TRADITIONAL DAIRY FERMENTATION PROCESSES 437
DEVELOPMENT OF CORROSION-RESISTANT ALUMINUM ALLOYS FOR AZERBAIJAN'S CASPIAN SEA OFFSHORE PLATFORMS 438
NANOCOMPOSITE COATINGS FOR ENHANCED WEAR RESISTANCE IN BAKU OIL PIPELINE INFRASTRUCTURE 439
BIODEGRADABLE POLYMER BLENDS FROM PALM OIL WASTE FOR INDONESIAN PACKAGING INDUSTRY 440
TITANIUM MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH BAMBOO NANOFIBERS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE PARTS 441
LASER-CLAD HIGH-ENTROPY ALLOY COATINGS FOR SPANISH RENEWABLE ENERGY TURBINE BLADES 442
FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE MEMBRANES FOR SEAWATER DESALINATION IN COASTAL SPAIN 443
SHAPE MEMORY POLYMER NANOCOMPOSITES FOR HUNGARIAN AUTOMOTIVE SMART STRUCTURES 444
CERAMIC MATRIX COMPOSITES WITH CARBON NANOTUBE INTERPHASES FOR HIGH-TEMPERATURE AEROSPACE APPLICATIONS 445
MAGNESIUM ALLOYS WITH RARE EARTH MICROALLOYING FOR BIOMEDICAL IMPLANTS IN HUNGARY 446
DEVELOPMENT OF EFFICIENT PV SOLAR PANELS FOR AZERBAIJAN'S SUNNY CASPIAN REGIONS 447
SMART GRID OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR BAKU URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION 448
RFID-BASED IOT MONITORING SYSTEMS FOR INDONESIAN PALM OIL PLANTATIONS 449
WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR EARTHQUAKE EARLY WARNING IN INDONESIAN ARCHIPELAGO. 450
HIGH-EFFICIENCY GAAS SOLAR CELLS FOR SPACE APPLICATIONS IN SATELLITE TECHNOLOGY 451
MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN WIND TURBINE FARMS 452
AI-DRIVEN POWER QUALITY ANALYSIS IN BUDAPEST SMART CITY INFRASTRUCTURE 453
FLEXIBLE ORGANIC LED DISPLAYS FOR WEARABLE ELECTRONICS DEVELOPMENT 454
QUANTUM DOT ENHANCED PHOTODETECTORS FOR HIGH-SPEED OPTICAL COMMUNICATIONS 455
PRECISION FERTILIZATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE BARLEY PRODUCTION IN FINNISH BOREAL CONDITIONS 456
CLIMATE-RESILIENT WHEAT BREEDING PROGRAMS FOR NORTHERN EUROPEAN GROWING SEASONS 457
WATER EFFICIENT DRIP IRRIGATION SYSTEMS FOR CHILEAN CENTRAL VALLEY VINEYARDS 458

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BIOCHAR APPLICATION EFFECTS ON SOIL CARBON SEQUESTRATION IN PATAGONIAN ANDES FARMLAND 459

GANODERMA DISEASE RESISTANCE IN TAIWANESE PASSION FRUIT THROUGH GENOMIC SELECTION 460

NANOTECHNOLOGY-ENHANCED PESTICIDE DELIVERY FOR RICE BLAST CONTROL IN TROPICAL TAIWAN 461

CONSERVATION AGRICULTURE PRACTICES FOR WHEAT YIELD STABILITY IN TAJIKISTAN MOUNTAINS. 462

DRONE-BASED PRECISION SPRAYING FOR COTTON APHID MANAGEMENT IN TAJIK SURKHAN VALLEY 463

QUANTUM ENTANGLEMENT DYNAMICS IN NON-MARKOVIAN ENVIRONMENTS FOR PORTUGUESE QUANTUM NETWORKS 464

FRACTAL GEOMETRY APPLICATIONS IN PORTUGUESE COASTAL EROSION PREDICTION MODELS 465

TOPOLOGICAL INSULATORS CHARACTERIZATION USING ADVANCED SCANNING TUNNELING MICROSCOPY 466

NONLINEAR OPTICAL RESPONSES IN DUTCH PHOTONIC CRYSTAL FIBERS FOR TELECOMMUNICATIONS 467

SUPERCONDUCTING QUANTUM BITS STABILITY IMPROVEMENTS THROUGH ERROR CORRECTION CODES 468

MATHEMATICAL MODELING OF DESERT DUNE MIGRATION PATTERNS IN QATARI SAND SEAS 469

FRACTAL ANALYSIS OF TAJIKISTAN MOUNTAIN RIVER NETWORKS AND HYDROLOGIC PREDICTIONS .. 470

QUANTUM FIELD THEORY APPLICATIONS TO HIGH-ENERGY COSMIC RAY SPECTRA FROM PAMIR OBSERVATORY 471

FTO YÜZEYİNE La^{+3}–Yb^{+3} BİRLİKTE KATKILI TiO_2 NANOYAPILARININ YAPISAL KARAKTERİZASYONU ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMA..... 472

SUYUN PEYZAJ TERCİHİ ÜZERİNE ETKİLERİ..... 482

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE ERZURUM PLAIN (EASTERN TURKEY) 497

TELEPARALEL KÜTLEÇEKİM KURAMINDA KOMPAKT NESNELER HEINTZMANN UZAY-ZAMANI..... 502

KOZMOLOJİK SİMÜLASYON VERİLERİNDE GALAKSİ MORFOLOJİSİ VE YILDIZ OLUŞUMUNUN DERİN ÖĞRENME VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ İLE İNCELENMESİ 503

MgO'İN ALKALİ AKTİVE EDİLEN HARÇLARIN ÇİÇEKLENMESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ: GÖRSEL DEĞERLENDİRME 506

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KONYA İLİ EREĞLİ VE HALKAPINAR İLÇELERİNDE YETİŞTİRİLEN MAHALLİ ELMA ÇEŞİTLERİNİN FENOLOJİK VE POMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ziraat Mühendisi Gülnur Gümüş
Selçuk Üniversitesi
238241001006@ogr.selcuk.edu.tr – 0009 0000 2000 1623

ÖZET

Elma, Rosaceae familyasına ait, besin değeri yüksek ve ılıman iklim koşullarında yaygın olarak yetiştirilen önemli bir meyve türüdür. Bu çalışma, 2024 yılında Konya ili Ereğli ve Halkapınar ilçelerinde yerel olarak yetiştirilen ve farklı lokasyonlarda belirlenen 12 yerel elma genotipinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmamız da incelenen genotiplerde tomurcuk patlamasının 14–21 Mart, çiçeklenme başlangıcının 30 Mart–9 Nisan, tam çiçeklenmenin 9–17 Nisan ve hasat olgunluğunun 1 Temmuz–7 Ekim tarihleri arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda ortalama meyve ağırlığının 62,05–146,28 g, meyve boyunun 45,81–68,59 mm, meyve eninin 52,40–70,20 mm, çekirdek sayısının ortalama 3,6–9,6 adet arasında değiştiği ve meyve sertliğinin 2,02–5,47 kg/cm², suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) oranının %8,53–%19,67, meyve suyu pH değerinin 3,50–5,63 ve titre edilebilir asitliğin 0,85–3,27 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bir çeşitte tam periyodisite, dört çeşitte ise kısmi periyodisite gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen yerel elma genotiplerinin pazar değeri ve ekonomik potansiyelinin yanı sıra, bölge ekolojisine adaptasyon yetenekleri ve hastalık ile zararlılara dayanıklılık özellikleri bakımından çeşit ve anaç ıslahı çalışmalarında önemli genetik materyal olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yerli elma, fenolojik, pomolojik, Konya

[1] Yüksek Lisans Tez Çalışmasından türetilmiştir.
‘’ Konya ili Ereğli ve Halkapınar İlçelerinde Yetiştirilen Mahalli Elma Çeşitlerinin Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Tespiti, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2026, yayınlanmadı’’

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

GROVER'S ALGORITHM AS A REAL-WORLD THREAT TO ML-KEM: A QUANTUM ORACLE COST ANALYSIS ON RESOURCE-CONSTRAINED IOT DEVICES

Dr. Cemile İNCE

İnönü University,

cemile.ince@inonu.edu.tr - 0000-0002-4638-8501

ABSTRACT

The NIST post-quantum cryptography standardization finalized ML-KEM (FIPS 203) as the primary lattice-based key encapsulation mechanism for general-purpose deployment, including Internet-of-Things (IoT) environments. While ML-KEM's resistance to Shor's algorithm is widely accepted, how Grover's algorithm affects ML-KEM in low-resource environments is still not well understood. We examine the cost of running Grover's algorithm against ML-KEM-512 and ML-KEM-768, combining analytical estimates with physical benchmarks. For the theoretical part, we model the Grover oracle around the MLWE decapsulation routine and establish a naive query complexity baseline for each parameter set. To ground these estimates in practice, we ran ML-KEM on a Raspberry Pi 4 (ARM Cortex-A72) using the liboqs library recording execution time, peak RAM usage, and energy draw over 1,000 iterations. Translating theoretical query counts into physical oracle costs, we find that a Grover-style attack would demand resources far beyond what current or near-future quantum hardware can realistically provide. Our results provide a practical security confidence baseline for IoT deployments and serve as empirical groundwork for a forthcoming tighter bound analysis using the BBBV theorem.

Keywords: ML-KEM, CRYSTALS-Kyber, Grover's algorithm, post-quantum cryptography, MLWE, liboqs, IoT security, oracle cost analysis, Raspberry Pi, quantum threat assessment.

1. INTRODUCTION

The emergence of large-scale quantum computers poses a fundamental threat to classical public-key cryptography. While the Shor algorithm efficiently solves integer factorization and discrete logarithm problems that underpin RSA and ECC [1], lattice-based cryptographic schemes are known to be resistant to such polynomial-time quantum attacks. Classical computers take exponentially long to factorize large numbers (for example, breaking 2048-bit RSA takes billions of years). Shor's algorithm, however, performs the same operation in polynomial time, completely undermining this security assumption. Shor's algorithm is not the only quantum threat to classical encryption. Developed by Grover in 1996, the Grover algorithm provides a

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

quadratic speedup compared to classical brute-force searching using quantum superposition. It achieves this by halving the key length. However, Grover can pose a significant security vulnerability, especially for short key fields. While the Shor algorithm completely breaks asymmetric encryption, the Grover algorithm weakens symmetric encryption with quadratic acceleration [2].

In August 2024, the National Institute of Standards and Technology (NIST) published FIPS 203, which standardized ML-KEM, derived from CRYSTALS-Kyber [3], as the primary key encapsulation mechanism for post-quantum secure communication. Traditional thinking suggests doubling key sizes to break the resistance of the Grover algorithm to encryption methods [4]. However, the tangible cost of executing a Grover-based attack against NIST standardized parameters in realistic hardware environments, especially for resource-constrained IoT deployments, has not been fully quantified [5]. This paper addresses this gap with a combined theoretical and empirical approach. We model Grover's oracle in terms of ML-KEM's decapsulation process, estimate the resulting query complexity for ML-KEM-512 and ML-KEM-768, and calculate the physical attack costs using benchmarks of liboqs libraries on Raspberry Pi 4 (ARM Cortex-A72). Our analysis shows that even under optimistic assumptions, Grover-based attacks against NIST Level 1 and Level 3 parameter sets are computationally and energy-wise impossible.

This study presents three main contributions.

1. The relationship between the quantum oracle of the Grover algorithm and the decapsulation process of ML-KEM is formally established. Through this pairing, fundamental complexity bounds are obtained regarding how many quantum queries an attacker would need to make for the ML-KEM-512 and ML-KEM-768 parameter sets.
2. A benchmark dataset obtained from measurements performed on the Raspberry Pi 4 platform is presented. This dataset includes execution time, maximum RAM usage, and energy consumption values for key generation, encapsulation, and decapsulation processes for both parameter sets, and the results are fully reproducible.
3. By combining theoretical query counts with experimental measurements, we generate concrete time and energy estimates for realistic attack scenarios, providing a clearer picture of ML-KEM's performance in IoT environments.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 reviews related work, while Section 3 covers the background on ML-KEM and Grover's algorithm, including the theoretical oracle model. Section 4 details the experimental setup, Section 5 reports the results, Section 6 presents the discussion, and Section 7 concludes the paper.

2. RELATED WORK

As quantum computers grow more capable, widely deployed public-key systems such as RSA and ECC are becoming increasingly vulnerable [2]. Shor's algorithm breaks factorization and discrete logarithm-based schemes outright, whereas Grover's algorithm is more subtle—it speeds up exhaustive key searches, effectively cutting the security level of symmetric ciphers

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

and hash functions in half [6],[7]. This situation necessitates a transition to post-quantum cryptography (PQC) standards, especially for protecting long-lived data [8],[2].

In its standardization process aimed at countering these threats, the National Institute of Standards and Technology (NIST) has selected the ML-KEM (Module Lattice-Based Key Encapsulation Mechanism) algorithm as its primary standard [9]. ML-KEM, a lattice-based architecture, is built upon the difficulty of the Module Learning Through Errors (MLWE) problem and offers strong resistance to both classical and quantum attacks.[3], [9]. There is a growing body of research in the literature on the use of ML-KEM for secure key exchange in critical infrastructures such as vehicular networks (VANETs) and intelligent healthcare systems (IoMTs) [10],[11].

The threat of the Grover algorithm on ML-KEM and similar lattice-based structures is particularly evident in the processes of searching for decryption failures and guessing seed values. Basso et al. [12] state that in the quantum scenario, the Grover algorithm can provide a quadratic speedup for finding decryption failures, but it is difficult to reach the full potential of this speedup without the attacker having precise knowledge of the secret key. However, it is emphasized that quantum attackers can narrow the search space for PRNG seeds, therefore the use of 256-bit seeds is essential to maintain a 128-bit security level despite quantum speedup [6], [13].

Hou and colleagues identified the high memory footprint as the most significant bottleneck for deploying ML-KEM on resource-constrained devices; they developed a memory-efficient implementation that reduced RAM usage during encapsulation and decapsulation by 25.29% and 37.61%, respectively [14]. Another study, highlighting that PQC calculations can be burdensome for IoT applications consisting of numerous lightweight and resource-constrained devices, concluded that current optimization proposals are insufficient in terms of focus and standardization [15]. Existing studies on Grover-based attack cost estimation have primarily focused on symmetric primitives such as AES and hash functions rather than post-quantum KEMs. Grassl et al.[16] provided the first detailed quantum resource estimates for applying Grover's algorithm to AES, establishing a foundational cost model in terms of T-gate count and circuit depth. Jaques et al. [4]took this further by factoring in NIST's MAXDEPTH constraint, showing that oracle evaluation costs are routinely underestimated particularly because parallelization under depth-bounded conditions drives those costs up considerably. That said, neither study looks at oracle construction for ML-KEM decapsulation specifically, which leaves the post-quantum threat picture for lattice-based KEMs somewhat incomplete.

A number of studies have looked at how post-quantum algorithms perform on resource-limited hardware. Schöffel et al.[5] tested NIST Round 3 KEM and signature schemes in a TLS-based low-power IoT setup and found that bandwidth and memory not raw computation tend to be the real bottlenecks in practice. Fitzgibbon and Ottaviani [17] ran ML-KEM on Raspberry Pi hardware and found it computationally manageable for IoT-class devices, though they flagged energy consumption as a lingering issue for battery-powered use. What these works do not cover, however, is what happens when the adversary has a quantum computer specifically, whether a Grover-based attack on ML-KEM becomes any more tractable in these constrained environments.

As far as we can tell, the Grover oracle has not been mapped to ML-KEM decapsulation in any concrete way, and no study has put actual numbers on what such an attack would cost in time or energy against the standardized ML-KEM parameter sets on real IoT hardware. We try to fill that gap here. Using a formal Grover oracle model tailored to ML-KEM alongside benchmarks

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

from a Raspberry Pi 4 running liboqs, we work out what an attack would actually require, giving a reproducible security reference point for ML-KEM-512 and ML-KEM-768 in constrained deployments.

3. BACKGROUND

3.1. Module Learning With Errors (MLWE)

ML-KEM's security depends on the Module Learning With Errors (MLWE) problem, which builds on Regev's original LWE construction by extending it to module lattices over polynomial rings [18]. The $MLWE$ problem is parameterized by a polynomial degree n, a modulus q, a module rank k, and an error distribution χ.

Formally, given a uniformly random matrix A ∈ $R_q^{k\times k}$ where

$$Rq = \mathbb{Z}q[x]/(x^n + 1) \quad (1)$$

Equation 1, a secret vector s ∈ R_q^k sampled from x^k, and an error vector $e \in R_q^k$ sampled from x^k, the $MLWE$ distribution produces samples of the form Equation 2.

$$b = A \cdot s + e \ (mod\ q) \quad (2)$$

The decision-MLWE problem asks to distinguish such samples from uniformly random (A, b) pairs. The search-MLWE problem asks to recover s given samples. The hardness of $MLWE$ reduces to worst-case lattice problems [19], providing strong security guarantees.

ML-KEM-512 uses parameters $n = 256, q = 3329, k = 2, \eta_1 = 3, \eta_2 = 2$, targeting NIST Security Level 1 (≥128-bit quantum security). ML-KEM-768 uses $n = 256, q = 3329, k = 3, \eta_1 = 2, \eta_2 = 2$, targeting Level 3 (≥192-bit quantum security). The modulus q=3329 is shared across both parameter sets, while the module rank k is the primary differentiating parameter.

3.2. ML-KEM Operations

ML-KEM consists of three stages of processes [3].

KeyGen(): Generates a public key ek and a secret key dk. Samples the matrix A via a deterministic XOF (eXtendable Output Function), draws s, e from χ^k, and computes the public key $ek = (A, b)$ where b is given Equation 3.

$$b = A \cdot s + e \ (mod\ q) \quad (3)$$

Encapsulation(ek): Takes the public key, samples a random byte string m ∈ $\{0,1\}^{256}$**,** and outputs a ciphertext c is given in Equation 4.

$$c = (u, v)\ where\ u \in R_q^k, v \in R_q \quad (4)$$

along with a shared secret K. Internally uses NTT-based polynomial multiplication for efficiency.

Decapsulation (dk, c): Recovers the shared secret K from the ciphertext using the secret key. This operation is central to our oracle model.

Each of these operations internally relies on the Number Theoretic Transform (NTT) over Rq with q=3329 for efficient O(n log n) polynomial multiplication [3].

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

$$Rq = Zq\,[x]/(x^n + 1) \text{ with } q = 3329, n = 256 \quad (5)$$

Equation 5, enables efficient $O(n\ log\ n)$ polynomial multiplication, making ML-KEM practical on constrained hardware. However, the computational profile of these operations under cryptographic workloads on IoTclass processors has not been exhaustively characterized in the context of quantum threat modeling.

3.3. Grover's Algorithm

Grover's algorithm [20] solves the unstructured search problem: given a Boolean function f: $\{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ with at least one satisfying input x* such that f(x*)=1, find x* using O(√N) quantum oracle queries where $N = 2^n$ (assuming a single solution for the analysis). The algorithm operates as follows:

1. Initialize a uniform superposition over all $N\ inputs$: $|\psi\rangle = (1/\sqrt{N})\ \Sigma|x\rangle$.

2. Apply the quantum oracle O_f which performs the phase kick-back Equation 6.

$$O_f|x\rangle = (-1)^{\{f(x)\}}|x\rangle \quad (6)$$

3. Apply the Grover diffusion operator $D = 2|\psi\rangle\langle\psi| - I$, which amplifies the amplitude of the target state.

4. Repeat steps 2–3 for O(√N) iterations.

5. Measure the register to obtain x* with high probability.

The quadratic speedup is provably optimal for unstructured search [21] : no quantum algorithm can solve the problem in o(√N) queries. This result, due to Bennett, Bernstein, Brassard, and Vazirani (BBBV) [22], establishes that Grover cannot provide more than quadratic acceleration, precluding exponential speedup against symmetric primitives. For a symmetric scheme with n-bit security classically, Grover reduces effective security to n/2 bits quantumly. NIST's response is to recommend $n \geq 256$ for symmetric primitives, $maintaining \geq 128bit$ post-quantum security [9].

For ML-KEM-512, targeting 128-bit quantum security, the naive Grover query complexity is Qnaive = 2^{64}. For ML-KEM-768, targeting 192-bit quantum security, Qnaive = 2^{96}. These values serve as the baseline oracle query counts for the attack cost analysis in Section 5.

4. EXPERIMENTAL SETUP

4.1. Hardware Platform

All experiments were performed on a Raspberry Pi 4 Model B, equipped with a 1.8 GHz ARM Cortex-A72 processor, representing a class of resource-constrained devices commonly used in IoT gateway and edge computing scenarios. Table 1 summarizes the hardware configuration.

Table 1. Hardware and Software Configuration

Parameter	***Value***
Processor	ARM Cortex-A72, quad-core @ 1.8 GHz
RAM	4 GB LPDDR4-3200 SDRAM
Operating System	Raspberry Pi OS (64-bit), Debian 12 Bookworm, Kernel 6.12.62

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Compiler	GCC 12.2.0 with -O3 optimization
liboqs version	v0.15.0 (liboqs-python v0.14.1)
Build flags	cmake -DBUILD_SHARED_LIBS=ON -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release

4.2. Software Stack

We use the Open Quantum Safe (OQS) liboqs library [21], an open-source C implementation. liboqs provides NIST FIPS 203 compliant implementations of ML-KEM-512 and ML-KEM-768, enabling cross-platform repeatable benchmarks.

4.3. Measurement Methodology

For each combination of operation (KeyGen, Encapsulate, Decapsulate) and parameter set (ML-KEM-512, ML-KEM-768), we run 1,000 independent iterations, each with newly generated keys to prevent caching effects from skewing the results. The first 10 iterations are discarded as warm-up. Execution time is recorded using $clock\_gettime(CLOCK\_MONOTONIC)$ with nanosecond resolution. Peak RAM usage is read from the VmHWM field in /proc/self/status after each operation, and energy consumption is derived as described in Equation 7.

$$Eop = Pdevice \times Top \quad (7)$$

$Pdevice$ is the measured power draw during active computation (mW) and t is the operation execution time (ms), giving energy in millijoules (mJ).

One practical caveat: our timings reflect Python-level overhead from the liboqs-python foreign-function bridge, which runs roughly 1.5–2× slower than a native C implementation. For oracle cost estimation, this actually works in our favor it means we are overestimating the cost of a single Grover query, so our attack feasibility figures lean conservative rather than optimistic.

For statistical reporting, we compute the mean, standard deviation, and 95% confidence intervals using the Student's t-distribution. We check normality with the Shapiro-Wilk test [23], and exclude any observations falling beyond 3σ from the final results[24].

5. RESULTS

5.1. Performance Validation

Table 2 presents the execution time results for all operations across both parameter sets. Values are reported as mean ± standard deviation over 1,000 iterations after warm-up exclusion.

Table 2. Execution Time Results (ms)

Operation	*512 Mean*	*512 Std*	*768 Mean*	*768 Std*
KeyGen	0.1122	0.0047	0.1483	0.0047
Encapsulate	0.1257	0.0061	0.1624	0.0068
Decapsulate	0.1075	0.0041	0.1457	0.0055

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Table 3 presents peak RAM usage for each operation.

Table 3. Peak RAM Usage (KB)

Operation	***ML-KEM-512***	***ML-KEM-768***	***Overhead (%)***
KeyGen	91,492	92,050	0.6%
Encapsulate	91,492	92,050	0.6%
Decapsulate	91,493	92,050	0.6%

Table 4 presents estimated energy consumption per operation, derived from measured execution time and device power draw.

Table 4. Energy Consumption per Operation(mJ)

Operation	***ML-KEM-512***	***ML-KEM-768***	***768 / 512***
KeyGen	0.3927	0.5191	1.32×
Encapsulate	0.4400	0.5684	1.29×
Decapsulate	0.3763	0.5100	1.36×

5.2. Statistical Validation

Shapiro-Wilk normality tests yielded $p < 0.001$ across all measurement series, indicating statistically significant departure from normality. This result is expected given the large sample size ($n = 1{,}000$), at this scale, the Shapiro-Wilk test is sensitive enough to detect even negligibly small deviations from a theoretical normal distribution that carry no practical significance. The close agreement between mean and median values (divergence < 1.5%) confirms that distributions are only mildly right-skewed, attributable to OS scheduler interrupts a well-documented artifact in sub-millisecond timing experiments on Linux platforms. Given the mild skewness, the large sample size, and the robustness of the Central Limit Theorem at $n = 1{,}000$, parametric statistics remain appropriate. Both mean ± standard deviation and median values are reported to provide a complete characterization of each distribution. No outliers beyond 3σ were detected in any measurement series.

5.3. Oracle Cost Analysis

Using the naive query complexity baseline from Section 3 and the decapsulation execution time we compute the physical attack duration with Equation 8.

$$Tattack = Qnaive \times Tdecaps \quad (8)$$

where $Qnaive$ is the naive Grover query count and $Tdecaps$ is the mean decapsulation time in seconds. Table 5 presents the resulting attack duration.

Table 5. Grover Attack Duration Estimates for ML-KEM Parameter Sets

Scheme	***Qnaive***	***Tdecaps (ms)***	***Tattack (years)***
ML-KEM-512	2^{64}	0.1075 ms	6.28×10^{7}
ML-KEM-768	2^{96}	0.1457 ms	3.66×10^{17}

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

5.4. Memory (Qubit) Requirement

The qubit requirement for a Grover oracle targeting ML-KEM decapsulation is estimated based on the circuit width required to implement the decapsulation function in superposition. The classical memory footprint of the operation (Table 3) provides a loose lower bound on the number of bits that must be held in quantum state, while the actual qubit count depends on the oracle circuit depth, ancilla requirements, and error correction overhead. Using the classical peak RAM as a proxy, ML-KEM-512 decapsulation requires approximately 7.50×10^8 bits of working state a figure that significantly underestimates the true qubit requirement when fault-tolerant error correction is included. For context, the IBM Condor processor (2023) integrates 1,121 physical qubits, illustrating the enormous gap between current hardware and the requirements of a cryptographically relevant Grover attack [25].

5.5.Physical Infeasibility Summary

Table 6 summarizes the three physical infeasibility arguments.

Table 6. Physical Infeasibility Summary

Constraint	***ML-KEM-512***	***ML-KEM-768***	***Feasibility***
Attack duration	6.28×10^7 years	3.66×10^{17} years	Infeasible
Energy cost	6.94×10^{15} J	4.04×10^{25} J	Infeasible
Min. qubits	$\geq 7.50 \times 10^8$	$\geq 7.54 \times 10^8$	Infeasible

To validate our benchmark results, Table 7 presents a cross-study comparison of ML-KEM / Kyber decapsulation times on Raspberry Pi 4 (ARM Cortex-A72) and comparable ARM-class IoT platforms, drawn from recent peer-reviewed literature. Our measurements are consistent with the $100-300\ \mu s$ range reported across the literature for Python or high-level language wrappers, and approximately 1.5–2× higher than native C implementations a well-understood overhead attributable to the *ctypes* foreign-function interface of liboqs-python [17], [26].

Table 7. Decapsulation Time Comparison of ML-KEM/Kyber on ARM-Based IoT Platforms (μs)

References	***Platform***	***Impl.***	***Scheme***	***Decaps***	**Consistency**
Fitzgibbon et al.[17]	RPi 4 (Cortex-A72)	liboqs (C)	Kyber-768	~50	Consistent; ~3× faster due to native C impl.
Liu et al. [26]	RPi 4 (Cortex-A72)	liboqs (C)	Kyber-512	100–300	Consistent; reported range [100–300 μs] encompasses this work
Ortiz et al. [27]	RPi 4 (Cortex-A72)	C + NEON	Kyber-512/768	<100 (optimized)	Consistent; lower latency attributed to NEON optimization
Lopez et al. [28]	RPi 3B+ / RPi 5	liboqs + mbedTLS	Kyber-512/768/1024	~50–200 (session)	Consistent; same order of magnitude across parameter sets
This work (2026)	RPi 4 (Cortex-A72)	liboqs-py	Kyber-512/768	107 / 146	Baseline

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

6. DISCUSSION

The results confirm that both ML-KEM-512 and ML-KEM-768 remain secure against Grover-based quantum attacks, with attack costs falling far outside the reach of any realistic adversary. In both cases, the computational cost required to mount a successful attack falls so far outside the reach of any conceivable adversary that the margin is practically irrelevant to debate. It is worth clarifying that the NIST Level 1 and Level 3 designations are not direct claims about lattice hardness per se, but rather benchmarks calibrated against the cost of breaking AES-128 and AES-192 under Grover's algorithm a distinction that matters when interpreting security claims for ML-KEM in deployment contexts. Both parameter sets fall well within those bounds, which makes them a reasonable fit for IoT gateway and edge deployments. As Table 2 shows, the performance difference between ML-KEM-512 and ML-KEM-768 is small enough that the stronger option remains practical on ARM Cortex-A hardware where getting security and efficiency to coexist has never been straightforward.

A few limitations are worth flagging. Our oracle model treats a classical Decapsulate implementation as a stand-in for quantum oracle cost, but real quantum circuits could look quite different in gate count and depth a more accurate picture would require compiling explicit quantum circuits for the scheme. The naive query complexity baseline may also be on the pessimistic side; tighter bounds that exploit the specific error structure of MLWE might push the attack threshold lower, though still well out of reach. We also only tested on ARM Cortex-A hardware, so it is not clear how the numbers would shift on tighter platforms like the STM32 or ESP32, where memory and clock constraints are considerably more severe. Finally, we do not account for hybrid classical-quantum attack strategies, which may deserve a closer look as post-quantum cryptanalysis continues to develop.

7. CONCLUSION

We approached the question of quantum attack feasibility against ML-KEM from two angles: a formal oracle model and hands-on benchmarks on constrained hardware typical of IoT deployments. We modeled the quantum oracle cost in terms of the ML-KEM decapsulation operation and provided a reproducible benchmark using liboqs on Raspberry Pi 4, measuring execution time, peak RAM, and energy consumption for ML-KEM-512 and ML-KEM-768 over 1,000 iterations.

By mapping theoretical query counts to physical oracle costs, we demonstrated that quantum attacks against both parameter sets require astronomically large time and energy budgets, rendering them physically infeasible under current and foreseeable quantum hardware constraints It is noted that the NIST Level 1 and Level 3 security designations used to contextualize these results are calibrated against the cost of breaking AES-128 and AES-192 under Grover's algorithm, respectively, and should be interpreted within that framing rather than as direct claims about lattice hardness.

These results provide a practical security confidence baseline for practitioners deploying post-quantum cryptography in IoT environments. Planned extensions include a tighter quantum

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

attack complexity analysis exploiting the specific error structure of MLWE, benchmarking on additional IoT platforms such as the STM32 and ESP32, energy measurement via hardware power monitors such as the INA219, and evaluation of the ML-KEM-1024 parameter set.

REFERENCE

[1] Shor, P.W., "Algorithms for Quantum Computation: Discrete Logarithms and Factoring," Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 124–134, Santa Fe, 1994. doi: 10.1109/SFCS.1994.365700.

[2] Bernstein, D.J. and Lange, T., "Post-Quantum Cryptography," Nature, vol. 549, no. 7671, pp. 188–194, 2017. doi: 10.1038/nature23461.

[3] Bos, J. et al., "CRYSTALS-Kyber: A CCA-Secure Module-Lattice-Based KEM," 2018 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P), pp. 353–367, London, 2018. doi: 10.1109/EuroSP.2018.00032.

[4] Jaques, S., Naehrig, M., Roetteler, M. and Virdia, F., "Implementing Grover Oracles for Quantum Key Search on AES and LowMC," Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2020, Lecture Notes in Computer Science, vol. 12106, pp. 280–310, Cham, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-45724-2_10.

[5] Schöffel, M., Lauer, F., Rheinländer, C.C. and Wehn, N., "Secure IoT in the Era of Quantum Computers—Where Are the Bottlenecks?," Sensors, vol. 22, no. 7, p. 2484, 2022. doi: 10.3390/s22072484.

[6] Vrana, G., Lou, D. and Kuang, R., "Raw QPP-RNG Randomness via System Jitter Across Platforms: A NIST SP 800-90B Evaluation," Scientific Reports, vol. 15, no. 1, p. 27718, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-13135-8.

[7] Tran-Dang, H. and Kim, D.S., "Quantum Computing for Edge AI: Opportunities, Challenges, and Future Research Directions," Journal of Supercomputing, vol. 82, no. 5, p. 273, 2026. doi: 10.1007/s11227-026-08436-2.

[8] Mosca, M., "Cybersecurity in an Era with Quantum Computers: Will We Be Ready?," IEEE Security & Privacy, vol. 16, no. 5, pp. 38–41, 2018. doi: 10.1109/MSP.2018.3761723.

[9] National Institute of Standards and Technology, Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard, NIST FIPS 203, Washington D.C., 2024. doi: 10.6028/NIST.FIPS.203.

[10] Asim, M. et al., "Quantum-Resistant Blockchain Architecture for Secure Vehicular Networks: A ML-KEM-Enabled Approach with PoA and PoP Consensus," Future Generation Computer Systems, vol. 180, p. 108391, 2026. doi: 10.1016/j.future.2026.108391.

[11] Akkal, M., Cherbal, S., Annane, B., Lakhlef, H. and Kharoubi, K., "Quantum, Post-Quantum, and Blockchain Approaches for Securing the Internet of Medical Things: A

Systematic Review," Cluster Computing, vol. 28, no. 10, p. 655, 2025. doi: 10.1007/s10586-025-05481-z.

[12] Basso, A. et al., "Using Learning with Rounding to Instantiate Post-Quantum Cryptographic Algorithms," ACM Transactions on Embedded Computing Systems, p. 3807514, 2026. doi: 10.1145/3807514.

[13] Iavich, M. and Kapalova, N., "Optimizing Post-Quantum Digital Signatures with Verkle Trees and Quantum Seed-Based Pseudo-Random Generators," Computers, vol. 14, no. 3, p. 103, 2025. doi: 10.3390/computers14030103.

[14] Hou, R., Gao, Y., Liu, Y., Ming, J. and Zhou, Y., "MEML-KEM: A Memory-Efficient Implementation of ML-KEM for IoT Devices," Algorithms and Architectures for Parallel Processing, Lecture Notes in Computer Science, vol. 16387, pp. 216–230, Singapore, 2026. doi: 10.1007/978-981-95-8417-8_16.

[15] Seyhan, K., Nguyen, T.N., Akleylek, S. and Cengiz, K., "Lattice-Based Cryptosystems for the Security of Resource-Constrained IoT Devices in Post-Quantum World: A Survey," Cluster Computing, vol. 25, no. 3, pp. 1729–1748, 2022. doi: 10.1007/s10586-021-03380-7.

[16] Grassl, M., Langenberg, B., Roetteler, M. and Steinwandt, R., "Applying Grover's Algorithm to AES: Quantum Resource Estimates," Post-Quantum Cryptography, Lecture Notes in Computer Science, vol. 9606, pp. 29–43, Cham, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-29360-8_3.

[17] Fitzgibbon, G. and Ottaviani, C., "Constrained Device Performance Benchmarking with the Implementation of Post-Quantum Cryptography," Cryptography, vol. 8, no. 2, p. 21, 2024. doi: 10.3390/cryptography8020021.

[18] Regev, O., "On Lattices, Learning with Errors, Random Linear Codes, and Cryptography," Journal of the ACM, vol. 56, no. 6, pp. 1–40, 2009. doi: 10.1145/1568318.1568324.

[19] Langlois, A. and Stehlé, D., "Worst-Case to Average-Case Reductions for Module Lattices," Designs, Codes and Cryptography, vol. 75, no. 3, pp. 565–599, 2015. doi: 10.1007/s10623-014-9938-4.

[20] Grover, L.K., "A Fast Quantum Mechanical Algorithm for Database Search," Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC '96), pp. 212–219, Philadelphia, 1996. doi: 10.1145/237814.237866.

[21] Regazzoni, F., "Physical Attacks and Beyond," Selected Areas in Cryptography – SAC 2016, Lecture Notes in Computer Science, vol. 10532, pp. 3–13, Cham, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-69453-5_1.

[22] Bennett, C.H., Bernstein, E., Brassard, G. and Vazirani, U., "Strengths and Weaknesses of Quantum Computing," SIAM Journal on Computing, vol. 26, no. 5, pp. 1510–1523, 1997. doi: 10.1137/S0097539796300933.

[23] Shapiro, S.S. and Wilk, M.B., "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)," Biometrika, vol. 52, no. 3–4, pp. 591–611, 1965. doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591.

[24] Pukelsheim, F., "The Three Sigma Rule," The American Statistician, vol. 48, no. 2, pp. 88–91, 1994. doi: 10.1080/00031305.1994.10476030.

[25] AbuGhanem, M., "IBM Quantum Computers: Evolution, Performance, and Future Directions," Journal of Supercomputing, vol. 81, no. 5, p. 687, 2025. doi: 10.1007/s11227-025-07047-7.

[26] Liu, T., Ramachandran, G. and Jurdak, R., "Post-Quantum Cryptography for Internet of Things: A Survey on Performance and Optimization," arXiv, 2024. doi: 10.48550/ARXIV.2401.17538.

[27] Ortiz, J.N., Carvalho Rodrigues, F., Gazzoni Filho, D., Teixeira, C., López, J. and Dahab, R., "Evaluation of CRYSTALS-Kyber and Saber on the ARMv8 Architecture," XXII Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais (SBSeg 2022), pp. 372–377, Brasil, 2022. doi: 10.5753/sbseg.2022.224450.

[28] Lopez, J., Cadena, V. and Rahman, M.S., "Evaluating Post-Quantum Cryptographic Algorithms on Resource-Constrained Devices," 2025 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), pp. 918–925, Albuquerque, 2025. doi: 10.1109/QCE65121.2025.00103.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ZAMAN SERİLERİNDE HAREKETLİ ORTALAMA TABANLI GÖSTERGELER İLE HİBRİT MODELLERİN KARŞILAŞTIRMALI SINIFLANDIRMA ANALİZİ

Ramazan Süslü
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapay Zeka ve Robotik Anabilim Dalı
ramazansuslu72@gmail.com – ORCID: 0009-0005-5590-2487

Prof. Dr. Rıdvan Saraçoğlu
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Yapay Zeka ve Robotik Anabilim Dalı
ridvansaracoglu@yyu.edu.tr – ORCID: 0000-0002-5853-4545

ÖZET

Bu çalışmada, kripto para piyasalarında yaygın olarak kullanılan hareketli ortalama tabanlı teknik analiz göstergelerinden elde edilen alım-satım sinyallerinin, genetik algoritma (GA) destekli özellik seçimi ve makine öğrenimi modelleri ile optimize edilerek fiyat yön tahminindeki başarısının artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada veri seti olarak Bitcoin (BTC-USD) paritesine ait günlük zaman serisi verileri kullanılmış olup, bu veri seti açılış (Open), en yüksek (High), en düşük (Low) ve kapanış (Close) fiyatlarını kapsamaktadır. Modelin öğrenme kapasitesini artırmak amacıyla bu temel fiyat verilerinden türetilen yüzdesel değişim (getiri) özellikleri de veri setine dahil edilmiştir. Ayrıca EMA, SMA, WMA, VWAP ve HMA gibi hareketli ortalama göstergeleri 8, 13, 21, 34, 50, 100 ve 200 periyotları kullanılarak hesaplanmış ve bu göstergelerden alım-satım sinyalleri üretilmiştir.

Elde edilen sinyaller hem tekil hem de çoklu kombinasyonlar şeklinde değerlendirilmiş, yüksek başarı oranına sahip sinyal kombinasyonları belirlenmiştir. Daha sonra bu sinyaller, genetik algoritma kullanılarak optimize edilmiş ve en anlamlı özellik setleri seçilmiştir. Oluşturulan veri seti ile XGBoost, LightGBM, CatBoost, AdaBoost ve LSTM gibi makine öğrenimi ve derin öğrenme modelleri eğitilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca LSTM tabanlı hibrit model yapıları da değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, XGBoost modeli %72.55 doğruluk oranı ile en yüksek performansı göstermiş, diğer modellerin başarı oranlarının ise %70–71 aralığında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Genetik algoritma ile yapılan özellik seçiminin model performansını stabilize ettiği ve gereksiz özellikleri elimine ederek daha dengeli sonuçlar elde edilmesini sağladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, hibrit modellerin her durumda klasik modellere üstünlük sağlamadığı görülmüştür.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuç olarak, teknik analiz tabanlı sinyallerin genetik algoritma ile optimize edilerek makine öğrenimi modellerine entegre edilmesinin, finansal zaman serilerinde daha güvenilir ve sistematik tahminler elde edilmesine katkı sağladığı ortaya konulmuştur. Bu çalışma, algoritmik işlem stratejileri ve yapay zekâ destekli finansal karar sistemleri açısından önemli bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Finansal tahmin, Genetik algoritma, Hareketli ortalamalar, Kripto para, Makine öğrenimi, Zaman serisi analizi

1. GİRİŞ

Finansal piyasalar, yüksek oynaklık, doğrusal olmayan fiyat hareketleri ve çok sayıda içsel-dışsal faktörden etkilenmeleri nedeniyle tahmin edilmesi zor zaman serileri arasında yer almaktadır. Özellikle kripto para piyasaları, geleneksel finansal piyasalara kıyasla daha yüksek volatiliteye sahip olması, kesintisiz işlem görmesi ve yatırımcı davranışlarından hızlı biçimde etkilenmesi nedeniyle makine öğrenimi tabanlı analizler için önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Bu kapsamda Bitcoin, hem piyasa değeri hem de işlem hacmi bakımından kripto para piyasalarının en çok takip edilen varlıklarından biri olması nedeniyle zaman serisi tahmin çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Finansal zaman serilerinde makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin kullanımı, özellikle teknik göstergelerle desteklenen tahmin çalışmalarında yaygınlaşmaktadır (Nabipour vd., 2020; Fischer ve Krauss, 2018).

Finansal zaman serilerinde fiyatın doğrudan tahmin edilmesi çoğu zaman güçtür. Çünkü fiyat seviyesi, piyasa koşullarına bağlı olarak ani değişimler gösterebilmekte ve geçmiş verideki örüntüler gelecekte aynı şekilde devam etmeyebilmektedir. Bu nedenle son yıllarda doğrudan fiyat değerini tahmin etmek yerine fiyat yönünü sınıflandırmaya yönelik çalışmalar öne çıkmaktadır. Fiyat yönü sınıflandırması, belirli bir zaman diliminde fiyatın yükseliş veya düşüş eğiliminde olup olmayacağını belirlemeye odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle algoritmik işlem stratejileri ve karar destek sistemleri açısından daha uygulanabilir sonuçlar sunabilmektedir.

Teknik analiz göstergeleri, geçmiş fiyat hareketlerinden yararlanarak piyasanın mevcut trend yapısını yorumlamaya çalışan yöntemlerdir. Hareketli ortalamalar ise teknik analizde en yaygın kullanılan göstergelerden biridir. Basit hareketli ortalama, üstel hareketli ortalama, ağırlıklı hareketli ortalama ve benzeri göstergeler, fiyat serisindeki kısa vadeli dalgalanmaları azaltarak genel trend yönünün daha anlaşılır hale gelmesini sağlar. Bununla birlikte, tek bir göstergenin her piyasa koşulunda başarılı sonuç üretmesi beklenemez. Bu nedenle farklı hareketli ortalama türlerinin ve farklı periyotların birlikte değerlendirilmesi daha kapsamlı bir analiz imkânı sunmaktadır. Hareketli ortalama tabanlı göstergelerin fiyat yönü tahmininde kullanılması,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

özellikle trend yapısının sınıflandırma modellerine aktarılması açısından önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Salim ve Djunaidy, 2024; Ceyhan, 2023).

Makine öğrenimi algoritmaları, finansal zaman serilerinde karmaşık örüntüleri öğrenebilme kapasiteleri nedeniyle son yıllarda geleneksel teknik analiz yöntemleriyle birlikte kullanılmaya başlanmıştır. XGBoost, LightGBM, CatBoost ve AdaBoost gibi ağaç tabanlı topluluk öğrenme algoritmaları, sınıflandırma problemlerinde yüksek performans gösterebilen modellerdir. Bunun yanında LSTM gibi derin öğrenme modelleri, zaman bağımlı ilişkileri öğrenebilme özellikleri sayesinde finansal zaman serisi analizlerinde önemli bir yer edinmiştir. LSTM ağları, geleneksel tekrarlayan sinir ağlarında görülen uzun dönem bağımlılıkları öğrenme problemini azaltmak amacıyla geliştirilmiş ve zaman serisi problemlerinde yaygın biçimde kullanılmıştır (Hochreiter ve Schmidhuber, 1997). Finansal piyasa tahminlerinde LSTM, CNN ve kayan pencere tabanlı modellerin kullanımı da literatürde yaygın biçimde ele alınmıştır (Selvin vd., 2017; Fischer ve Krauss, 2018).

Bu çalışmada, Bitcoin fiyat verileri üzerinde hareketli ortalama tabanlı teknik göstergelerden elde edilen sinyallerin makine öğrenimi ve hibrit modeller ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel amacı, fiyatın doğrudan değerini tahmin etmek yerine, teknik göstergelerden ve bu göstergelerin kombinasyonlarından yararlanarak fiyat yönünü yükseliş veya düşüş şeklinde sınıflandırmaktır. Bu doğrultuda EMA, SMA, WMA, HMA ve VWAP göstergeleri farklı periyotlarda hesaplanmış; elde edilen sinyaller tekil, ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde değerlendirilmiştir. Daha sonra genetik algoritma yardımıyla en anlamlı özellik kombinasyonları seçilmiş ve bu özellikler farklı makine öğrenimi modellerinin girdisi olarak kullanılmıştır.

Çalışmanın özgün yönü, yalnızca hareketli ortalama sinyallerinin tekil başarılarını incelemekle sınırlı kalmaması; bu sinyallerin çoklu kombinasyonlarını, genetik algoritma tabanlı özellik seçimini ve farklı makine öğrenimi modellerinin karşılaştırmalı performansını aynı çalışma çerçevesinde değerlendirmesidir. Böylece teknik analiz ve yapay zekâ tabanlı karar destek yaklaşımlarını bir araya getiren sistematik bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri Seti

Çalışmada 2020–2026 dönemine ait Bitcoin günlük fiyat verileri kullanılmıştır. Veri seti, Bitcoin'in açılış fiyatı, en yüksek fiyatı, en düşük fiyatı, kapanış fiyatı ve işlem hacmi bilgilerini içermektedir. Kapanış fiyatı, fiyat yönünün belirlenmesinde temel değişken olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte açılış, en yüksek, en düşük ve hacim değişkenleri de piyasa hareketinin genel yapısını temsil edebilmesi amacıyla veri setine dahil edilmiştir.

Finansal zaman serilerinde fiyat seviyeleri zaman içinde büyük değişimler gösterebildiği için modelin mutlak fiyat düzeyinden çok göreli değişimleri öğrenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Open, High, Low ve Volume değişkenleri yüzdesel değişim formatına dönüştürülmüştür. Yüzdesel değişim dönüşümü aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\% \text{ Değişim} = ((\text{Güncel Değer} - \text{Önceki Değer}) / \text{Önceki Değer}) \times 100$$

Bu dönüşüm sayesinde modelin fiyat seviyesinden bağımsız olarak piyasa hareketinin yönünü ve değişim hızını öğrenmesi hedeflenmiştir.



Görsel 1. Veri seti ve ön işleme süreci

2.2. Hedef Değişkenin Oluşturulması

Çalışmada hedef değişken, fiyat yönünü sınıflandırmak amacıyla oluşturulmuştur. Bitcoin kapanış fiyatındaki değişim dikkate alınarak fiyat yönü iki sınıfa ayrılmıştır. Fiyatın yükselmesi durumunda hedef değişken 1, düşmesi durumunda ise 0 olarak etiketlenmiştir. Böylece problem, iki sınıflı bir sınıflandırma problemi olarak ele alınmıştır.

Bu yaklaşımda amaç, fiyatın gelecekteki kesin değerini tahmin etmek değil; fiyat hareketinin yönünü sınıflandırmaktır. Finansal piyasalarda fiyat seviyesinin doğrudan tahmin edilmesi oldukça zor olduğundan, yön tahmini algoritmik karar destek sistemleri açısından daha anlamlı bir çıktı sunabilmektedir.

2.3. Hareketli Ortalama Tabanlı Göstergeler

Çalışmada farklı trend yapılarını temsil edebilmek amacıyla beş farklı hareketli ortalama türü kullanılmıştır. Bunlar EMA, SMA, WMA, HMA ve VWAP göstergeleridir. Bu göstergeler 8, 13, 21, 34, 50, 100 ve 200 periyotlarında hesaplanmıştır. Söz konusu periyotlar kısa, orta ve uzun vadeli trend yapılarının modele aktarılmasını sağlamaktadır.

Kısa vadeli periyotlar fiyat hareketlerine daha hızlı tepki verirken, uzun vadeli periyotlar genel trend yönünü daha yumuşak biçimde göstermektedir. Bu nedenle farklı periyotların birlikte kullanılması, modelin hem kısa vadeli dalgalanmaları hem de uzun vadeli eğilimleri öğrenmesine yardımcı olmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge 1. Kullanılan hareketli ortalama türleri ve periyotlar

Gösterge Türü	**Kullanılan Periyotlar**	**Temsil Ettiği Yapı**
EMA	8, 13, 21, 34, 50, 100, 200	Fiyata daha hızlı tepki veren üstel ortalama
SMA	8, 13, 21, 34, 50, 100, 200	Basit ortalama trend yapısı
WMA	8, 13, 21, 34, 50, 100, 200	Son fiyatlara daha fazla ağırlık veren ortalama
HMA	8, 13, 21, 34, 50, 100, 200	Daha düşük gecikmeye sahip hareketli ortalama
VWAP	8, 13, 21, 34, 50, 100, 200	Hacim ağırlıklı fiyat eğilimi

Her hareketli ortalama için kapanış fiyatının ilgili ortalamanın üzerinde veya altında bulunmasına göre sinyal üretilmiştir. Kapanış fiyatı hareketli ortalamanın üzerinde olduğunda pozitif yönlü sinyal, altında olduğunda negatif yönlü sinyal oluşturulmuştur. Böylece teknik analiz mantığı sayısal hale getirilmiş ve makine öğrenimi modelleri tarafından kullanılabilecek özelliklere dönüştürülmüştür.

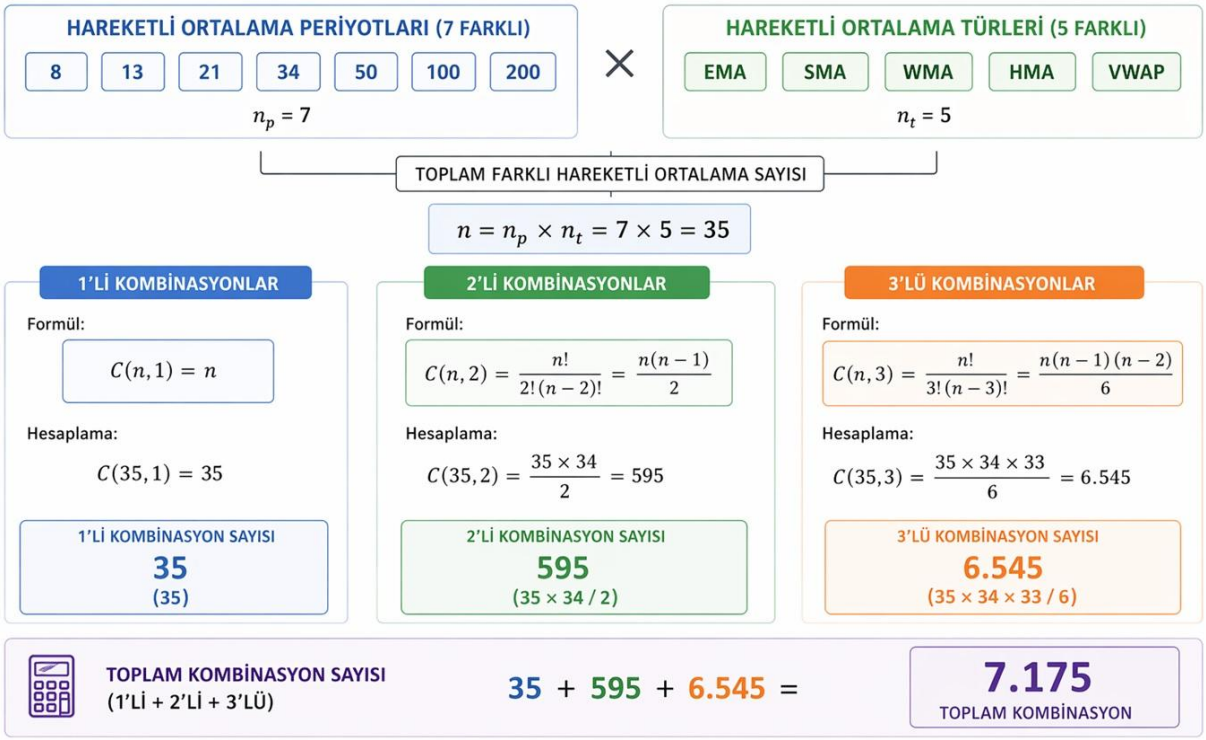
2.4. Sinyal Üretimi ve Kombinasyon Yapısı

Çalışmada yalnızca tekil hareketli ortalama sinyalleri değil, aynı zamanda ikili ve üçlü gösterge kombinasyonları da değerlendirilmiştir. Tekil sinyallerde fiyatın ilgili hareketli ortalamanın üzerinde veya altında olması dikkate alınırken, kombinasyon yapısında birden fazla göstergenin aynı yönde sinyal üretmesi şartı aranmıştır.

Bir kombinasyonda fiyat, seçilen tüm hareketli ortalamaların üzerinde ise AL yönlü; seçilen tüm hareketli ortalamaların altında ise SAT yönlü sinyal üretilmiştir. Fiyatın bazı ortalamaların üzerinde, bazılarının altında kaldığı durumlarda ise sinyal nötr kabul edilmiştir. Bu yapı sayesinde daha seçici ve teknik olarak daha güçlü sinyallerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çalışmada 5 farklı hareketli ortalama türü ve 7 farklı periyot kullanıldığından toplam 35 temel hareketli ortalama sinyal sütunu oluşturulmuştur. Bu sinyallerden tekli, ikili ve üçlü kombinasyonlar üretilmiştir. Toplam kombinasyon sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:



Görsel 2. Hareketli ortalama kombinasyon sayılarının hesaplanması

Bu yapı sonucunda 7.175 adet sinyal ve kombinasyon özelliği elde edilmiştir.

2.5. Genetik Algoritma ile Özellik Seçimi

Çalışmada çok sayıda sinyal ve kombinasyon özelliği üretildiği için tüm özelliklerin doğrudan modele verilmesi model karmaşıklığını artırabilmektedir. Gereksiz veya düşük katkı sağlayan özelliklerin model performansını olumsuz etkileyebilmesi nedeniyle genetik algoritma destekli özellik seçimi uygulanmıştır.

Genetik algoritmalar, doğal seçilim ve evrimsel süreçlerden esinlenen optimizasyon yöntemleridir. Bu çalışmada her birey, özelliklerin seçilip seçilmediğini gösteren ikili kodlanmış bir yapı olarak temsil edilmiştir. Bireylerdeki her gen, ilgili özelliğin modele dahil edilip edilmeyeceğini belirtmektedir. Gen değeri 1 ise özellik seçilmiş, 0 ise özellik dışarıda bırakılmıştır.

Genetik algoritma süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

• Başlangıç popülasyonu oluşturulmuştur.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

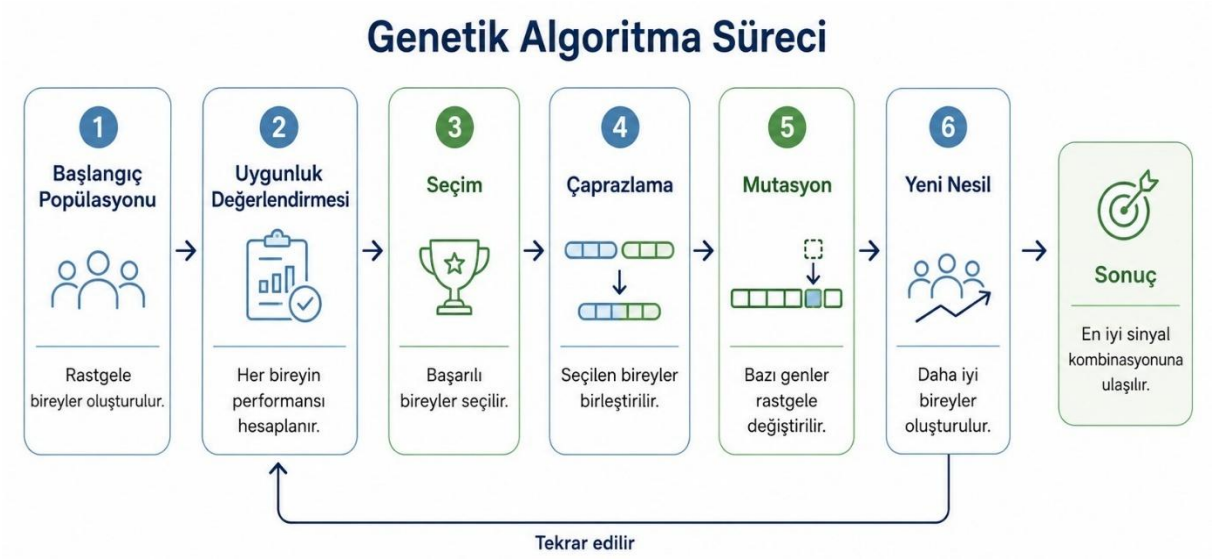
• Her bireyin temsil ettiği özellik alt kümesi ile model performansı hesaplanmıştır.

• Performansı yüksek bireyler seçilerek yeni nesle aktarılmıştır.

• Çaprazlama işlemi ile farklı bireylerin özellik yapıları birleştirilmiştir.

• Mutasyon işlemi ile bazı genler değiştirilerek çeşitlilik korunmuştur.

• Nesiller boyunca daha başarılı özellik kombinasyonlarına ulaşılmaya çalışılmıştır.



Görsel 3. Genetik algoritma ile özellik seçimi süreci

2.6. Kullanılan Makine Öğrenimi ve Hibrit Modeller

Çalışmada farklı öğrenme yapısına sahip modeller karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Kullanılan modeller XGBoost, LightGBM, AdaBoost, CatBoost, LSTM ve LSTM + XGBoost hibrit modelidir.

Ağaç tabanlı topluluk modelleri, sinyal ve özellik ilişkilerini sınıflandırma problemi olarak ele almıştır. XGBoost modeli, gradyan artırma yaklaşımına dayalı güçlü bir topluluk öğrenme algoritmasıdır ve yapılandırılmış veri setlerinde yüksek performans gösterebilmektedir (Chen ve Guestrin, 2016). LightGBM ve CatBoost modelleri de benzer şekilde ağaç tabanlı öğrenme yapılarıyla sınıflandırma problemlerinde etkin biçimde kullanılmaktadır. Finansal piyasalarda farklı makine öğrenimi algoritmalarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, model seçiminin veri yapısına ve kullanılan özellik setine bağlı olduğunu göstermektedir (Akın, 2022; Doğan ve Büyükkor, 2023; Uyar ve Doğru, 2020).

LSTM modeli ise zaman serisi yapısını pencereleme yöntemiyle öğrenmek üzere kullanılmıştır. LSTM, geçmiş zaman adımlarındaki bilgileri hafızasında tutabilen bir derin öğrenme mimarisi

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

olduğundan finansal zaman serisi problemleri için uygun bir modeldir. LSTM + XGBoost hibrit modelinde ise LSTM modeli zaman bağımlı özellikleri çıkarmakta, XGBoost modeli ise bu özellikler üzerinden sınıflandırma yapmaktadır.

Çizelge 2. Kullanılan modeller ve temel amaçları

Model	**Model Türü**	**Çalışmadaki Kullanım Amacı**
XGBoost	Ağaç tabanlı topluluk öğrenme	Sinyal ve özelliklerden fiyat yönü sınıflandırması
LightGBM	Ağaç tabanlı topluluk öğrenme	Hızlı ve verimli sınıflandırma
CatBoost	Ağaç tabanlı topluluk öğrenme	Güçlü sınıflandırma performansı
AdaBoost	Topluluk öğrenme	Zayıf öğrenicileri birleştirerek sınıflandırma
LSTM	Derin öğrenme	Zaman bağımlı örüntüleri öğrenme
LSTM + XGBoost	Hibrit model	LSTM ile özellik çıkarımı, XGBoost ile sınıflandırma

2.7. Optuna ile Hiperparametre Optimizasyonu

Model performansını artırmak amacıyla Optuna kütüphanesi kullanılarak hiperparametre optimizasyonu yapılmıştır. Hiperparametre optimizasyonu, modellerin öğrenme oranı, ağaç derinliği, tahminci sayısı, pencere boyutu ve benzeri parametrelerinin sistematik biçimde denenmesini sağlamaktadır.

Her model için uygun hiperparametre aralıkları belirlenmiş ve denemeler sonucunda en yüksek doğruluk oranını sağlayan parametreler seçilmiştir. LSTM ve hibrit model yapılarında ayrıca pencere boyutu da optimize edilmiştir. Pencere boyutu, modelin geçmiş kaç zaman adımını dikkate alarak tahmin yapacağını belirlemektedir. Bu nedenle finansal zaman serilerinde

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

pencere boyutunun doğru belirlenmesi model performansı açısından önemlidir. Zaman serisi problemlerinde model değerlendirme sürecinde veri bölme, doğrulama yöntemi ve zamansal sıralamanın korunması gibi unsurlar model performansının güvenilirliği açısından önem taşımaktadır (Bergmeir ve Benítez, 2020).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde çalışmada elde edilen model başarıları, precision, recall ve F1-score sonuçları, pencere boyutu değerleri ve genetik algoritma ile seçilen özellik sayıları değerlendirilmiştir.

3.1. Model Başarı Karşılaştırması

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek doğruluk oranı XGBoost modelinde görülmüştür. XGBoost modeli %72,55 doğruluk oranı ile diğer modellerin üzerinde performans göstermiştir. CatBoost modeli %71,05 doğruluk oranı ile ikinci sırada yer alırken, AdaBoost ve LSTM modelleri %70,79 doğruluk oranı üretmiştir. LightGBM modeli %70,51, LSTM + XGBoost hibrit modeli ise %70,00 doğruluk oranına ulaşmıştır.

Bu sonuçlar, hareketli ortalama tabanlı sinyallerin makine öğrenimi modelleriyle birlikte kullanıldığında Bitcoin fiyat yönü tahmininde anlamlı bir sınıflandırma performansı sağlayabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, hibrit modelin klasik XGBoost modeline göre daha yüksek başarı üretmemesi dikkat çekicidir. Bu durum, hibrit modellerin her veri setinde ve her özellik yapısında otomatik olarak daha üstün performans göstermeyebileceğini ortaya koymaktadır.

Model	Accuracy %	Precision	Recall	F1 Score
XGBoost	72,55	71,00	73,00	66,00
LightGBM	70,51	65,00	71,00	60,00
AdaBoost	70,79	70,00	71,00	59,00
CatBoost	71,05	67,00	71,00	61,00
LSTM	70,79	67,00	71,00	61,00
LSTM + XGBoost	70,00	64,00	70,00	63,00

Görsel 4. Makine öğrenimi ve hibrit modellerin başarı karşılaştırması

3.2. Precision, Recall ve F1-Score Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Doğruluk oranı, model başarısını genel olarak gösteren önemli bir ölçüttür. Ancak sınıflandırma problemlerinde yalnızca doğruluk oranına bakmak yeterli olmayabilir. Bu nedenle precision, recall ve F1-score değerleri de değerlendirilmiştir.

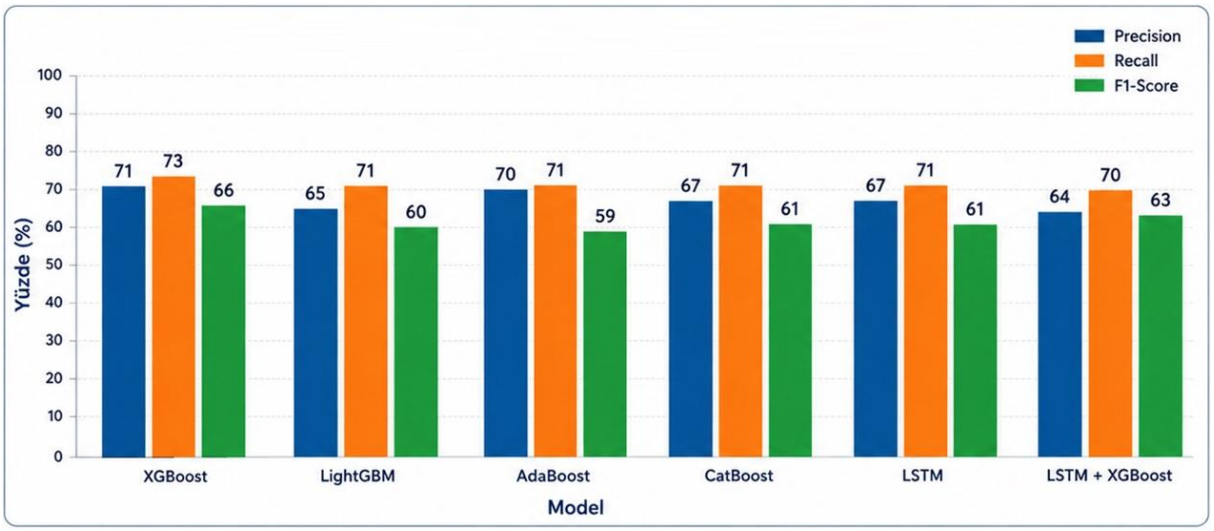
Precision, modelin yükseliş olarak tahmin ettiği durumların ne kadarının gerçekten yükseliş olduğunu göstermektedir. Recall, gerçek yükseliş durumlarının ne kadarının model tarafından

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

doğru yakalandığını ifade etmektedir. F1-score ise precision ve recall değerlerinin dengeli bir ortalamasıdır. Bu nedenle F1-score, özellikle precision ve recall arasında dengesizlik bulunan durumlarda daha dengeli bir değerlendirme ölçütü sunmaktadır.

Sonuçlara göre XGBoost modeli yalnızca doğruluk oranında değil, precision ve recall değerlerinde de güçlü bir performans göstermiştir. XGBoost modelinin precision değeri %71, recall değeri ise %73 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, modelin yükseliş yönlü sınıfları yakalama konusunda diğer modellere kıyasla daha dengeli bir sonuç verdiğini göstermektedir.

LightGBM modelinde precision değeri %65 seviyesinde kalırken recall değerinin %71 olması, modelin yükseliş sınıfını yakalama eğiliminin precision değerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. LSTM + XGBoost hibrit modelinde ise F1-score değerinin %63 olması, hibrit yapının belirli ölçüde dengeli bir sınıflandırma yapabildiğini ancak genel doğruluk açısından XGBoost modelinin gerisinde kaldığını göstermektedir.



Görsel 5. Precision, recall ve F1-score karşılaştırması

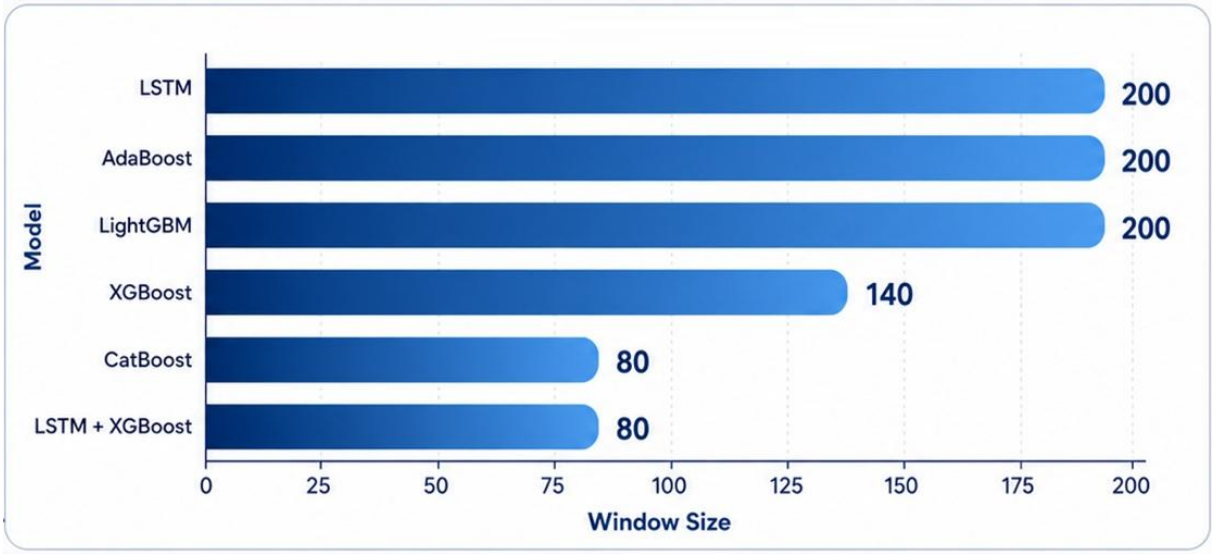
3.3. Window Size Değerlerinin Değerlendirilmesi

Zaman serisi modellerinde pencere boyutu, modelin geçmiş kaç zaman adımını dikkate alacağını belirleyen önemli bir parametredir. Çalışmada her model için Optuna yardımıyla en uygun window size değeri belirlenmiştir. Sonuçlara göre LightGBM, AdaBoost ve LSTM modellerinde 200 pencere değeri en iyi sonucu verirken, XGBoost modelinde 140, CatBoost ve LSTM + XGBoost modellerinde ise 80 pencere değeri en uygun değer olarak belirlenmiştir.

Bu bulgu, her modelin zaman serisi bilgisinden aynı şekilde faydalanmadığını göstermektedir. Bazı modeller daha uzun geçmiş bilgiye ihtiyaç duyarken, bazı modeller daha kısa pencere boyutlarıyla daha iyi sonuç üretmiştir. Özellikle LSTM modelinde 200 pencere değerinin başarılı sonuç vermesi, modelin uzun dönemli fiyat hareketlerinden yararlanabildiğini

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

göstermektedir. Buna karşılık CatBoost ve LSTM + XGBoost modellerinin 80 pencere boyutunda daha iyi sonuç vermesi, bu modeller için daha kısa geçmiş bilginin yeterli olabileceğini düşündürmektedir.



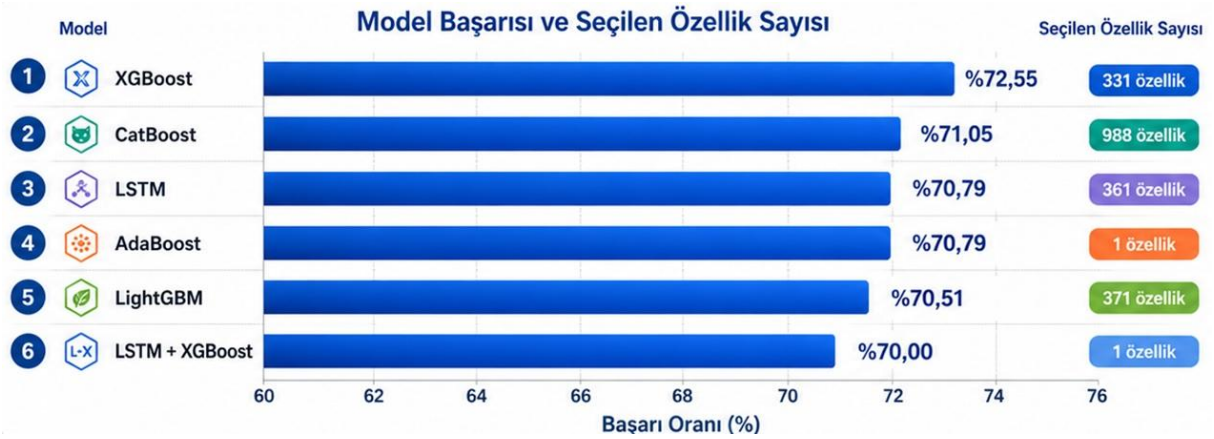
Görsel 6. Modellere göre en uygun window size değerleri

3.4. Genetik Algoritma Sonucunda Seçilen Özellik Sayıları

Genetik algoritma sonucunda her model için farklı sayıda özellik seçilmiştir. Bazı modeller az sayıda özellikle çalışırken, bazı modeller daha geniş özellik setlerinden yararlanmıştır. Bu durum, model başarısının yalnızca çok sayıda özellik kullanmaya bağlı olmadığını göstermektedir. Önemli olan, modele en anlamlı sinyal kombinasyonlarının verilmesidir.

Elde edilen sonuçlara göre CatBoost modelinde 988 özellik seçilmiş, buna karşılık AdaBoost ve LSTM + XGBoost modellerinde çok daha az sayıda özellik kullanılmıştır. XGBoost modelinde ise 331 özellik seçilmesine rağmen en yüksek doğruluk oranına ulaşılmıştır. Bu sonuç, XGBoost modelinin daha sınırlı fakat anlamlı bir özellik setiyle güçlü performans gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 7. Genetik algoritma sonucunda seçilen özellik sayıları

Bu sonuçlar, özellik seçiminin model başarısında belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Çok sayıda özelliğin kullanılması her zaman daha yüksek başarı anlamına gelmemektedir. Gereksiz, tekrarlı veya düşük katkı sağlayan özellikler modelin genelleme performansını olumsuz etkileyebilir. Genetik algoritma bu noktada, yüksek boyutlu özellik uzayından daha anlamlı alt kümelerin seçilmesini sağlamıştır.

3.5. En Sık Seçilen Özelliklerin Değerlendirilmesi

Genetik algoritma sürecinde bazı hareketli ortalama kombinasyonlarının diğerlerine göre daha sık seçildiği görülmüştür. Özellikle SMA, EMA, HMA ve VWAP tabanlı kombinasyonların öne çıkması, farklı ortalama türlerinin birlikte kullanılmasının model performansına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Bu durum, yalnızca tek bir hareketli ortalama türünün değil, farklı hesaplama mantığına sahip göstergelerin birlikte değerlendirilmesinin fiyat yönü tahmininde daha anlamlı sinyaller üretebileceğine işaret etmektedir. Örneğin SMA daha genel trend yapısını temsil ederken, EMA fiyat değişimlerine daha hızlı tepki verebilmektedir. VWAP ise hacim bilgisini fiyatla birlikte değerlendirdiği için farklı bir piyasa bakışı sunmaktadır. Bu göstergelerin kombinasyon halinde kullanılması, modelin fiyat hareketini daha kapsamlı biçimde değerlendirmesine yardımcı olmuştur.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bitcoin fiyat yönünün tahmin edilmesi amacıyla hareketli ortalama tabanlı teknik göstergeler, genetik algoritma destekli özellik seçimi ve makine öğrenimi modelleri birlikte değerlendirilmiştir. Fiyatın doğrudan değerini tahmin etmek yerine, fiyat yönünün yükseliş veya düşüş olarak sınıflandırılması hedeflenmiştir. Bu yaklaşım, finansal zaman serilerindeki yüksek oynaklık nedeniyle daha uygulanabilir bir tahmin problemi sunmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çalışmada EMA, SMA, WMA, HMA ve VWAP göstergeleri 8, 13, 21, 34, 50, 100 ve 200 periyotlarında hesaplanmış; bu göstergelerden tekil, ikili ve üçlü kombinasyonlar oluşturulmuştur. Toplam 7.175 sinyal/kombinasyon özelliği elde edilmiş, ardından bu özellikler genetik algoritma ile optimize edilerek farklı makine öğrenimi modellerinde test edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre XGBoost modeli %72,55 doğruluk oranı ile en yüksek performansı göstermiştir. CatBoost, LSTM, AdaBoost ve LightGBM modelleri yaklaşık %70 bandında başarı sağlamış, LSTM + XGBoost hibrit modeli ise beklenen ek performans artışını sağlayamamıştır. Bu durum, hibrit modellerin her veri setinde klasik makine öğrenimi modellerinden daha başarılı olmayabileceğini göstermektedir.

Genetik algoritma ile yapılan özellik seçimi, gereksiz özelliklerin elenmesine ve model karmaşıklığının azaltılmasına katkı sağlamıştır. XGBoost modelinin 331 özellik ile en yüksek doğruluk oranına ulaşması, model başarısında özellik sayısından çok seçilen özelliklerin niteliğinin belirleyici olduğunu göstermektedir.

Genel bulgular, hareketli ortalama tabanlı teknik analiz sinyallerinin makine öğrenimi modelleriyle birlikte kullanıldığında Bitcoin fiyat yönü tahmini için uygulanabilir bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, teknik analiz göstergeleri ile yapay zekâ tabanlı sınıflandırma yöntemlerini bir araya getiren sistematik bir karar destek modeli ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çalışma yalnızca Bitcoin verileri ve günlük zaman dilimi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca işlem maliyetleri, komisyonlar ve piyasa kayması gibi gerçek işlem koşulları değerlendirme kapsamına dahil edilmemiştir. Gelecek çalışmalarda farklı kripto para birimleri, farklı zaman dilimleri ve RSI, MACD, StochRSI, Bollinger Bands gibi farklı teknik göstergeler modele dahil edilebilir. Ayrıca CNN-LSTM, Transformer tabanlı modeller ve dikkat mekanizmalı derin öğrenme yaklaşımları ile daha gelişmiş hibrit yapılar oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

1. Aydemir, R. (2021). Finansal Zaman Serilerinde LSTM ile Tahminleme: BIST100 Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

2. Ceyhan, İ. F. (2023). Türkiye'de 2018–2023 yılları arasında yazılmış lisansüstü tezlerde teknik analiz göstergelerinin kullanımı: Sistematik bir derleme. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 12(4), 1234–1250. https://doi.org/10.5281/zenodo.1082393

3. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. Brownlee, J. (2020). Deep Learning for Time Series Forecasting: Predict the Future with MLPs, CNNs and LSTMs in Python. Machine Learning Mastery.

5. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

6. Akın, Y. (2022). Finansal piyasalarda makine öğrenimi yöntemleri ile fiyat tahmin performanslarının karşılaştırılması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21(43), 345–361. https://doi.org/10.26466/opusjsr.1098764

7. Bergmeir, C., & Benítez, J. M. (2020). On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. Information Sciences, 191, 192–213. https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.02.047

8. Uyar, A., & Doğru, O. (2020). Makine öğrenmesi algoritmaları ile hisse senedi fiyat tahmini: Türkiye örneği. Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi, 6(1), 12–29. https://doi.org/10.17335/suje.2020.21485

9. Demirci, M., & Uysal, T. (2023). Derin öğrenme ile finansal piyasa fiyat tahmini: LSTM ve CNN karşılaştırması. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Dergisi, 12(2), 145–160. https://doi.org/10.54525/tbbmd.1031017

10. Doğan, B., & Büyükkor, D. (2023). Finansal piyasalarda makine öğrenmesi algoritmalarıyla tahmin performanslarının karşılaştırılması. AHBV Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(1), 55–72. https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.1191080

11. Salim, F., & Djunaidy, A. (2024). Moving average-based trend prediction using CNN-LSTM networks. Procedia Computer Science, 226, 55–68. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.064

12. Fischer, T., & Krauss, C. (2018). Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. European Journal of Operational Research, 270(2), 654–669. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054

13. Kumar, A., Singh, R., & Gupta, A. (2022). Integration of technical indicators with LSTM for cryptocurrency forecasting. International Journal of Financial Engineering, 9(3), 223–240.

14. Nabipour, M., Nayyeri, P., Jabani, H., & Mosavi, A. (2020). Deep learning for stock market prediction using technical indicators and financial data. Complexity, 2020, 1–9. https://doi.org/10.1155/2020/8871467

15. Selvin, S., Vinayakumar, R., Gopalakrishnan, E. A., Menon, V. K., & Soman, K. P. (2017). Stock price prediction using LSTM, RNN and CNN-sliding window models. In 2017 International Conference on Advances in Computing,

Communications and Informatics (pp. 1643–1647). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICACCI.2017.8126057

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ENDÜSTRİYEL MAKİNELERİN VR ORTAMINDA SİMÜLASYONU VE KULLANICI ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Afşın Alper CERİT
Erciyes Üniversitesi,
acerit@erciyes.edu.tr – 0000-0002-3343-7976

Gözde DALYAN
Erciyes Üniversitesi,
gozdedalyan1@gmail.com – 0009-0000-2429-1349

ÖZET

Bu çalışma, endüstriyel makinelerin sanal gerçeklik (VR) ortamında simüle edilmesi ve bu ortamda kullanıcı etkileşiminin incelenmesini amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında üretim hattında kullanılan bir manipülatör makine temel alınmış, sistemin üç boyutlu modeli SolidWorks ortamında oluşturulmuş, Blender yazılımı ile gerçek zamanlı çalışmaya uygun hale getirilmiş ve Unity oyun motoru ile C# altyapısı kullanılarak etkileşimli bir VR simülasyonu geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulama Meta Quest 3 platformunda çalışacak şekilde yapılandırılmıştır.

Araştırma, uygulama temelli ve kullanıcı odaklı bir yaklaşım çerçevesinde yürütülmüştür. Simülasyon, 66 katılımcı tarafından deneyimlenmiş, veri toplama sürecinde demografik bilgi formu, Likert tipi kullanıcı deneyimi ölçeği ve açık uçlu sorular kullanılmıştır. Nicel veriler SPSS 27.0 programı ile analiz edilmiş, güvenirlik, tanımlayıcı istatistikler, grup karşılaştırmaları ve korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Nitel veriler ise tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, katılımcıların VR tabanlı simülasyona genel olarak yüksek düzeyde olumlu yaklaştığını göstermektedir. Özellikle mekânsal algı ve gerçekçilik ile öğrenme ve anlama boyutlarında yüksek ortalamalar elde edilmiştir. Katılımcılar, simülasyonun makinenin çalışma prensibini anlamayı kolaylaştırdığını, gerçek boyutta deneyim imkânı sunduğunu ve üretim öncesi hata tespiti ile eğitim süreçlerinde kullanılabilir olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, yön bulma ve etkileşim kontrolü gibi sınırlı zorluklar da belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanal gerçeklik, endüstriyel makine simülasyonu, kullanıcı etkileşimi, kullanıcı deneyimi, dijital prototipleme, Unity, Meta Quest 3

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Endüstriyel üretim sistemleri, son yıllarda hızla gelişen dijitalleşme ve otomasyon süreçlerinin etkisiyle giderek daha karmaşık ve bütünleşik yapılara dönüşmektedir. Günümüzde üretim hatlarında kullanılan makineler, sensörler, yazılım tabanlı kontrol sistemleri ve insan etkileşimi ile birlikte çok boyutlu bir yapı sergilemektedir. Söz konusu makinelerin tasarım, test ve kullanım süreçlerinin geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesini zorlaştırmakta, özellikle fiziksel prototiplere dayalı deneme-yanılma yaklaşımlarının maliyet ve zaman açısından önemli sınırlılıklar doğurmasına neden olmaktadır.

Endüstri 4.0 yaklaşımıyla birlikte üretim sistemlerinin dijital ortamda modellenmesi ve analiz edilmesi, tasarım süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Sayısal modelleme ve simülasyon teknikleri sayesinde, gerçek sistemler üzerinde müdahale gerektirmeden farklı senaryoların test edilmesi mümkün hale gelmiş, böylece tasarım kararlarının daha erken aşamalarda değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu bağlamda sanal gerçeklik (Virtual Reality – VR) teknolojisi, görselleştirme aracı olmanın ötesine geçerek kullanıcıların üç boyutlu ortamlar içerisinde aktif biçimde yer alabildiği ve sistemlerle doğrudan etkileşim kurabildiği bir platform olarak öne çıkmaktadır (Korkut ve Surer, 2023).

VR teknolojisinin endüstriyel tasarım ve mühendislik alanındaki kullanımı, özellikle karmaşık makinelerin anlaşılması, eğitim süreçlerinin desteklenmesi ve tasarım doğrulama faaliyetlerinin geliştirilmesi açısından da avantajlar sunmaktadır. Kullanıcıların sanal ortamda makine bileşenleriyle etkileşime girebilmesi, sistemin çalışma prensiplerinin daha iyi kavranmasına katkı sağlamakta ve potansiyel tasarım hatalarının üretim öncesinde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, literatürde VR tabanlı uygulamaların çoğunlukla teknik doğruluk, görsel gerçekçilik veya eğitim performansı üzerinden değerlendirildiği, kullanıcı etkileşiminin tasarım sürecine olan katkısının ise sınırlı düzeyde ele alındığı görülmektedir (Kim vd., 2020).

Oysa endüstriyel makinelerin gerçek kullanım koşullarındaki başarısı, kullanıcı ile kurduğu etkileşimin niteliğiyle de doğrudan ilişkilidir. Kullanıcı deneyimi, sistemin anlaşılabilirliği, kontrol edilebilirliği ve kullanım kolaylığı gibi unsurları kapsayan çok boyutlu bir yapı olup, tasarım sürecinde dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle VR tabanlı simülasyonların, kullanıcı etkileşimini analiz edebilen ve tasarım kararlarına veri sağlayan bir değerlendirme platformu olarak ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışma, endüstriyel makinelerin sanal gerçeklik ortamında simüle edilmesini ve kullanıcıların bu ortamda kurduğu etkileşimin sistematik biçimde incelenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda üretim hattında aktif olarak kullanılan bir manipülatör makinenin üç boyutlu dijital modeli oluşturulmuş, model gerçek zamanlı çalışmaya uygun hale getirilerek etkileşimli bir VR simülasyonu geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, kullanıcıların makine ile doğrudan etkileşime girebildiği bir deneyim ortamı sunmakta ve bu etkileşimin kullanıcı deneyimi üzerindeki etkileri nicel ve nitel yöntemlerle analiz edilmektedir.

Çalışmanın temel katkısı, VR tabanlı endüstriyel simülasyonları yalnızca teknik doğrulama aracı olarak ele almak yerine, kullanıcı etkileşimi odağında değerlendirerek tasarım süreçlerine

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

entegre edilebilir bir yaklaşım sunmasıdır. Bu yönüyle çalışma, hem sanal gerçeklik uygulamalarına yönelik akademik literatüre katkı sağlamayı hem de endüstriyel tasarım ve mühendislik süreçlerinde VR teknolojisinin etkin kullanımına ilişkin uygulamaya dönük bir çerçeve ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Sanal Gerçeklik (VR) Teknolojisi

Sanal gerçeklik (Virtual Reality – VR), kullanıcıların bilgisayar tarafından oluşturulan üç boyutlu ortamlarda bulunma hissi yaşayarak bu ortamlarla etkileşim kurmasına imkân tanıyan ileri düzey bir teknolojidir. Geleneksel iki boyutlu ekran tabanlı sistemlerden farklı olarak VR, kullanıcıyı deneyimin merkezine yerleştirerek görsel, işitsel ve kısmen dokunsal geri bildirimler aracılığıyla sürükleyici bir deneyim sunmaktadır. Bu yönüyle VR, deneyimsel bir etkileşim ortamı olarak değerlendirilmektedir (Rubiya-Tamaro vd., 2017).

VR teknolojisinin gelişimi, bilgisayar grafikleri, insan–bilgisayar etkileşimi ve algı psikolojisi alanlarının kesişiminde ilerlemiştir. Özellikle son yıllarda donanım kapasitesindeki artışlar, yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemleri ve hassas hareket izleme teknolojileri sayesinde VR uygulamaları daha gerçekçi ve etkileşimli hale gelmiştir. Bu gelişmeler, VR'nin mühendislik, eğitim ve endüstriyel tasarım gibi alanlarda daha yaygın kullanılmasını mümkün kılmıştır (Li vd., 2025).

VR sistemlerinin temel bileşenleri; başa takılan görüntüleme cihazları, hareket ve konum izleme sistemleri, etkileşim kontrolcüleri ve yazılım altyapısından oluşmaktadır. Bu bileşenlerin uyumlu çalışması, kullanıcının sanal ortamı gerçekçi algılamasındaki önemli bileşenlerden biridir. Özellikle gecikme süresi, kare/saniye değeri ve izleme doğruluğu gibi teknik parametreler, kullanıcı deneyiminin kalitesini doğrudan etkilemektedir (Angelov vd., 2020). Bu nedenle VR uygulamalarının başarısı donanım performansına da bağlıdır.

2.2. Endüstriyel Simülasyon ve Dijital Prototipleme

Endüstriyel simülasyon, gerçek üretim sistemlerinin veya makinelerin davranışlarının bilgisayar ortamında modellenerek analiz edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yaklaşım, sistem üzerinde doğrudan müdahale gerektirmeden farklı senaryoların test edilmesine olanak tanıyarak karar verme süreçlerini desteklemektedir. Özellikle karmaşık üretim hatlarında, simülasyon teknikleri sayesinde olası hatalar önceden tespit edilebilmekte ve sistem performansı optimize edilebilmektedir (Zhang vd., 2019).

Dijital prototipleme ise simülasyon kavramının bir adım ötesine geçerek tasarlanan ürünün fiziksel üretime geçmeden önce sanal ortamda test edilmesini ifade etmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel prototipleme süreçlerine kıyasla zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Ürünlerin işlevsel özellikleri, montaj ilişkileri ve kullanım senaryoları dijital ortamda analiz edilerek tasarım sürecinde erken geri bildirim elde edilebilmektedir (McElroy, 2016).

Üç boyutlu modelleme teknolojileri, dijital prototiplemenin temelini oluşturmaktadır. CAD tabanlı modelleme sistemleri sayesinde ürünlerin geometrik ve yapısal özellikleri detaylı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

biçimde tanımlanabilmektedir. Bu modeller daha sonra simülasyon ve analiz süreçlerinde kullanılabilmektedir. Ancak CAD ortamında oluşturulan yüksek detaylı modellerin doğrudan gerçek zamanlı simülasyon ortamlarında kullanılması performans sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle model optimizasyonu ve geometri sadeleştirme süreçleri, özellikle VR tabanlı uygulamalarda önemli bir aşama olarak değerlendirilmektedir (Adnan vd., 2014).

VR teknolojisinin endüstriyel simülasyon ile entegrasyonu, geleneksel simülasyon yaklaşımlarına yeni bir boyut kazandırmaktadır. Kullanıcıların sanal ortamda sistemle doğrudan etkileşim kurabilmesi, simülasyonu pasif bir analiz aracından aktif bir deneyim ortamına dönüştürmektedir. Bu da, özellikle tasarım doğrulama ve kullanıcı odaklı değerlendirme süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır.

2.3. İnsan–Makine Etkileşimi (HMI)

İnsan–makine etkileşimi (Human–Machine Interaction – HMI), kullanıcıların teknolojik sistemlerle nasıl iletişim kurduğunu ve bu sistemleri nasıl algıladığını inceleyen disiplinlerarası bir alandır. Bu alan, ergonomi, bilişsel psikoloji ve tasarım prensiplerini bir araya getirerek kullanıcı ile sistem arasındaki etkileşimin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir (Schleidgen vd., 2023).

Geleneksel sistemlerde etkileşim çoğunlukla klavye, fare veya dokunmatik ekran gibi iki boyutlu arayüzler üzerinden gerçekleşirken, VR ortamlarında bu etkileşim biçimi değişmektedir. Kullanıcılar, sanal ortamlarda el hareketleri, beden konumları ve uzamsal navigasyon aracılığıyla sistemle doğrudan etkileşime girmektedir. Bu da, etkileşimi daha doğal ve sezgisel hale getirmekte, ancak tasarım açısından yeni gereksinimler ortaya çıkarmaktadır (Roupe vd., 2014).

Etkileşim tasarımında en önemli unsurlardan biri, kullanıcıların sistemi nasıl algıladığı ve kontrol ettiği ile ilgilidir. Sezgisel arayüzler, kullanıcıların sistemi öğrenme sürecini kolaylaştırırken, tutarlı geri bildirim mekanizmaları etkileşim kalitesini artırmaktadır. Özellikle karmaşık endüstriyel sistemlerde, kullanıcı hatalarının azaltılması ve güvenli kullanımın sağlanması açısından etkileşim tasarımı üzerinde özellikle durulmaktadır (Matsas ve Vosniakos, 2017).

2.4. VR Ortamlarında Kullanıcı Deneyimi

Kullanıcı deneyimi (User Experience – UX), bireyin bir sistemle etkileşimi sırasında ve sonrasında oluşan algı, duygu ve değerlendirmelerin bütününü ifade etmektedir. VR ortamlarında kullanıcı deneyimi, geleneksel dijital sistemlere kıyasla daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun temel nedeni, VR'nin kullanıcıyı, üç boyutlu bir ortamın içine yerleştirmesidir (Yusof vd., 2022).

VR deneyiminin en önemli bileşenlerinden biri "var olma hissi" olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram, kullanıcının kendisini sanal ortamın bir parçası olarak algılaması durumunu ifade etmektedir. Var olma hissinin güçlü olması, kullanıcı deneyiminin olumlu değerlendirilmesinde etkili bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Bu hissin oluşumunda görsel tutarlılık, düşük gecikme süresi ve doğru etkileşim geri bildirimleri değerlendirilmektedir (Wiepke ve Heinemann, 2024).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Kullanıcı deneyiminin değerlendirilmesinde etkileşim akışı ve kontrol hissi de önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Kullanıcının gerçekleştirdiği eylemlerin öngörülebilir sonuçlar üretmesi ve sistemin bu eylemlere tutarlı tepkiler vermesi, deneyimin kalitesini artırmaktadır. Aksi durumda kullanıcı, sistem üzerinde kontrol kaybı yaşayarak olumsuz bir deneyim algısı geliştirebilmektedir (Smits vd., 2023).

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma, endüstriyel bir manipülatör makinenin sanal gerçeklik (VR) ortamında etkileşimli olarak simüle edilmesini ve geliştirilen sistemin kullanıcı deneyimi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesini amaçlayan uygulama temelli bir araştırma olarak tasarlanmıştır. Araştırma modeli, teknik geliştirme süreci ile kullanıcı odaklı değerlendirme aşamalarını birlikte içeren bütünleşik bir yapıdadır. Bu kapsamda çalışma, bir yandan gerçek sistemden türetilen üç boyutlu modelin VR ortamında yeniden yapılandırılmasını, diğer yandan kullanıcıların bu ortamla etkileşimlerinin analiz edilmesini içermektedir.

Araştırma iki temel bileşen üzerinden ilerlemektedir. İlk aşamada, endüstriyel makinenin dijital modeli oluşturularak VR ortamına aktarılmış ve etkileşimli bir simülasyon geliştirilmiştir. İkinci aşamada ise geliştirilen bu simülasyon, kullanıcılar tarafından deneyimlenmiş ve elde edilen veriler üzerinden kullanıcı deneyimi değerlendirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, mühendislik temelli sistem geliştirme yaklaşımı ile nicel ve nitel veri analizine dayalı kullanıcı araştırmasını bir araya getiren karma bir model sunmaktadır.

3.2. Çalışma Kapsamı ve Sınırlılıkları

Araştırma, üretim ortamında aktif olarak kullanılan bir manipülatör makinenin sanal gerçeklik ortamında simülasyonu ile sınırlandırılmıştır. Çalışma kapsamında makinenin geometrik yapısı, temel hareket kabiliyetleri ve çalışma prensibi VR ortamında temsil edilmiş, kullanıcı etkileşimi bu çerçevede değerlendirilmiştir.

Simülasyonun amacı, yüksek hassasiyetli mühendislik analizleri gerçekleştirmekten ziyade, kullanıcıların makineyi deneyimleyebildiği etkileşimli bir ortam sunmaktır. Bu nedenle, sistemin fiziksel kontrol altyapısını oluşturan PLC programları, sensör verileri ve gerçek zamanlı endüstriyel kontrol entegrasyonu çalışmaya dahil edilmemiştir.

Ayrıca, VR ortamında kullanılacak modelin gerçek zamanlı performansı göz önünde bulundurularak bazı geometrik detaylar sadeleştirilmiştir. Bu durum, görsel doğruluğun belirli ölçüde optimize edilmesini gerektirmiştir. Çalışma, belirli bir katılımcı grubu ile sınırlı olup elde edilen bulgular bu örneklem çerçevesinde değerlendirilmiştir.

3.3. Kullanılan Donanım ve Yazılım Altyapısı

Çalışmada geliştirilen VR tabanlı simülasyonun oluşturulması ve çalıştırılması sürecinde, farklı yazılım ve donanım bileşenlerinden oluşan entegre bir sistem kullanılmıştır. Bu sistem, üç boyutlu modelleme, geometri optimizasyonu ve gerçek zamanlı etkileşim süreçlerini destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.3.1. VR Donanımı (Meta Quest 3)

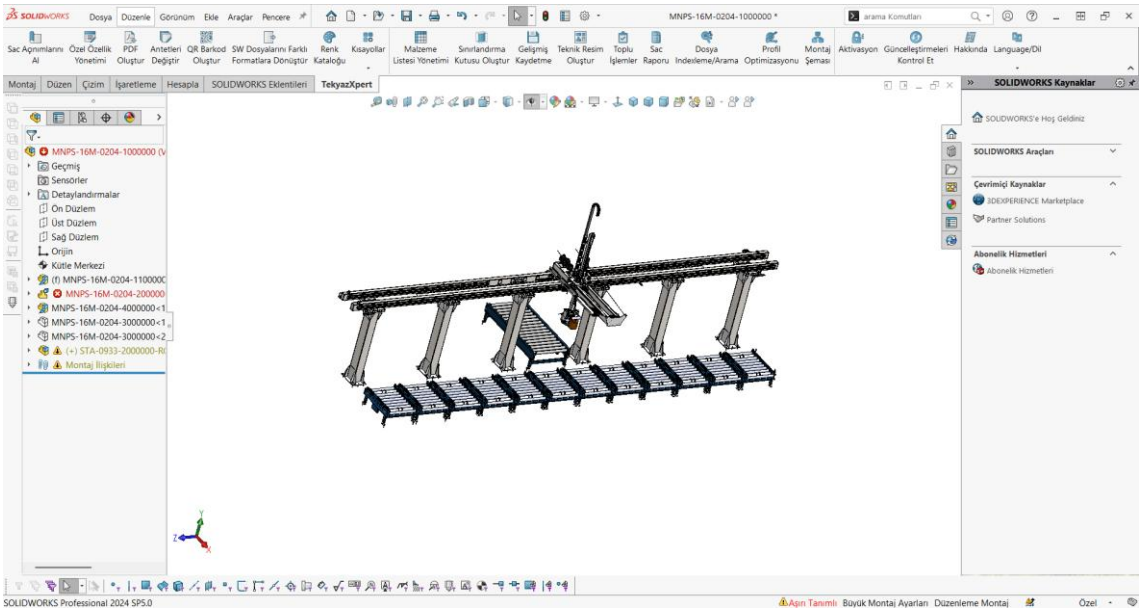
Sanal gerçeklik ortamının deneyimlenmesi amacıyla Meta Quest 3 başa takılan görüntüleme cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, yüksek çözünürlüklü ekran yapısı ve gelişmiş hareket izleme özellikleri sayesinde kullanıcıya sürükleyici bir deneyim sunmaktadır.

Cihazın sunduğu el kontrolcüleri aracılığıyla kullanıcılar, sanal ortamda yer alan nesnelerle doğrudan etkileşime girebilmekte, makine bileşenlerini kavrama, taşıma ve kontrol etme gibi işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Bu özellik, özellikle insan–makine etkileşiminin doğal ve sezgisel biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır.

3.3.2. Modelleme ve Geliştirme Araçları (SolidWorks, Blender, Unity)

Endüstriyel makinenin üç boyutlu modeli, CAD tabanlı bir yazılım olan SolidWorks kullanılarak oluşturulmuştur. Bu aşamada makinenin tüm bileşenleri parametrik olarak modellenmiş ve montaj yapısı içerisinde birleştirilmiştir.

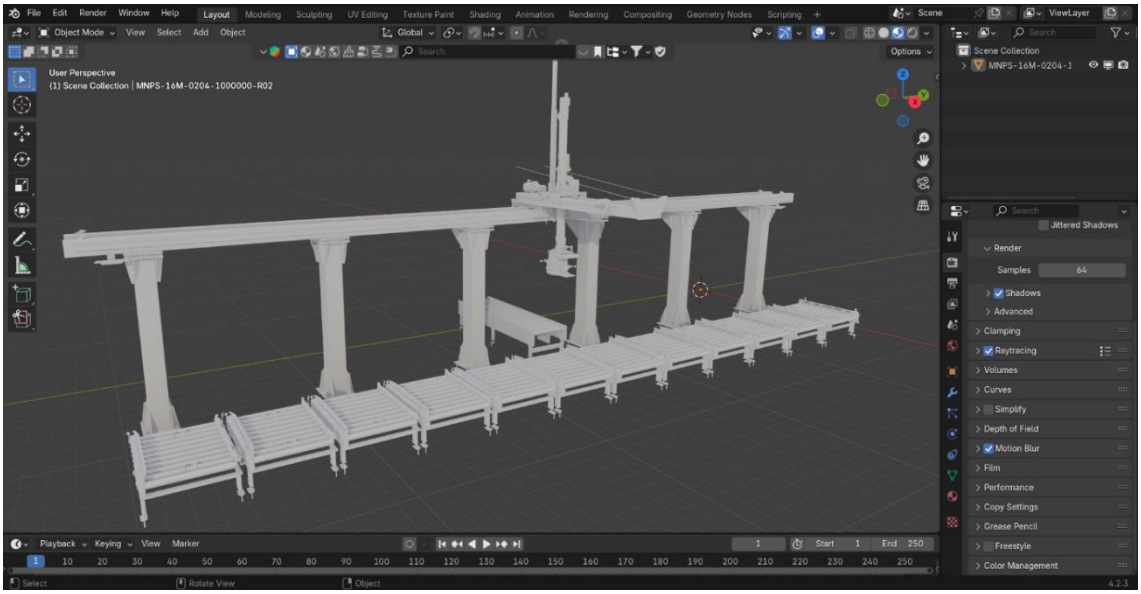
Görsel 1. Montaj modelinin SolidWorks ortamındaki genel görünümü



Elde edilen model, gerçek zamanlı simülasyon ortamına uygun hale getirilmek amacıyla Blender yazılımına aktarılmıştır. Bu aşamada geometri sadeleştirme, yüzey optimizasyonu ve materyal düzenlemeleri gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Görsel 2. Blender ortamına aktarılan model ve sadeleştirme süreci



Optimize edilen model, Unity oyun motoruna aktarılmış ve burada etkileşimli simülasyon ortamı oluşturulmuştur. Unity platformunda fiziksel etkileşimler tanımlanmış ve C# programlama dili kullanılarak kullanıcı etkileşimleri kurgulanmıştır.

3.4. Endüstriyel Makinenin Teknik Özellikleri

Çalışmada simüle edilen sistem, üretim hattında kullanılan bir manipülatör makinedir. Bu makine, konveyör hattı üzerinden gelen fiber glass iplik bobinlerini algılayarak belirlenen paletlere yerleştirme görevini yerine getirmektedir.

Makine üç doğrusal eksen (X, Y, Z) ve bir döner eksen olmak üzere çok eksenli bir hareket yapısına sahiptir. Uç efektör kısmı ±180 derece dönebilmekte ve farklı yönelimlerde kavrama işlemi gerçekleştirebilmektedir. Sistem, servo motorlar ve PLC tabanlı kontrol mekanizması ile çalışmakta olup yüksek hassasiyetli hareket kabiliyetine sahiptir.

3.5. VR Simülasyonunun Geliştirilme Süreci

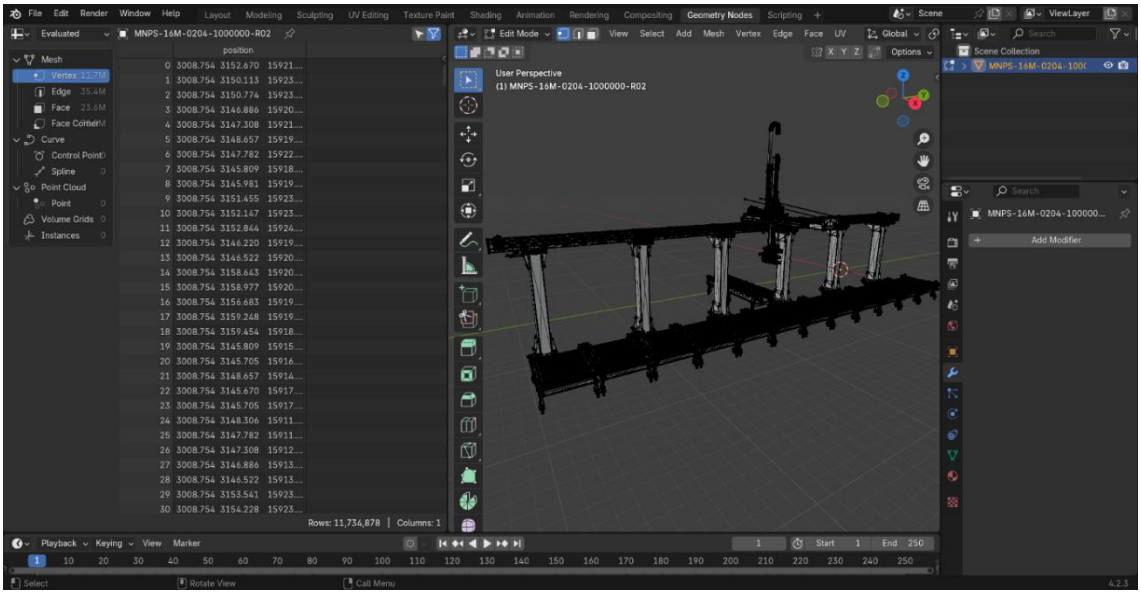
VR simülasyonunun geliştirilmesi, çok aşamalı bir model dönüşüm süreci üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, CAD modelinin oluşturulması, geometri optimizasyonu ve gerçek zamanlı etkileşim ortamının kurulması aşamalarını içermektedir.

İlk aşamada SolidWorks ortamında oluşturulan model, uygun dosya formatlarında dışa aktarılmıştır. Bu aşamada modelin ölçek doğruluğu ve bileşen hiyerarşisi korunmuştur.

İkinci aşamada Blender yazılımı kullanılarak modelin poligon sayısı optimize edilmiş, gereksiz detaylar sadeleştirilmiş ve VR ortamında akıcı çalışmayı sağlayacak düzenlemeler yapılmıştır.

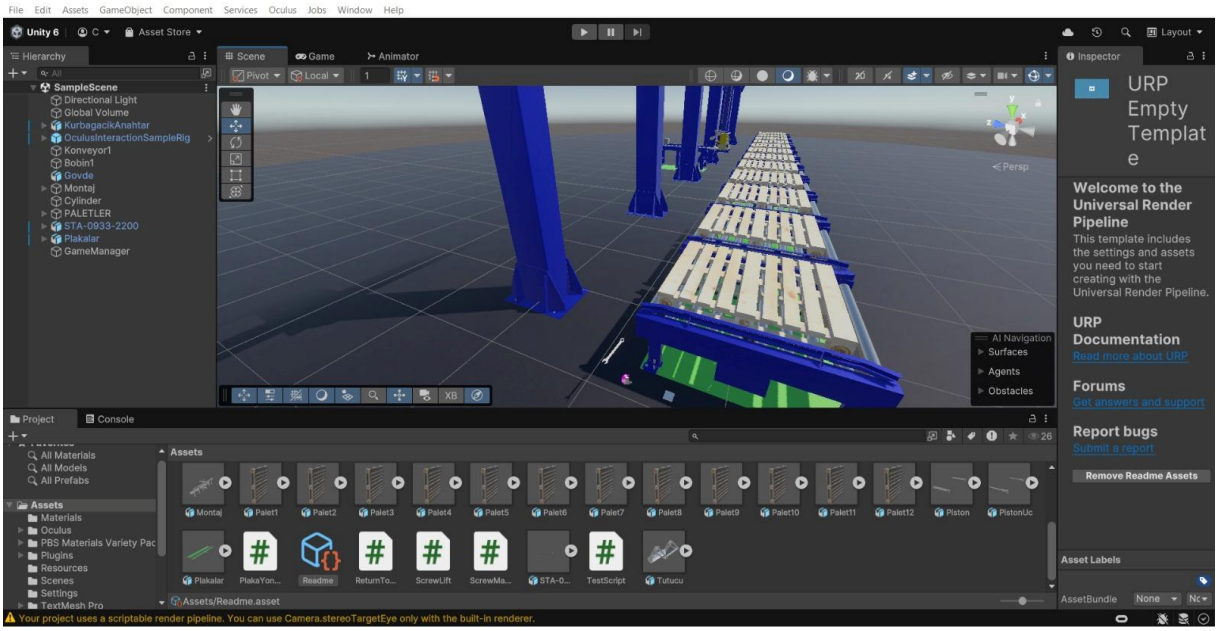
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Görsel 3. Geometri sadeleştirme ve mesh düzenleme



Son aşamada model Unity ortamına aktarılmış ve etkileşimli simülasyon geliştirilmiştir. Bu aşamada kullanıcı hareketlerine bağlı olarak çalışan kontrol mekanizmaları tanımlanmış ve sistem davranışları programlanmıştır.

Görsel 4. Unity ortamında geliştirilen VR tabanlı endüstriyel simülasyon sistemi

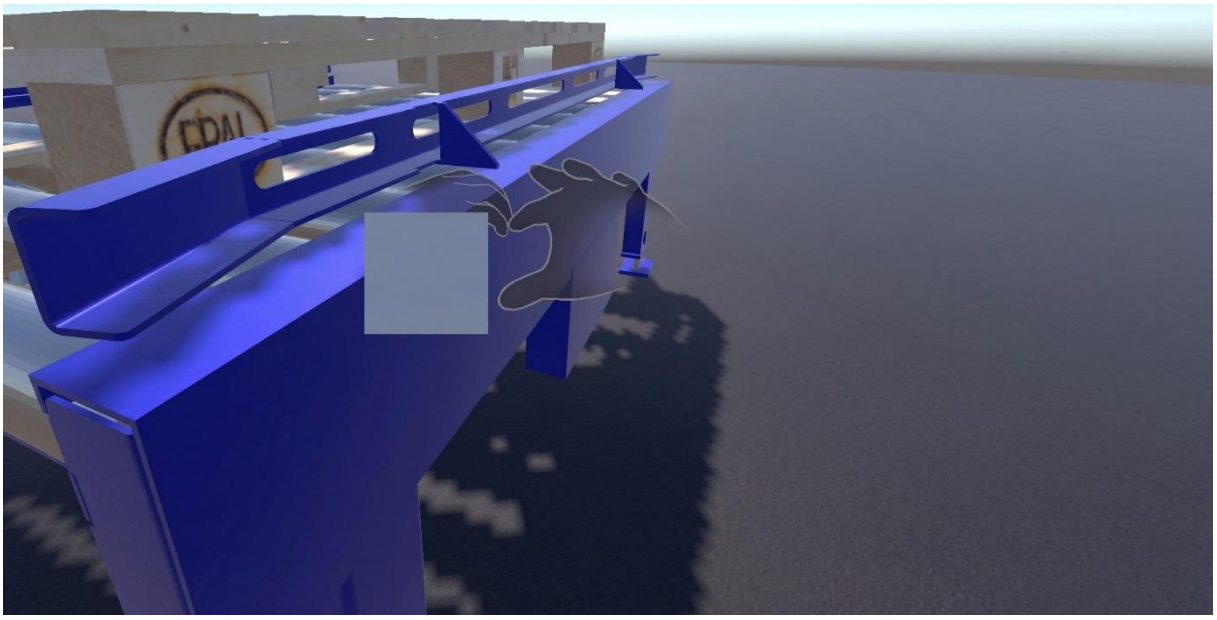


3.6. Kullanıcı Çalışması ve Veri Toplama Süreci

Geliştirilen VR simülasyonun değerlendirilmesi amacıyla 66 katılımcı ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, belirlenen senaryolar doğrultusunda simülasyonu deneyimlemiş ve makine ile etkileşime girmiştir.

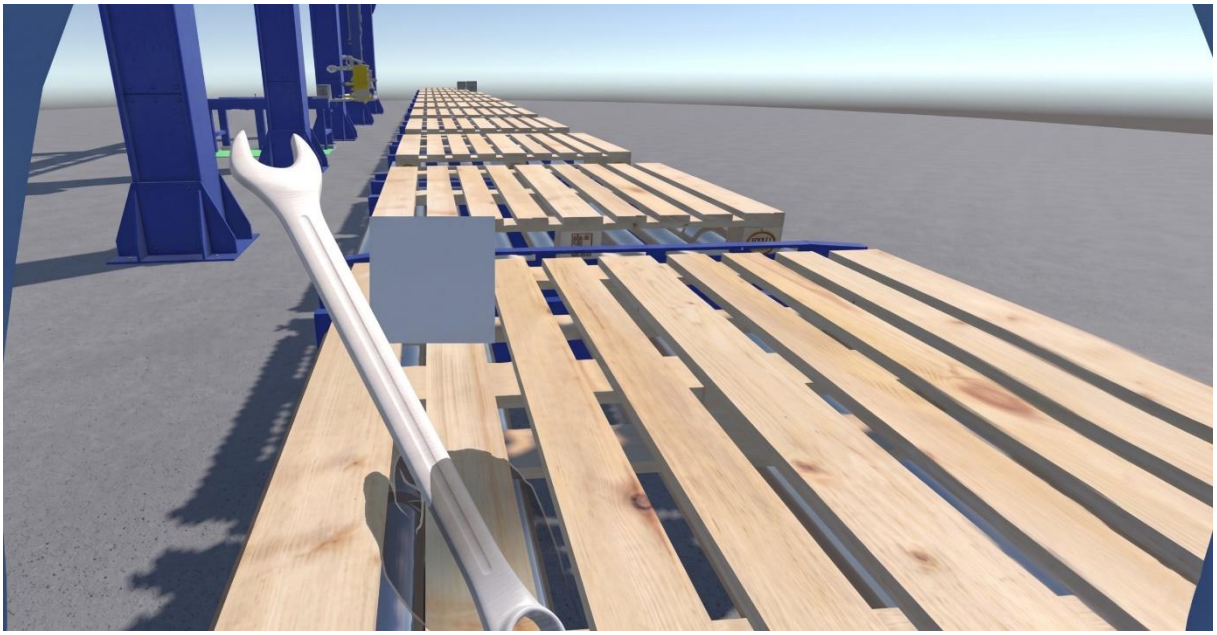
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Görsel 5. Unity tabanlı VR ortamında kullanıcı–makine etkileşimi



Katılımcılar, belirlenen senaryolar doğrultusunda simülasyonu deneyimlemiş ve makine ile etkileşime girmiştir.

Görsel 6. VR simülasyonunda araç kullanımı ve görev tabanlı kullanıcı etkileşimi



Veri toplama sürecinde üç farklı araç kullanılmıştır: Demografik bilgi formu, Likert tipi kullanıcı deneyimi ölçeği, Açık uçlu değerlendirme soruları.

Kullanıcılar, simülasyon deneyiminin ardından bu formları doldurarak geri bildirim sağlamıştır. Bu sayede hem nicel hem de nitel veri elde edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.7. Verilerin Analizi

Elde edilen nicel veriler SPSS 27.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde öncelikle ölçeğin güvenirliği Cronbach Alpha katsayısı ile değerlendirilmiştir. Ardından tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış ve katılımcıların genel eğilimleri belirlenmiştir. Gruplar arası farklılıkları incelemek amacıyla karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiş, değişkenler arasındaki ilişkiler ise korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir.

Nitel veriler ise tematik analiz yöntemiyle incelenmiş, katılımcıların görüşleri belirli temalar altında sınıflandırılmıştır. Bu analiz, kullanıcı deneyiminin daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

4. BULGULAR

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Araştırmaya toplam 66 katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde, farklı yaş gruplarından ve teknik deneyim düzeylerinden bireylerin çalışmaya katılım sağladığı görülmektedir. Bu çeşitlilik, VR tabanlı simülasyonun farklı kullanıcı profilleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Katılımcıların yaş, eğitim düzeyi, teknik deneyim ve VR kullanım geçmişine ilişkin dağılımları analiz edilmiş ve frekans ile yüzde değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, örneklemin homojen bir yapıya sahip olmadığını, aksine farklı deneyim seviyelerini temsil ettiğini göstermektedir.

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özellikleri

Değişken	Kategori	n	%
Yaş Grubu	18–24	32	48,5
	25–34	29	43,9
	35–44	3	4,5
	45 ve üzeri	2	3,0
Cinsiyet	Kadın	30	45,5
	Erkek	36	54,5
Eğitim Durumu	Lisans Öğrencisi	27	40,9
	Lisans Mezunu	18	27,3
	Y. Lisans Öğrencisi	10	15,2
	Y. Lisans Mezunu	5	7,6
	Diğer	6	9,1
Teknik Deneyim	Evet	32	48,5
	Hayır	34	51,5
VR Kullanımı	Evet	37	56,1

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

	Hayır	29	43,9
Endüstri Deneyimi	Evet	21	31,8
	Hayır	45	68,2

Bu dağılım, elde edilen sonuçların farklı kullanıcı grupları açısından yorumlanabilmesini mümkün kılmaktadır.

4.2. Ölçeğin Güvenirlik Analizi

Araştırmada kullanılan kullanıcı deneyimi ölçeğinin iç tutarlılığını değerlendirmek amacıyla Cronbach Alpha güvenirlik analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen katsayıların kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğu belirlenmiş ve ölçeğin güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 2. Güvenirlik analizi sonuçları

Boyut	**Madde Sayısı**	**Cronbach's Alpha**
Algılanan Kullanılabilirlik ve Etkileşim (A)	3	0,586
Mekânsal Algı ve Gerçekçilik (B)	3	0,741
Öğrenme ve Anlama Düzeyi (C)	3	0,703
Genel Kullanıcı Deneyimi (D)	3	0,612

Alt boyutlar bazında incelenen güvenirlik değerleri, ölçeğin farklı boyutlarının da tutarlı ölçümler sağladığını göstermektedir. Bu durum, elde edilen nicel verilerin istatistiksel analizler açısından güvenilir bir temel oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

4.3. Tanımlayıcı İstatistikler

VR tabanlı simülasyona ilişkin kullanıcı deneyimi boyutları incelendiğinde, genel olarak yüksek ortalama değerler elde edildiği görülmüştür. Özellikle mekânsal algı, gerçekçilik ve öğrenme/anlama boyutlarında katılımcıların olumlu değerlendirmelerde bulunduğu belirlenmiştir.

Katılımcıların simülasyon ortamını gerçekçi buldukları, makinenin çalışma prensibini anlamada VR uygulamasının destekleyici bir rol oynadığı ve etkileşimli yapının öğrenme sürecini kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Buna karşılık, bazı kullanıcıların etkileşim kontrolü ve yön bulma süreçlerinde sınırlı düzeyde zorluk yaşadığı görülmüştür.

Çizelge 3. Boyutlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Boyut	**N**	**Min**	**Max**	**Ortalama**	**SS**
Algılanan Kullanılabilirlik ve Etkileşim	66	2,00	5	4,28	0,63

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Mekânsal Algı ve Gerçekçilik	66	3,33	5	4,64	0,46
Öğrenme ve Anlama Düzeyi	66	3,33	5	4,66	0,44
Genel Kullanıcı Deneyimi	66	3,00	5	4,58	0,49

Bu bulgular, VR ortamının kullanıcı deneyimi açısından genel olarak olumlu bir etki yarattığını, ancak etkileşim tasarımına yönelik geliştirme alanlarının da bulunduğunu göstermektedir.

4.4. Grup Karşılaştırmaları

Katılımcıların VR deneyimi, teknik bilgi düzeyi ve endüstriyel deneyimlerine göre kullanıcı deneyimi boyutlarında farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, VR deneyimine sahip olan katılımcıların simülasyonu daha rahat kullandığı ve daha yüksek deneyim puanları verdiği gözlemlenmiştir.

Benzer şekilde teknik bilgi düzeyi yüksek olan katılımcıların, sistemin çalışma mantığını daha hızlı kavradığı ve etkileşim süreçlerinde daha az zorlandığı belirlenmiştir. Buna karşılık, deneyimsiz kullanıcıların özellikle kontrol mekanizmalarına alışma sürecinde daha fazla zaman harcadığı görülmüştür.

Çizelge 4. VR kullanımına göre karşılaştırmalar

Boyut	**VR Evet (Ort.)**	**VR Hayır (Ort.)**	**t**	**p**
A	4,18	4,39	-2,08	0,041
B	4,52	4,79	-2,96	0,004
C	4,55	4,81	-2,41	0,019
D	4,47	4,73	-2,63	0,011

Çizelge 5. Teknik deneyime göre karşılaştırmalar

Boyut	**Teknik Var (Ort.)**	**Teknik Yok (Ort.)**	**p**
A	4,35	4,18	0,044
B	4,63	4,66	0,712
C	4,64	4,68	0,684
D	4,61	4,54	0,438

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bulgular kullanıcı deneyiminin bireysel özelliklerden etkilendiğini ve VR sistemlerinin tasarımında farklı kullanıcı profillerinin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.5. Korelasyon Analizi

Araştırmada kullanıcı deneyimi boyutları arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, özellikle gerçekçilik algısı ile öğrenme/anlama düzeyi arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde mekânsal algı ile kullanıcı memnuniyeti arasında da güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Bu bulgular, VR ortamında algılanan gerçekçiliğin ve mekânsal deneyimin, genel kullanıcı deneyimi üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 6. Korelasyon analizi sonuçları

	A	**B**	**C**	**D**
A	1	0,452**	0,341*	0,512**
B	0,452**	1	0,716**	0,547**
C	0,341*	0,716**	1	0,563**
D	0,512**	0,547**	0,563**	1

* $p < 0,05$
** $p < 0,01$

Elde edilen bulgular, VR simülasyonlarının tasarımında görsel doğruluk ve etkileşim kalitesinin birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir.

4.6. Açık Uçlu Sorulara İlişkin Bulgular

Açık uçlu sorular aracılığıyla elde edilen nitel veriler tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Katılımcıların ifadeleri incelendiğinde üç temel tema öne çıkmaktadır: algılanan faydalar, karşılaşılan zorluklar ve kullanım alanları.

Çizelge 7. Açık uçlu sorulara ilişkin tematik analiz sonuçları

Soru Türü	**Tema**	**f**	**%**
Algılanan Faydalar	Gerçek boyutta gözlem / gerçekçilik	29	43,9
	Üretim öncesi hata tespiti	26	39,4
	Birebir etkileşim / manipülasyon	24	36,4
	Çalışma prensibini daha iyi anlama	21	31,8
	Eğitim / oryantasyon katkısı	19	28,8
Zorlanılan Noktalar	Hareket ve yön bulma zorluğu	25	37,9
	Kavrama / araç kullanımı zorluğu	18	27,3
	Zorlanmadığını belirtenler	14	21,2

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

	Baş dönmesi / fiziksel rahatsızlık	9	13,6
Kullanım Alanları	Üretim öncesi test / hata önleme	30	45,5
	Eğitim ve operatör eğitimi	27	40,9
	Tasarım doğrulama / revizyon	24	36,4
	Tanıtım / pazarlama / fuar	22	33,3
	Erken prototipleme / maliyet tasarrufu	19	28,8

Algılanan faydalar kapsamında katılımcılar, VR simülasyonunun makinenin çalışma prensibini anlamayı kolaylaştırdığını, gerçek boyutta deneyim imkânı sunduğunu ve eğitim süreçlerinde etkili bir araç olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, sistemin üretim öncesi hata tespiti açısından da kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Karşılaşılan zorluklar incelendiğinde, bazı katılımcıların yön bulma, kontrol mekanizmalarına alışma ve etkileşim hassasiyeti konularında zorlandığı görülmüştür. Bu durum, etkileşim tasarımının kullanıcı dostu hale getirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Kullanım alanlarına ilişkin değerlendirmelerde ise VR simülasyonlarının eğitim, bakım süreçleri, tasarım doğrulama ve operatör eğitimi gibi alanlarda etkin biçimde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Bu bulgular, VR tabanlı simülasyonların kullanıcı deneyimini geliştiren çok yönlü bir sistem olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, sanal gerçeklik (VR) tabanlı simülasyonların yalnızca görsel bir temsil aracı olmanın ötesine geçerek kullanıcı deneyimi ve öğrenme süreçleri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Katılımcıların genel değerlendirmeleri, geliştirilen sistemin yüksek düzeyde kabul gördüğünü ve özellikle mekânsal algı ile gerçekçilik boyutlarında güçlü bir deneyim sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, VR teknolojisinin kullanıcıların üç boyutlu sistemleri kavrama süreçlerini desteklediğine yönelik literatürde yer alan bulgularla paralellik göstermektedir (Radianti et al., 2020).

Elde edilen sonuçlar, VR ortamında sunulan etkileşimli deneyimin, kullanıcıların makine sistemlerini yalnızca gözlemlemekle kalmayıp aktif olarak deneyimlemelerine imkân tanıdığını göstermektedir. Bu aktif katılımın, öğrenme ve anlama düzeyini artırdığı yönündeki bulgular, deneyimsel öğrenme kuramı ile de örtüşmektedir. Özellikle karmaşık sistemlerin anlaşılmasında kullanıcıların doğrudan etkileşim kurabilmesi, bilişsel yükün azaltılmasına ve öğrenme sürecinin hızlanmasına katkı sağlamaktadır (Makransky & Petersen, 2019).

Araştırma bulgularında dikkat çeken bir diğer unsur, gerçekçilik algısı ile öğrenme düzeyi arasında belirlenen pozitif ilişkidir. Bu durum, VR ortamlarında algılanan varlık hissinin (presence) kullanıcı deneyimi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Literatürde de benzer şekilde, yüksek düzeyde varlık hissi sunan sistemlerin kullanıcı performansını ve memnuniyetini artırdığı ifade edilmektedir (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Bu bağlamda,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

çalışmada elde edilen bulgular, VR simülasyonlarının tasarımında görsel doğruluk ve etkileşim kalitesinin birlikte ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Grup karşılaştırmalarına ilişkin bulgular, kullanıcı deneyiminin bireysel özelliklerden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle daha önce VR deneyimi bulunan katılımcıların sistemle daha hızlı uyum sağladığı ve etkileşim süreçlerinde daha az zorluk yaşadığı belirlenmiştir. Kullanıcı deneyiminin kullanıcıların önceki deneyimleriyle de şekillendiğini göstermektedir. Bu da, VR uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte kullanıcı adaptasyonunun da artacağını öngören çalışmalarla uyumludur (Jerald, 2015).

Nitel bulgular incelendiğinde, katılımcıların VR simülasyonunu özellikle eğitim ve ön test süreçleri açısından faydalı bulduğu görülmektedir. Katılımcılar, sistemin makineyi gerçek boyutlarıyla deneyimleme imkânı sunduğunu ve üretim öncesinde olası hataların tespit edilmesine katkı sağlayabileceğini ifade etmiştir. Bu değerlendirmeler, dijital prototipleme ve sanal test ortamlarının endüstriyel tasarım süreçlerindeki rolünü vurgulayan çalışmalarla örtüşmektedir (Berg & Vance, 2017).

Bununla birlikte, bazı kullanıcıların etkileşim kontrolü ve yön bulma süreçlerinde zorluk yaşadığı belirlenmiştir. Bu durum, VR ortamlarında etkileşim tasarımının kullanıcı dostu ve sezgisel olması gerektiğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Literatürde, karmaşık veya yeterince optimize edilmemiş etkileşim mekanizmalarının kullanıcı deneyimini olumsuz etkileyebileceği ve hatta sistemin kullanımını sınırlandırabileceği belirtilmektedir (Bowman & McMahan, 2007). Bu bağlamda, çalışmada tespit edilen sınırlı zorluklar, gelecekteki tasarım iyileştirmeleri için önemli bir geri bildirim niteliği taşımaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, endüstriyel bir manipülatör makinenin sanal gerçeklik (VR) ortamında etkileşimli olarak simüle edilmesi ve kullanıcıların bu sistemle kurduğu etkileşimin deneyim boyutunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen VR tabanlı simülasyonun kullanıcılar tarafından deneyimlenmesi sonucunda elde edilen bulgular, sistemin genel olarak yüksek düzeyde kabul gördüğünü ve kullanıcı deneyimi açısından olumlu bir etki yarattığını ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçları, VR teknolojisinin endüstriyel sistemlerin anlaşılması, öğrenilmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle mekânsal algı ve gerçekçilik boyutlarında elde edilen yüksek değerler, kullanıcıların sanal ortamı gerçek sisteme yakın bir deneyim olarak algıladığını ortaya koymaktadır. Bu durum, karmaşık makine sistemlerinin kullanıcı tarafından daha hızlı ve etkin bir şekilde kavranmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, etkileşimli yapı sayesinde kullanıcıların pasif gözlemci konumundan çıkarak aktif katılımcı haline gelmesi, öğrenme sürecinin niteliğini artıran önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, VR tabanlı simülasyonların kullanıcı deneyimi odaklı bir değerlendirme aracı olarak ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Kullanıcıların sistemle kurduğu etkileşimler, tasarım süreçlerine doğrudan geri bildirim sağlayarak ürün geliştirme

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

aşamalarında daha kullanıcı odaklı kararların alınmasına katkı sunmaktadır. Bu yönüyle VR uygulamaları, dijital prototipleme süreçlerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilebilir.

Çalışmada belirlenen sınırlılıklar da göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte yapılacak araştırmalar için çeşitli öneriler sunulabilir. Öncelikle, VR simülasyonlarının gerçek endüstriyel kontrol sistemleriyle (örneğin PLC ve sensör verileri) entegre edilmesi, sistemin doğruluğunu ve uygulama alanını genişletebilir. Ayrıca, farklı makine türleri ve daha geniş kullanıcı grupları ile gerçekleştirilecek çalışmalar, elde edilen bulguların genellenebilirliğini artıracaktır.

Bunun yanı sıra, kullanıcıların etkileşim sürecinde yaşadığı zorlukların azaltılması amacıyla daha sezgisel kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi ve arayüz tasarımının iyileştirilmesi önerilmektedir. Özellikle yön bulma, nesne manipülasyonu ve geri bildirim mekanizmalarının optimize edilmesi, kullanıcı deneyiminin daha da geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Adnan, M. F., Daud, M. F., & Saud, M. S. (2014, April). Contextual knowledge in three dimensional Computer Aided Design (3D CAD) modeling: a literature review and conceptual framework. In 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering (pp. 176-181). IEEE.

Angelov, V., Petkov, E., Shipkovenski, G., & Kalushkov, T. (2020, June). Modern virtual reality headsets. In 2020 International congress on human-computer interaction, optimization and robotic applications (HORA) (pp. 1-5). IEEE.

Berg, L. P., & Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. Virtual Reality, 21(1), 1-17.

Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough?. Computer, 40(7), 36-43.

Jerald, J. (2015). The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality (ACM Books) (Illustrated ed.). Morgan & Claypool Publishers.

Kim, Y. M., Rhiu, I., & Yun, M. H. (2020). A systematic review of a virtual reality system from the perspective of user experience. International Journal of Human–Computer Interaction, 36(10), 893-910.

Korkut, E. H., & Surer, E. (2023). Visualization in virtual reality: a systematic review. Virtual Reality, 27(2), 1447-1480.

Li, X., Fan, D., Feng, J., Lei, Y., Cheng, C., & Li, X. (2025). Systematic review of motion capture in virtual reality: Enhancing the precision of sports training. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 17(1), 5-27.

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019). Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach. Computers & Education, 134, 15-30.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Matsas, E., & Vosniakos, G. C. (2017). Design of a virtual reality training system for human–robot collaboration in manufacturing tasks. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 11(2), 139-153.

McElroy, K. (2016). Prototyping for designers: Developing the best digital and physical products. " O'Reilly Media, Inc.".

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. Computers & education, 147, 103778.

Roupé, M., Bosch-Sijtsema, P., & Johansson, M. (2014). Interactive navigation interface for virtual reality using the human body. Computers, Environment and Urban Systems, 43, 42-50.

Rubio-Tamayo, J. L., Gertrudix Barrio, M., & García García, F. (2017). Immersive environments and virtual reality: Systematic review and advances in communication, interaction and simulation. Multimodal technologies and interaction, 1(4), 21.

Schleidgen, S., Friedrich, O., Gerlek, S., Assadi, G., & Seifert, J. (2023). The concept of "interaction" in debates on human–machine interaction. Humanities and Social Sciences Communications, 10(1), 551.

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI, 3, 74.

Smits, A., Detweiler, C., Bartels, E., Pott, K., van Der Stappen, E., Van Rossen, S., ... & Van Turhout, K. (2023, August). Assessing the utility of an interaction qualities framework in systematizing the evaluation of user control. In IFIP conference on human-computer interaction (pp. 185-195). Cham: Springer Nature Switzerland.

Wiepke, A., & Heinemann, B. (2024). A systematic literature review on user factors to support the sense of presence in virtual reality learning environments. Computers & Education: X Reality, 4, 100064.

Yusof, N., Hashim, N. L., & Hussain, A. (2022). A conceptual user experience evaluation model on online systems. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13(1).

Zhang, L., Zhou, L., Ren, L., & Laili, Y. (2019). Modeling and simulation in intelligent manufacturing. Computers in Industry, 112, 103123.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

YER HAREKETİ SÜRESİNİN FARKLI YÜKSEKLİKLERE SAHİP ÇELİK ÇERÇEVE YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERKEK

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Karacaoglan Campus, 80000, Osmaniye, Türkiye,

hakanerkek@osmaniye.edu.tr-0000-0001-6008-9586

Beyza KARAYİĞİT

beyzakarayigit@gmail.com- 0009-0004-8947-0566

ÖZET

Deprem yer hareketlerinin yapı davranışı üzerindeki etkisi yalnızca maksimum ivme veya spektral büyüklüklerle sınırlı olmayıp, süre ve enerji içerikli parametreler de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle uzun süreli yer hareketlerinin, yapıların kümülatif hasar davranışı ve enerji tüketimi üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında 1, 3, 5, 7 ve 9 katlı çelik çerçeve sistemler modellenmiş ve analizler doğrusal olmayan zaman tanım alanında gerçekleştirilmiştir. Yapıların sismik davranışını değerlendirmek amacıyla, PEER ve TADAS veri tabanlarından seçilen 20 adet gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Bu kayıtlar, D5–95 önemli süre parametresi esas alınarak hem orijinal hem de kısaltılmış deprem kayıtları şeklinde düzenlenmiştir. Böylece, deprem süresinin yapı davranışı üzerindeki etkisi izole bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, deprem süresinin özellikle orta ve yüksek katlı yapılarda daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Uzun süreli yer hareketleri altında, yapıların maruz kaldığı çevrim sayısı artmakta ve buna bağlı olarak plastik şekil değiştirme talepleri ve kümülatif hasar düzeyi yükselmektedir. Buna karşın, düşük katlı yapılarda deprem süresi etkisinin daha sınırlı olduğu, ancak tamamen ihmal edilemeyeceği görülmüştür. Sonuç olarak, performansa dayalı sismik tasarım ve değerlendirme çalışmalarında yalnızca genlik temelli parametrelerin değil, deprem süresi ve enerji içeriğinin de dikkate alınması gerektiği ortaya konulmuştur. Deprem süresinin ihmal edilmesi durumunda yapı performansının olduğundan daha güvenli tahmin edilebileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yer hareketi süresi, doğrusal olmayan zaman tanım analizi, sismik tepki, çelik çerçeve yapılar, yapı yüksekliği

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EFFECT OF GROUND MOTION DURATION ON THE NONLINEAR RESPONSE OF STEEL FRAME BUILDINGS WITH DIFFERENT HEIGHTS

ABSTRACT

The seismic response of structures is influenced not only by peak ground acceleration or spectral amplitudes but also by duration- and energy-related characteristics of ground motions. In particular, long-duration ground motions are known to significantly affect cumulative damage and energy dissipation in structures. In this study, steel frame buildings with 1, 3, 5, 7 and 9 stories were modeled, and their behavior was evaluated using nonlinear time history analyses. A total of 20 real ground motion records selected from the PEER and TADAS databases were used to assess structural performance. These records were processed based on the D5–95 significant duration definition and modified to generate both original (long-duration) and shortened (truncated) versions. This approach allows for an isolated evaluation of the influence of ground motion duration on structural response. The results indicate that the effect of ground motion duration becomes more pronounced in mid- and high-rise buildings. Under long-duration ground motions, structures are subjected to a higher number of loading cycles, leading to increased inelastic deformation demands and cumulative damage. In contrast, low-rise buildings exhibit relatively less sensitivity to duration effects, although the influence is not negligible. In conclusion, the findings highlight the importance of considering ground motion duration and energy content in performance-based seismic design and assessment. Relying solely on amplitude-based parameters may lead to unconservative estimations of structural performance when duration effects are neglected.

Keywords: Ground motion duration, nonlinear time history analysis, seismic response, steel frame structures, building height

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

YUMUŞAK/ZAYIF KAT KAVRAMI VE GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Prof. Dr. Ercan IŞIK
Bitlis Eren Üniversitesi, eisik@beu.edu.tr - ORCID: 0000-0001-8057-065X
Doç. Dr. Fatih AVCİL
Bitlis Eren Üniversitesi, favcil@beu.edu.tr - ORCID: 0000-0001-6550-550X
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, absarac@comu.edu.tr - ORCID: 0000-0002-4279-4158

ÖZET

Yüksek sismik riskli bir coğrafyada yer alan Türkiye'de oluşan yıkıcı depremler, mevcut yapı stokunun öngörülen deprem performanslarını sağlamak noktasında yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerin ardından oluşan büyük çaplı yapısal yıkım ve hasarlar, mevcut yapı stokunun deprem güvenliğinin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Bu depremlerin ardından yapılan saha gözlemleri, özellikle betonarme binalarda görülen ağır hasar ve toptan göçme nedenlerinin başında yumuşak/zayıf kat düzensizliklerinin geldiğini ortaya koymuştur. Bu çalışma, sayısal analizlerden ziyade, deprem sonrası bölgeden elde edilen görsel veriler ve saha tespitleri üzerinden bu iki kavramın yapısal davranış üzerindeki yıkıcı etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında; zemin katların ticari kullanım nedeniyle bölme duvarlardan arındırılması veya kat yüksekliğinin diğer katlara oranla fazla tutulması gibi mimari tercihlerin, deprem yükleri altında nasıl bir rijitlik süreksizliği yarattığı irdelenmiştir. Ayrıca, mevcut yapılardaki bu yapısal kusurların giderilmesine yönelik; çelik çaprazlar, betonarme perde eklenmesi ve lifli polimer sargılama gibi güncel güçlendirme stratejileri, uygulama kolaylığı ve mimari estetikle uyumları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, Türkiye'deki yapı denetim ve tasarım süreçlerinde bu düzensizliklerin sadece yönetmelik sınırları içinde değil, uygulama disiplini açısından da ne denli hayati olduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, yumuşak/zayıf kat, yapısal düzensizlik, güçlendirme

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Kentsel yapı stokunun temel taşı olan betonarme yapıların deprem anındaki davranış biçimi; yapısal sistemin geometrik konfigürasyonu, yerel zemin parametrelerinin dinamik karakteristikleri ve depremin karakteristikleri gibi birbiriyle doğrudan ilişkili değişkenlerin bileşkesidir. Kentsel yerleşim birimlerinde nüfusun çok büyük bir kısmının bu tür binalarda yaşamını sürdürüyor olması, yapısal güvenliği ve duyarlılığı hayati bir toplumsal mesele haline getirmektedir. Bu bağlamda, betonarme sistemlerin tasarım aşamasından inşa sürecine kadar depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerine tam uyumla hayata geçirilmesi, yapıların olası bir deprem etkisi altında sergileyeceği performans düzeyini doğrudan belirleyen en kritik faktördür.

Mevcut teknolojik imkanlar dahilinde depremlerin meydana geleceği zamanın önceden hassas bir şekilde tayin edilmesi henüz mümkün görünmediğinden, bu doğa olaylarının yaratacağı tahribatı asgariye indirmek adına deprem öncesi hazırlık ve deprem sonrası analiz süreçleri büyük bir stratejik önem taşımaktadır. Özellikle depremlerin hemen ardından gerçekleştirilen hasar değerlendirme ve saha inceleme çalışmaları, sismik tehlikenin gerçekçi veriler ışığında yeniden tanımlanmasına, ulusal deprem tehlike haritalarının güncellenmesine ve yürürlükteki yapı yönetmeliklerinin mühendislik tecrübeleriyle daha güvenli hale getirilmesine temel teşkil etmektedir. Bu döngüsel süreç, yapı stokunun gelecekteki depremlere karşı direnç kapasitesini artırmanın en rasyonel yoludur.

Yüksek sismik risk taşıyan bir coğrafi kuşakta yer alan Türkiye, tarihsel süreçte bu gerçeği sıklıkla tecrübe etmiş ve bu sarsıntılar neticesinde ağır can ve mal kayıplarıyla yüzleşmiştir. 2011-Van, 2020-Elazığ ve İzmir ile 2022-Düzce depremlerinin ardından yapılan incelemeler, mevcut yapı envanterinin sismik performans kapasitesinin öngörülen mühendislik hedeflerinin gerisinde kaldığını acı bir şekilde ortaya koymuştur. Ancak 06 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler, 11 farklı ilde yarattığı devasa yıkım ve yüz binlerce binanın kullanılamaz hale gelmesiyle, yapı stokundaki zafiyetin boyutlarını tüm çıplaklığıyla gözler önüne sermiştir. Bölgedeki betonarme yapılarda sadece ileri düzey hasarlar değil, aynı zamanda hem kısmi hem de toptan göçme mekanizmalarının yaygınlığı dikkat çekmiştir. Bu büyük felaketin ardından literatüre giren kapsamlı çalışmalar, betonarme yapılardaki yıkımın ve ağır hasarların kökenine inerek deprem ve inşaat mühendisliği perspektifinden detaylı değerlendirme ve analizler sunmaktadır. Yapılan bilimsel değerlendirmeler; taşıyıcı sistemlerdeki yapısal süreksizlikler, düşük malzeme özellikleri, depreme dayanıklı tasarım prensiplerinin uygulama safhasında ihmal edilmesi, statik projelendirme hataları ve yerel zemin koşullarının gerektirdiği temel sistemlerinin kurgulanmamasının hasarların temel katalizörleri olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, güvenli bir yapılaşma için mühendislik disiplininin her aşamasında tavizsiz bir denetim ve uygulama sürecinin gerekliliğini bir kez daha kanıtlamıştır (Akar vd., 2024; Yüzbaşı, 2024; Vuran vd., 2024; Binici vd., 2023; Altunışık vd., 2023; Avcil vd., 2024a,b; İnce, 2024; Sağbaş vd., 2024; Işık vd., 2024a,b, c; Yön vd., 2024; Öztürk vd., 2023; Avğın vd., 2024; Doğan vd., 2024; Mertol vd., 2023; Kazaz vd., 2024; Tan vd., 2025; Yılmaz vd., 2024; Sönmez vd., 2024).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Yapısal düzensizliklerden biri de katlar arası dayanım ve rijitlik farklılıklarından kaynaklanan yumuşak/zayıf kat kavramıdır. Bu tür düzensizlikler ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Korkmaz ve Uçar (2006), Türkiye'de yaygın olan yumuşak kat düzensizliğinin, betonarme yapıların sismik davranışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Akdemir ve Günaydın (2025) yumuşak kat düzensizliklerine neden olan tanımı, hesaplamayı ve tasarım faktörlerini açıklamış, Bu tür düzensizliğin, katlar arası rijitlik düzensizliği olarak da bilinen bir tür dikey yapısal düzensizlik olduğunu belirtmişlerdir. Özyurt ve Abuselidze (2021) depremlerden kaynaklanan hasar örneklerini analiz etmiş ve yapısal düzensizliklerin bir binanın deprem sırasındaki davranışına olan zararlı etkilerini, genellikle çökme veya yumuşak katta ciddi hasara yol açtığını değerlendirmişlerdir. Tezcan vd. (2013) zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan daha fazla olması durumunda yumuşak kat düzensizliğinin oluşabileceğini ortaya koymaya çalışmışlardır. Ertürkmen ve Çağatay (2016) dolgu duvarlı yapılarda 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerini incelemişlerdir. Izadpanah vd. (2023) yumuşak katların, genellikle alt katlardaki tuğla dolgu duvarlarının kaldırılmasından kaynaklanan ve binada homojen olmayan bir rijitlik dağılımına yol açan yapısal düzensizlikler olduğunu belirtmişlerdir. Jara vd. (2022), Meksika Şehrinde yaygın olan zayıf katlı bina tipolojisini açıklamakta; bu binalarda otopark olarak kullanılan zemin kat esnek kolonlar ve kirişlerle desteklenirken, üst katlar tuğla duvarlarla desteklenmekte ve bunun da zemin katı savunmasız hale getirdiğini belirtmişlerdir. Matiyas vd. (2023) alt katları zayıf olduğu için yumuşak katlı binaların deprem kuvvetlerine karşı savunmasız olduğunu ve bu durumun depremler sırasında önemli hasarlara hatta çökmelere yol açabileceğini belirtmişlerdir. Dya ve Oretaa (2015) statik itme analizi kullanarak, özellikle alçak katlı yapılar olmak üzere, farklı yumuşak kat düzensizliği koşulları altında binaların performansını belirlemeye çalışmışlardır. Demirtaş vd. (2025) yumuşak kat düzensizliğinin, betonarme binalarda sık görülen bir yapısal kusur olduğunu, bir veya daha fazla katın diğerlerine göre önemli ölçüde daha az rijit olduğunu ve bunun da genellikle depremler sırasında çökmeye yol açtığını değerlendirmişlerdir. Uzun ve Cöğürcü (2018) yumuşak kat düzensizliği ve zayıf kat düzensizliğinin, deprem etkilerini daha yıkıcı hale getirebilecek yapısal düzensizlik türleri olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin etkilediği illerde bulunan göreceli yumuşak/zayıf kat hasarları görseller ile birlikte desteklenerek verilmiştir. Çalışmada ayrıca yumuşak/zayıf kat kavramları detaylı bir şekilde teorik olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra bu tür yapısal düzensizlikler için güçlendirme önerileri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Türkiye, Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alan ve tarih boyunca yıkıcı depremlerle sarsılmış bir coğrafyadır. Bu sismik hareketliliğin son ve en yıkıcı örneklerinden biri olan 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler (M_w=7.7 ve M_w=7.6), geniş bir coğrafyada on binlerce yapının ağır hasar almasına veya tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Deprem sonrası bölgede gerçekleştirilen teknik incelemeler, yıkımın nedeninin sadece yer

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ivmesinin büyüklüğü değil, aynı zamanda yapısal tasarım ve uygulama hatalarından kaynaklanan düzensizlikler olduğunu bir kez daha kanıtlamıştır.

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen deprem sonrasında, en büyük yapısal hasarlar Hatay, Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde görülmüştür. Depremlerin aynı bölgeyi ardışık şekilde etkilemesi, birlikte zayıf yapısal özelliklerin bulunması, yapıların deprem performansını olumsuz yönde etkilemiş ve hasar oranını artırmıştır. Ayrıca, projelendirme ve inşa süreçlerinde depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerinin eksik ya da hiç uygulanmaması, depremin yapılar üzerindeki yıkıcı etkisini önemli ölçüde etkilemiştir. Deprem bölgesindeki kırsal alanlarda çoğunlukla yığma yapılar bulunurken, kentsel bölgelerde ise betonarme yapılar daha yaygındır. Betonarme yapılarda tespit edilen yapısal eksiklik ve düzensizlikler, bu yapıların deprem dayanımlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bunun yanı sıra, bu tür yapıların inşa yılları da yapısal hasarların artmasında önemli bir faktör olmuştur. Betonarme yapılarda deprem güvenliğini tehdit eden en kritik unsurlardan biri, düşey doğrultudaki süreksizliklerdir. Güncel deprem yönetmeliğinde (TBDY-2018) açıkça tanımlanmış olmasına rağmen, özellikle şehir merkezlerindeki binaların zemin katlarının ticari fonksiyonlar (market, galeri, banka vb.) için ayrılması, bu binaları deprem karşısında savunmasız bırakmaktadır. Mimari kaygılarla zemin katlarda bölme duvarların kaldırılması veya kat yüksekliğinin diğer katlara oranla daha fazla tutulması; literatürde yumuşak/zayıf kat olarak adlandırılan yapısal kusurları doğurmaktadır. Türkiye'de kullanılan bir önceki deprem yönetmeliği olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007), Bölüm 2.3'te depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar detaylı bir şekilde ifade edilmiştir. Bu yapısal düzensizliklerin bu yönetmelikteki açıklamaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. DBYBHY-2007'e göre yumuşak/zayıf kat durumları

B – *DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI*	**İlgili Maddeler**
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (*Zayıf Kat*) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$] *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$ (*Simgeler için Bkz.* **3.0**)	**2.3.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (*Yumuşak Kat*) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$] *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak* **2.7***'ye göre yapılacaktır.*	**2.3.2.1**

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Türkiye yaşadığı yıkıcı depremlerin ardından deprem dayanıklı yapı tasarım ilkelerinde zaman içerisinde yenileme, değiştirme ve eklemeler yapmıştır. Güncel olarak kullanılan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Bölüm 3.6'da düzensiz binalar ile ilgili detaylı bilgiler verilmektedir. Düşeyde düzensizlik bina durumları içerisinde yer alan yumuşak/zayıf kat ilgili açıklamalar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. TBDY-2018'e göre yumuşak/zayıf kat durumları

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$] *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: **4.9.1.3(b)**'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	**3.6.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$] *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak* **4.7***'ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**

3. 06 ŞUBAT DEPREMLERİNDE YUMUŞAK VE ZAYIF KAT GÖZLEMLERİ

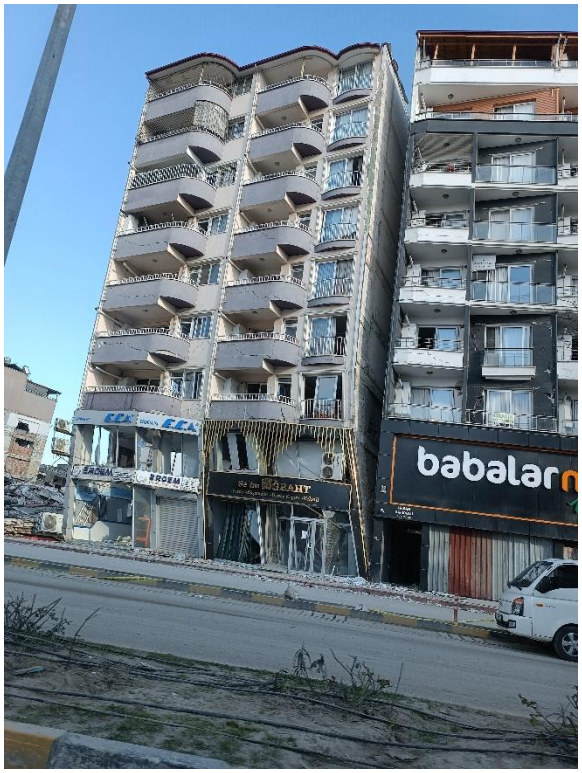
Göreceli olarak yumuşak/zayıf kat barındıran ve depremlerin ardından hasar almasına rağmen can güvenliği performans düzeyini sağlayan örnek betonarme yapılar Görsel 1'de gösterilmiştir.



Görsel 1. Göreceli olarak yumuşak kat olan ve can güvenliği sağlamış yapı örnekleri

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Yumuşak kat oluşumu dikkate alınırken dikkate alınan katlar arası göreceli yer değiştirme değerlerinin sınır durumları aşmadığı ve can güvenliği performans düzeyinin sağlandığı betonarme yapı örneği Görsel 2' de gösterilmiştir.



Görsel 2. Göreceli kritik yumuşak kat oluşumu

Zemin kat yüksekliğinin diğer katlara nazaran yüksek olduğu ve zemin katların işyeri olarak kullanıldığı ve depremlerde toptan göçmeye maruz kalmış betonarme yapı örneği Görsel 3'te gösterilmiştir.



Görsel 3. Toptan göçmeye maruz kalmış betonarme yapı örneği

Zemin katlarda kullanılmayan dolgu duvarların üst katlarda kullanımı ortaya çıkan göreceli olarak yumuşak kata sahip olan ve depremde ilk dört katı toptan göçmeye maruz kalmış betonarme yapı örneği Görsel 4'te gösterilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 4. İlk dört katı toptan göçmeye maruz kalmış yapı örneği

Göreceli olarak yumuşak kat barındıran ve ilk üç katı toptan göçmeye maruz kalmış betonarme yapı örneği Görsel 5'te gösterilmiştir.



Görsel 5. İlk üç katı toptan göçmeye maruz kalmış yapı örneği

Depremlerin ardından ilk iki katı toptan göçmeye maruz kalmış ve göreceli olarak yumuşak kat oluşumu bulunan betonarme yapı örneği Görsel 6'da gösterilmiştir.



Görsel 6. İlk iki katı toptan göçmeye maruz kalmış yapı örneği

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sadece zemin katın toptan göçmeye maruz kaldığı betonarme yapı örneği Görsel 7'de gösterilmiştir.



Görsel 7. Sadece zemin katı toptan göçmeye maruz kalmış yapı örneği

Zemin katta kısmı göçme gerçekleşen ve göreceli olarak yumuşak kat barındıran betonarme yapı örneği Görsel 8'de gösterilmiştir.



Görsel 8. Zemin katta toptan göçme gerçekleşmiş betonarme yapı örneği

Deprem bölgesinde yazarlar tarafından yapılan saha gözlemleri sonucu göreceli yumuşak kat barındıran ve farklı düzeylerde yıkıma maruz kalmış betonarme yapı örneklerinin deprem öncesi ve sonrası durumları Görsel 9'da gösterilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 9. Göreceli yumuşak kata sahip yapıların deprem öncesi ve sonrası görselleri

Zemin katların yanı sıra yapıda bulunan katlar arası farklı nedenlerden dolayı oluşan dayanım ve rijitlik farklılıkları da ara katlarda farklı düzeylerde yıkım ve hasarlara neden olmuştur. Ara katlarda meyden bu hasar örnekleri Görsel 10'da gösterilmiştir.



Görsel 10. Ara katlarda meydana gelen hasar örnekleri

06 Şubat 2023 depremleri sonrası Hatay, Kahramanmaraş ve Adıyaman gibi illerde yapılan saha çalışmaları, yumuşak ve zayıf kat düzensizliklerinin binaların deprem etkisi altındaki davranışında nasıl kritik bir rol oynadığı somut örneklerle ortaya koymuştur. Deprem bölgesinde en sık rastlanan ve can kaybının en yüksek olduğu hasar türü, zemin katın tamamen ezilerek üst katların bir bütün halinde aşağı inmesidir. Görseller incelendiğinde, üst katlardaki pencere camlarının dahi kırılmadığı, ancak zemin katın tamamen yok olduğu sandviç tipi çökmeler dikkat çekmektedir. Zemin katlardaki dükkanların geniş vitrin açıklıkları için bölme duvarların kaldırılması, yapının alt kısmını rijitlik açısından zayıflatmıştır. Üst katlardaki dolgu duvarlar rijitliği artırırken, zemin katın boş bırakılması tüm deprem enerjisinin bu esnek katta toplanmasına ve kolonların plastik mafsallaşarak taşıma kapasitesini yitirmesine neden olmuştur. Birçok ticari yapıda, zemin kat yüksekliğinin üst katlara göre belirgin şekilde fazla tutulduğu gözlemlenmiştir. Fotoğraflarda, zemin kat kolonlarının burulma ve eğilme etkisinden

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

dolayı büyük deformasyonlara uğradığı veya beton kabuğunun tamamen dökülerek donatıların açığa çıktığı görülmektedir. Kat yüksekliği arttıkça kolonun rijitliği hızla azalmakta, bu durum zemin katın diğer katlara göre çok daha fazla yanal ötelenme yapmasına yol açmaktadır. Bazı görsellerde ise yumuşak kat etkisinin yanı sıra dükkan içindeki asma katların ana kolonlara bağlanması sonucu oluşan kısa kolon hasarları tespit edilmiştir. Kolonların orta bölgelerinde oluşan X şeklindeki kesme çatlakları, asma kat kirişlerinin kolonu kısıtladığı noktalarda yoğunlaşmıştır. Bu durum, kontrolsüz mimari müdahalelerin yapının süneklik kapasitesini tamamen yok ettiğini ve gevrek kırılmaları tetiklediğini göstermektedir.

4. GÜÇLENDİRME STRATEJİLERİ

Betonarme yapıların dinamik yükler altındaki performans kapasitesinin, güncel deprem yönetmeliklerinde tanımlanan hedef performans düzeylerinin gerisinde kalması, bu yapıların yapısal güvenliğinin sismik rehabilitasyon teknikleriyle artırılmasını zorunlu kılan temel güçlendirme gereksinimini doğurmaktadır. Özellikle düşük beton dayanımı, yetersiz donatı detaylandırması, taşıyıcı sistemdeki rijitlik/dayanım düzensizlikleri ve korozyon gibi zamana bağlı deformasyonlar, yapının enerji sönümleme kapasitesini (sünekliğini) kısıtlayarak ani ve gevrek kırılma riskini teşkil etmektedir. Bu bağlamda uygulanan güçlendirme müdahaleleri, yapının rijitlik, süneklik ve dayanım parametrelerini optimize ederek, olası bir sarsıntı anında oluşacak hasarın kontrol edilebilir sınırlar dahilinde kalmasını ve can güvenliği performans seviyesinin korunmasını sağlamaktadır. Ekonomik açıdan mevcut yapı stokunun yıkılıp yeniden inşa edilmesine kıyasla daha sürdürülebilir bir alternatif sunan bu süreç, aynı zamanda kentsel dirençliliğin artırılmasına ve toplumsal afet riskinin minimize edilmesine doğrudan katkı sunan stratejik bir mühendislik çözümüdür.

06 Şubat depremlerinin ardından ortaya çıkan tablo, mevcut yapı stokundaki yumuşak ve zayıf kat probleminin acilen çözülmesi gerektiğini göstermiştir. Yumuşak katın en temel sorunu olan rijitlik eksikliğini gidermek için yöntemlerden biri betonarme perde duvarların eklenemesidir. Binanın dış akslarına veya uygun iç boşluklara eklenen bu perdeler, yapının toplam yanal ötelenmesini sınırlandırarak deprem yüklerini zayıf kolonlardan devralmaktadır. Özellikle zemin katı dükkan veya galeri olarak kullanılan binalarda, mimari estetiği ve vitrin açıklıklarını bozmamak adına çelik çapraz sistemler tercih edilebilir. Kolonlar arasına yerleştirilen çelik profiller, yapının enerji sönümleme kapasitesini artırırken zemin katın üst katlara göre aşırı esnemesini etkili bir şekilde engellemektedir.

Zayıf katlarda kolonların sünekliğini ve eksenel yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla kolon mantolama ve lifli polimer sargılama yöntemleri uygulanmaktadır. Mevcut kolonların betonarme sargılama ile boyutlarının arttırılması veya yüksek dayanımlı karbon fiber kumaşlarla sarılması, eleman bazında dayanımı artırsa da rijitlik dengesi kurulmadığı sürece yumuşak kat etkisini tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Bu nedenle, eleman bazlı güçlendirmelerin mutlaka sistem bazında bir rijitlik artırımı ile desteklenmesi kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, mevcut dolgu duvarların üzerine hasır çelik donatı ve püskürtme beton uygulanarak yapısal hale getirilmesi, binaya aşırı yük getirmeden zemin katın kesme

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

dayanımını artıran bir diğer stratejidir. Bazı güçlendirme tür görselleri Görsel 11'de gösterilmiştir.



Görsel 11. Güçlendirme yöntemleri örnek uygulamalar

5. SONUÇLAR

Türkiye ve Suriye'de çok büyük bir bölgede etkili olan 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, kentsel hakim yapı stoku olan betonarme yapılarda çok büyük yıkımlara neden olmuştur. Betonarme yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarım kurallarının hem yapım hem de uygulama aşamasında hatalı, kusurlu, eksik veya hiç uygulanmaması bu yapıların deprem performanslarının önemli bir ölçüde olumsuz olarak etkilemiştir. Yapısal karakteristikler, yerel zemin koşulları ve depremlerin büyüklüğü hasarların ana nedenleri olarak ifade edilebilir. Bunların yanı sıra yapılarda bulunan ve yapıların deprem performansını azaltan düzensizlikler de hasarların artmasına neden olmuştur. Bu düzensizliklerin yapılma zorunluluğu var ise tasarım aşamasında bunlar özel önlemler alarak yapıların deprem performanslarının arttırılması

gerekmektedir. Mevcut yapılarda ise bu durumlar, yapılacak detaylı yapısal analiz ve değerlendirmelere bağlı olarak önlem alınmasını gerektirmektedir.

06 Şubat 2023 depremleri, Türkiye'deki yapı stokunun yumuşak kat gerçeğiyle bir kez daha yüzleşmesine neden olmuştur. Yapılan gözlemler sonucunda, sadece tasarım aşamasında değil, inşaat sonrası yapılan duvar iptallerinin ve mimari değişikliklerin sıkı denetlenmesi gerektiği anlaşılmıştır. Güçlendirme projelerinde sadece eleman bazlı müdahalelerle yetinilmemeli; yapının rijitlik merkezini zemin katta dengeleyecek perde duvar veya çelik çapraz gibi sistem çözümleri önceliklendirilmelidir. Ticari kaygıların yapı güvenliğinin önüne geçmemesi gerektiği, zemin kat yüksekliği ve açıklık düzenlemelerinin mühendislik sınırları içinde tutulmasının hayati önem taşıdığı görülmüştür. Sonuç olarak, mevcut binaların deprem direncinin artırılması için bu yapısal düzensizliklerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması ve toplumsal farkındalığın artırılması gerekmektedir.

Katkı Belirtme

Bu bilimsel çalışma sunulan sonuçların bir kısmı, Avrupa Birliği tarafından Erasmus+ KA220-HED – Yükseköğretimde İş Birliği Ortaklıkları programı kapsamında ortak olarak finanse edilen 2023-1-HR01-KA220HED-000165929 Intelligent Methods for Structures, Elements, and Materials (https://im4stem.eu/en/home/, erişim tarihi: 4 Haziran 2025) adlı proje kapsamındaki araştırma faaliyetleriyle elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Akar, F., Işık, E., Avcil, F., Büyüksaraç, A., Arkan, E., & İzol, R. (2024). Geotechnical and structural damages caused by the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes in Gölbaşı (Adıyaman). Applied Sciences, 14(5), 2165.

Akdemir, A., & Günaydın, T. İ. (2025). Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme yapılar üzerindeki olumsuz etkileri. Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi, (Advanced Online Publication), 61-69.

Altunişik, A. C., Arslan, M. E., Kahya, V., Aslan, B., Sezdirmez, T., Dok, G., ... & Nas, M. (2023). Field observations and damage evaluation in reinforced concrete buildings after the February 6th, 2023, Kahramanmaraş–Türkiye Earthquakes. Journal of Earthquake and Tsunami, 17(06), 2350024.

Avcil, F., Işık, E., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Arslan, M. H., ... & Harirchian, E. (2024a). Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city. Natural Hazards, 120(3), 2953-2991.

Avcil, F., Işık, E., Arkan, E., İzol, R., Büyüksaraç, A., Aydın, M., & Ulu, A. E. (2024b, December). Seismic Performance of RC Structures in Pazarcık and Elbistan During the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes. In International Conference on Organization and Technology of Maintenance (pp. 419-438). Cham: Springer Nature Switzerland.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Avğın, S., Köse, M. M., & Özbek, A. (2024). Damage assessment of structural and geotechnical damages in Kahramanmaraş during the February 6, 2023 earthquakes. Engineering Science and Technology, an International Journal, 57, 101811.

Binici, B., Yakut, A., Kadas, K., Demirel, O., Akpinar, U., Canbolat, A., ... & Canbay, E. (2023). Performance of RC buildings after Kahramanmaraş earthquakes: lessons toward performance based design. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 22(4), 883-894.

Demirtaş, Y., Avşar, Ö., Bozer, A., & Dindar, A. A. (2025, October). Investigation of code based criteria for soft-story irregularity. In Structures (Vol. 80, p. 109668). Elsevier.

Doğan, T. P., Kalkan, H., Aldemir, Ö., Ayhan, M., Böcek, M., & Anıl, Ö. (2024). Investigation of RC structure damages after February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake in the Hatay region. Bulletin of Earthquake Engineering, 22(10), 5201-5229.

Dya, A. F. C., & Oretaa, A. W. C. (2015). Seismic vulnerability assessment of soft story irregular buildings using pushover analysis. Procedia Engineering, 125, 925-932.

Ertürkmen, D., & Çağatay, İ. H. (2016). Dolgu duvarlı yapılarda yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 269-278.

Işık, E., Avcil, F., Hadzima-Nyarko, M., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., ... & Özcan, Z. (2024a). Seismic performance and failure mechanisms of reinforced concrete structures subject to the earthquakes in Türkiye. Sustainability, 16(15), 6473.

Işık, E., Avcil, F., İzol, R., Büyüksaraç, A., Bilgin, H., Harirchian, E., & Arkan, E. (2024b). Field Reconnaissance and Earthquake Vulnerability of the RC Buildings in Adıyaman during 2023 Türkiye Earthquakes. Applied Sciences, 14(7), 2860.

Işık, E., Hadzima-Nyarko, M., Avcil, F., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Alkan, H., & Harirchian, E. (2024c). Comparison of Seismic and Structural Parameters of Settlements in the East Anatolian Fault Zone in Light of the 6 February Kahramanmaraş Earthquakes. Infrastructures, 9(12), 219.

Izadpanah, M., Zibasokhan, H., Roussis, P. C., & Asteris, P. G. (2023, September). Pure-bending yielding dissipater for the seismic retrofitting of reinforced concrete buildings with soft-story irregularity. In Structures (Vol. 55, pp. 933-950). Elsevier.

İnce, O. (2024). Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adıyaman after Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023. Engineering Failure Analysis, 156, 107799.

Jara, J. M., García-Calzada, C., Olmos, B. A., & Martínez, G. (2022). Seismic response and reliability index of RC weak story buildings on soft soils of Mexico city. Journal of Building Engineering, 50, 104199.

Kazaz, İ., Avşar, Ö., & Dilsiz, A. (2024). Importance of building inspection on the seismic response of a severely damaged RC structure during the February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence. Engineering Failure Analysis, 162, 108410.

Korkmaz, A., & Uçar, T. (2006). Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışında etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 11(2).

Matiyas, S., Workeluel, N., Mohanty, T., & Saha, P. (2023). Review of different analysis and strengthening techniques of soft story buildings. Materials Today: Proceedings.

Mertol, H. C., Tunç, G., Akış, T., Kantekin, Y., & Aydın, İ. C. (2023). Investigation of RC buildings after 6 February 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquakes. Buildings, 13(7), 1789.

Ozturk, M., Arslan, M. H., & Korkmaz, H. H. (2023). Effect on RC buildings of 6 February 2023 Turkey earthquake doublets and new doctrines for seismic design. Engineering Failure Analysis, 153, 107521.

Özyurt, M. Z., & Abuselidze, G. (2021). Yumuşak kat düzensizliği olan binaların deprem karşısındaki davranışları: 5 katlı bina modelleri üzerinde amprik çalışma. Turan: Stratejik Arastirmalar Merkezi, 13(51), 88-95.

Sagbas, G., Sheikhi Garjan, R., Sarikaya, K., & Deniz, D. (2024). Field reconnaissance on seismic performance and functionality of Turkish industrial facilities affected by the 2023 Kahramanmaras earthquake sequence. Bulletin of Earthquake Engineering, 22(1), 227-254.

Sonmez, E., Eryilmaz Yildirim, M., Aydin, M. F., & Koroglu, F. B. (2024). Seismic performance assessment of structural systems in the aftermath of the 2023 Kahramanmaraş earthquakes: Observations and fragility analyses. Earthquake Spectra, 87552930241287541.

Tan, M., Avşar, Ö., Yıldızhan, F., & Atmaca, N. (2025). Effect of infill walls on the seismic performance of a severely damaged substandard RC building during the February 6, 2023, Kahramanmaras earthquake sequence. Engineering Failure Analysis, 169, 109117.

Tezcan, T., Başaran, H., Demir, A., & Bağcı, M. (2013). Yumuşak kat oluşumunda duvar etkisi ve Türk deprem yönetmeliğinin konuya yaklaşımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 9(1), 29-38.

Uzun, M., & Cogurcu, M. T. (2018). Investigation of effect of infilled wall on soft story irregularity. Journal of Engineering Research and Applied Science, 7(2), 878-885.

Vuran, E., Serhatoğlu, C., Timurağaoğlu, M. Ö., Smyrou, E., Bal, İ. E., & Livaoğlu, R. (2024). Damage observations of RC buildings from 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence and discussion on the seismic code regulations. Bulletin of Earthquake Engineering, 1-30.

Yilmaz, M., Dogan, G., Arslan, M. H., & Ilki, A. (2024). Categorization of post-earthquake damages in RC structural elements with deep learning approach. Journal of Earthquake Engineering, 1-32.

Yön, B., Dedeoğlu, İ. Ö., Yetkin, M., Erkek, H., & Calayır, Y. (2024). Evaluation of the seismic response of reinforced concrete buildings in the light of lessons learned from the February 6, 2023, Kahramanmaraş, Türkiye earthquake sequences. Natural Hazards, 1-37.

Yuzbasi, J. (2024). Post-Earthquake Damage assessment: Field observations and recent developments with recommendations from the Kahramanmaraş earthquakes in Türkiye on February 6th, 2023 (Pazarcık M7.8 and Elbistan M7.6). Journal of Earthquake Engineering, 1-26.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TEKTONİK ZİNCİRLEME REAKSİYON: 2023 DOĞU ANADOLU FAYI DEPREMLERİNİN GİZLİ MEKANİĞİ

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
absarac@comu.edu.tr -0000-0002-4279-4158

Doç. Dr. Fatih AVCİL
Bitlis Eren Üniversitesi,
favcil@beu.edu.tr - 0000-0001-6550-550X

Prof. Dr. Ercan IŞIK
Bitlis Eren Üniversitesi,
eisik@beu.edu.tr - 0000-0001-8057-065X

ÖZET

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş deprem dizisinin Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca gelişimini Coulomb gerilme analizi ile incelemektedir. Mw=7,7 Pazarcık ve Mw=7,6 Elbistan ana şokları ile başlayan süreçte meydana gelen orta büyüklükteki depremler ve 20 Şubat 2023 Mw=6,4 Defne depremi, çok segmentli bir fay sistemi boyunca zincirleme bir kırılma davranışı sergilemiştir. Coulomb gerilme değişimleri, ana şokların çevre fay segmentlerine pozitif gerilme aktararak sonraki depremleri tetiklediğini göstermektedir. Gerilme transferinin özellikle Malatya-Adıyaman, Elbistan-Göksun, Hatay-Suriye sınırı ve İskenderun Körfezi yönlerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Sığ odak derinlikleri (~0-20 km), gerilme transferinin hızlı gerçekleşmesine ve kısa sürede geniş bir alanda deprem aktivitesinin yayılmasına neden olmuştur. Artçı depremlerin büyük çoğunluğunun pozitif Coulomb gerilme artışı gözlenen bölgelerde kümelendiği tespit edilmiştir. Bulgular, DAFZ boyunca deprem dizilerinin elastik gerilme transferi ile kontrol edildiğini ve büyük depremlerin komşu segmentleri tetikleyerek domino etkisi oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

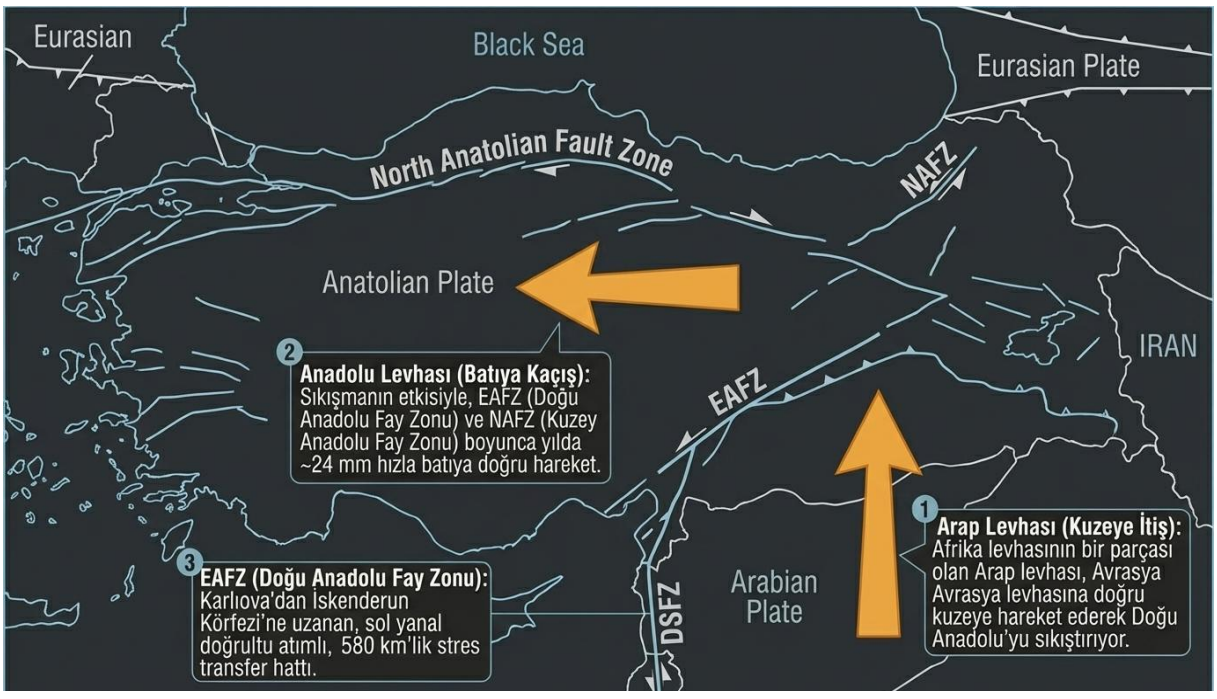
Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu Fay Zonu, Coulomb gerilme analizi, deprem dizisi, gerilme transferi, Kahramanmaraş depremleri

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. Giriş

06 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'nin güneydoğusunda Mw7.7 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem, aletsel dönemde Türkiye'de kaydedilen en büyük ikinci depremdir. USGS tarafından büyüklüğü Mw7.8 olarak ölçülmüştür. Bu olay, peş peşe meydana gelen büyük depremler dizisinin başlangıcını oluşturmuştur. İlk depremden yalnızca dakikalar sonra Mw6.6 büyüklüğünde önemli bir artçı deprem meydana gelmiştir. Yaklaşık dokuz saat sonra ise Mw7.6 büyüklüğünde ikinci büyük ana şok oluşmuş; ardından ML5.7 ve Mw5.9 büyüklüğünde diğer önemli depremler kaydedilmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde ise Hatay-Defne'de Mw6.4 büyüklüğünde başka bir büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sonucunda 11 ilde 50.000'den fazla insan hayatını kaybetmiş, 100.000'den fazla kişi yaralanmış ve yüzbinlerce yapı kullanılamaz hale gelmiştir.

Depremlerin farklı fay segmentleri üzerinde meydana gelmiş olması, olayların birbirinden bağımsız ana şoklar yerine tektonik olarak birbirini tetikleyen bir deprem dizisi olabileceğini düşündürmektedir. Bölgenin karmaşık tektonik yapısı nedeniyle depremler birbirleriyle ilişkili şekilde gelişmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), yaklaşık 580 km uzunluğunda sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemidir ve her deprem sonrasında bir sonraki segmente gerilme transfer etmektedir (Emre et al. 2018). Türkiye'nin içinde bulunduğu tektonik sistem, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun oluşmasına neden olmuş ve Anadolu Levhası'nın batıya doğru hareketinde temel rol oynamıştır (Görsel 1).

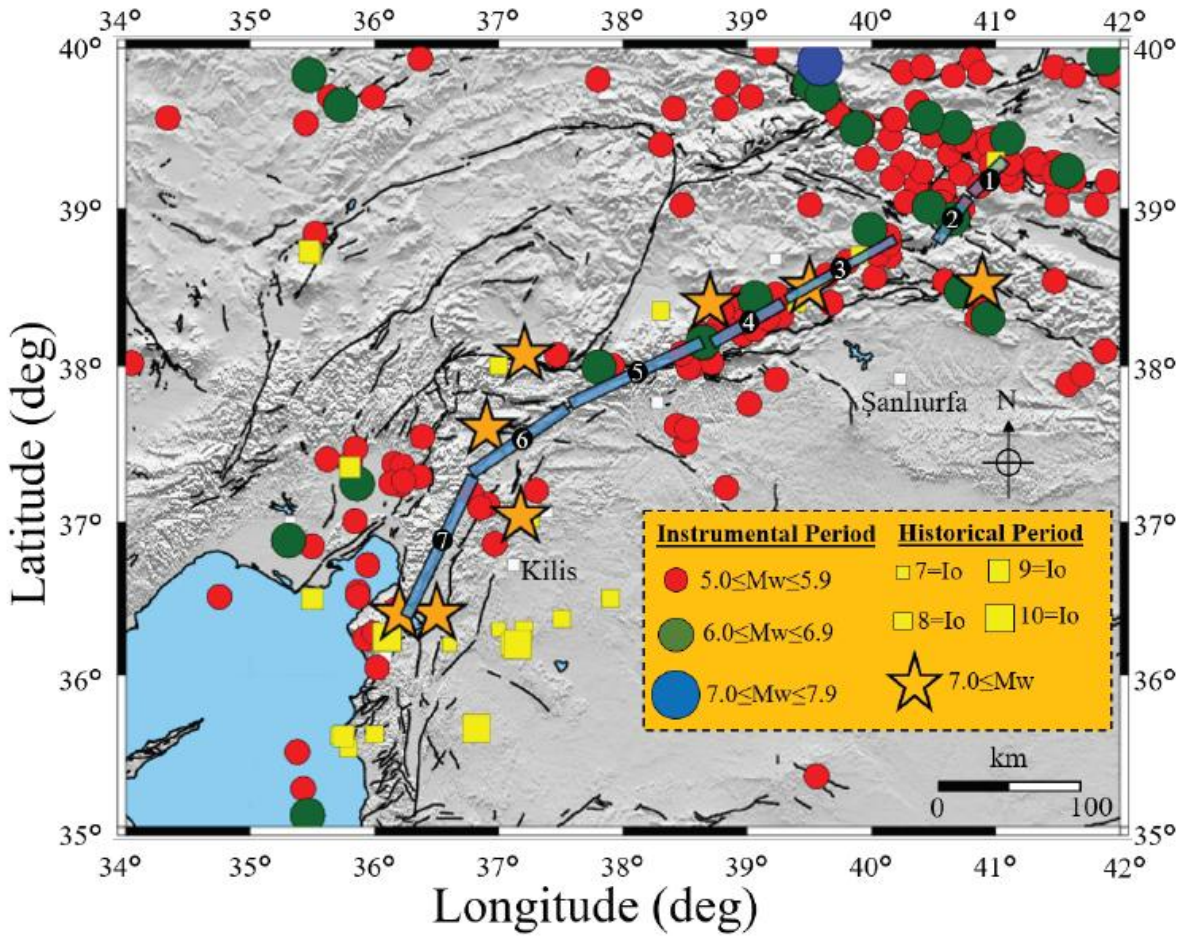


Görsel 1. Türkiye'nin içinde bulunduğu tektonik sistem

Doğu Anadolu Fay Zonu, Anadolu Levhası'nın güneydoğu sınırını oluşturan aktif sol yanal doğrultu atımlı bir fay sistemidir. Karlıova'da Kuzey Anadolu Fay Zonu ile birleşmekte,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

güneybatıda ise Antakya civarında Ölü Deniz Fay Zonu ile bağlantı kurmaktadır. Yaklaşık 580 km uzunluğa sahip olan bu sistem, Türkiye'nin en aktif sismik bölgelerinden biridir ve tarih boyunca çok sayıda büyük ve yıkıcı deprem üretmiştir. Tarihsel kayıtlar, bölgenin yaklaşık 2000 yıldır büyük depremlerden etkilendiğini göstermektedir. Özellikle 1114, 1513, 1822 Antakya, 1866 Karlıova-Bingöl ve 1893 Malatya depremleri önemli yıkıcı olaylar arasında yer almaktadır. GPS ölçümleri, DAFZ boyunca yıllık yaklaşık 9–10 mm kayma hızı olduğunu göstermektedir (Görsel 2).



Görsel 2. Doğu Anadolu Fay Zonu ve çevresindeki tarihsel (MS 69-1895 yılları arası) ve aletsel (1 Ocak 1900 - 5 Şubat 2023 tarihleri arası) depremler (https://deprem.afad.gov.tr/event-historical ve https://deprem.afad.gov.tr/event-instrumental). Turuncu yıldızlar yıkıcı depremleri simgelemektedir. Harita ayrıca Doğu Anadolu Fay Zonu'nun fay segmentlerini de göstermektedir (1: Karlıova segmenti, 2: Ilıca segmenti, 3: Palu segmenti, 4: Pütürge segmenti, 5: Erkenek segmenti, 6: Pazarcık segmenti, 7: Amanos segmenti) (Alkan vd. 2024).

2. GERİLME TRANSFERİ

Aslında "tetiklenme" olarak tanımlanan gerilme transferi olgusu, bir fay zonunda birden fazla fay sistemi bulunduğu durumlarda, hareket eden bir segmentte açığa çıkan enerjinin diğer

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

segmentlere aktarılması şeklinde açıklanmaktadır. Elastik gerilme etkileşiminin en yaygın gösterimi, deprem kaynaklı yer değiştirmelerin neden olduğu Coulomb gerilme değişimlerinin hesaplanmasına dayanmaktadır (Harris, 1998; King ve Cocco, 2001). Coulomb gerilme değişimleri, literatürde büyük depremler arasındaki fay etkileşimlerini araştırmak, artçı deprem modellerini incelemek ve uzun zaman ölçeklerinde depremsellik düzeylerindeki değişimleri analiz etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Depremlerin birbirini tetiklediğine dair çok sayıda gözlem bulunmasına rağmen, deprem oluşum mekanizmalarını ve depremselliğin zamansal-mekânsal dağılımını açıklayan fiziksel süreçler hâlâ tam olarak anlaşılamamıştır. Özellikle artçı deprem süreçleri, alt kabuğun viskoelastik gevşemesi ve akışkan dolaşımı gibi zaman bağımlı süreçlerin, deprem sonrasında oluşan eş-sismik gerilme alanını değiştirebildiği bilinmektedir. Bu gerilme bozulmaları farklı zaman ölçeklerinde ortaya çıkmaktadır. Analiz yalnızca artçı deprem süreci ile sınırlandırıldığında, gözenek akışkanlarının dolaşımı sismisite oluşumunda baskın rol oynayabilmektedir. Kırıklı ve doygun kayaçlar içerisindeki gözenek basıncı gevşeme süreçleri hem deprem oluşumunu hem de tetiklenmiş sismisiteyi açıklamak amacıyla önerilmiştir (Shapiro vd., 2003; Antonioli vd., 2005). Pazarcık ve Elbistan segmentlerinde meydana gelen depremler doğrultu atımlı karakterdedir. Yeşilyurt depremi eğim atımlı ters faylanma, Göksun depremi normal faylanma ve Defne depremi doğrultu atımlı faylanma karakteri göstermektedir. Bu depremlerin ardından 9000'den fazla artçı deprem meydana gelmiştir.

3. COULOMB GERİLME ANALİZİ

Gelecekte deprem üretme olasılığı yüksek alanların belirlenmesi, deprem tehlikesi değerlendirmelerinin en önemli aşamalarından biridir. Bu amaca ulaşabilmek için depremi oluşturan süreçlerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Depremler nedeniyle aktif faylarda meydana gelen gerilme değişimleri, tehlikeli bölgelerin belirlenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Bir deprem, kendisinden sonra oluşabilecek diğer depremleri hızlandırabilir, geciktirebilir veya komşu fayları tetikleyebilir (Stein vd., 1997; Çakır vd., 2003; Nalbant, 2005). Tektonik süreçlere bağlı olarak fay zonlarında gerilme birikimi meydana gelir ve bu gerilmeler deprem oluştuğunda azalır. Fay boyunca meydana gelen hareket sonucunda, deprem bölgesindeki gerilim boşalır. Ancak deprem sırasında oluşan gerilme artışları, komşu fay segmentlerinin tetiklenmesine neden olabilir. Bu nedenle bir bölgede gerilmenin azalması veya artması, Coulomb gerilme değişimlerinin gözlenmesiyle belirlenebilir. Coulomb gerilme değişimleri hesaplanarak deprem-fay ilişkisi ortaya konabilir ve bölgenin deprem tehlikesi değerlendirilebilir (Toda vd., 1998). Deprem üretme potansiyeline sahip aktif bir faydaki yer değiştirme, statik gerilme değişimlerine neden olur. Elastik yarı uzay modeli içerisinde meydana gelen bu deformasyonlar kullanılarak üç boyutlu gerilme alanı hesaplanmakta ve elastik rijitlik parametreleri yardımıyla gerilme değişimleri elde edilmektedir. Coulomb gerilme değişimi; deprem geometrisine, kayma miktarına, fay düzleminin geometrisine, kayma yönüne ve etkin sürtünme katsayısına bağlıdır. Coulomb kırılma gerilmesi değişimi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

$$\Delta\sigma_{CFS} = \Delta\tau + \mu'\Delta\sigma_n$$

Burada:

- $\Delta\sigma_{CFS}$: Coulomb kırılma gerilmesi değişimi
- $\Delta\tau$: Kayma gerilmesi değişimi
- $\Delta\sigma_n$: Normal gerilme değişimi
- μ': Etkin sürtünme katsayısıdır.

Etkin sürtünme katsayısı boyutsuz bir parametre olup kıtasal yapılar için genellikle 0.2–0.8 arasında değişmektedir. Bu çalışmada doğrultu atımlı fay mekanizmaları için:

$$\mu' = 0.4$$

olarak kabul edilmiştir. Ayrıca elastik yarı uzay modeli için Young modülü:

$$E = 8\ GPa$$

ve Poisson oranı:

$$\nu = 0.25$$

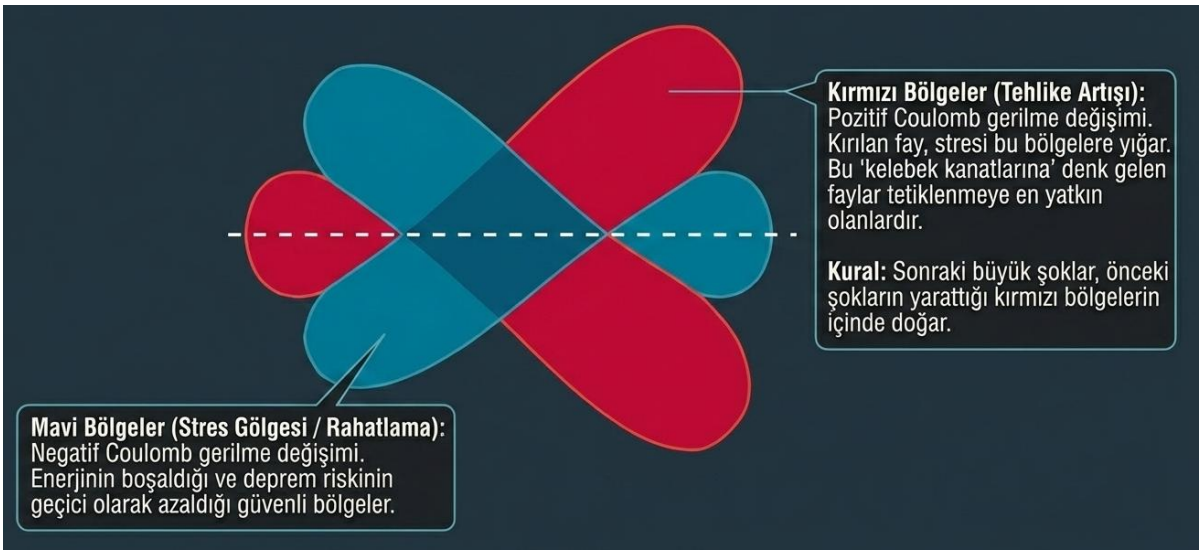
olarak alınmıştır (King vd., 1994; Lin ve Stein, 2004; Toda vd., 2011).

Bir deprem sırasında fay boyunca kayma meydana geldiğinde çevredeki ortam deformasyona uğrar ve gerilme alanı değişir. Gerilme tetiklenmesi, dışsal deformasyon olaylarının neden olduğu Coulomb gerilme artışları sonucunda fayların kırılmaya daha duyarlı hale gelmesini ifade etmektedir (King vd., 1994). Komşu segmentlerde meydana gelen gerilme değişimleri genellikle küçük ölçekli olsa da bozulan Coulomb gerilme alanları artçı depremlerin mekânsal dağılımını açıklamakta oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Görsel 3). Örneğin 28 Haziran 1992'de Kaliforniya'daki Landers depreminden yaklaşık üç saat sonra, yaklaşık 40 km uzaklıkta Mw6.5 büyüklüğünde Big Bear artçı depremi meydana gelmiştir. Hesaplanan Coulomb gerilme değişimleri, her iki depremin oluşturduğu yer değiştirmeler nedeniyle batıya doğru 2.1–2.9 bar arasında artan bir gerilme lobu göstermiştir. Benzer şekilde, 1939–1999 yılları arasında Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca meydana gelen Mw≥6.6 büyüklüğündeki 13 büyük depremden 11'inin, önceki kırılmaların oluşturduğu artmış Coulomb gerilmesi bölgelerinde meydana geldiği belirlenmiştir (Stein vd., 1997; Barka vd., 1999). Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca meydana gelen depremlerin de birbirini tetikleyen segmentler oluşturduğu ve karşılıklı gerilme transferi yarattığı bilinmektedir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Birden fazla segmentten oluşan fay sistemlerinde, bir segmentte meydana gelen deprem sonrasında açığa çıkan enerjinin diğer segmentlere aktarılması, dünyanın birçok bölgesinde gözlenen yaygın bir tektonik süreçtir. Türkiye'de Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) bu duruma en iyi örneklerden ikisini oluşturmaktadır. Elastik gerilme etkileşiminin yönü ve dağılımı, Coulomb gerilme değişimlerinin hesaplanmasıyla belirlenebilmektedir.

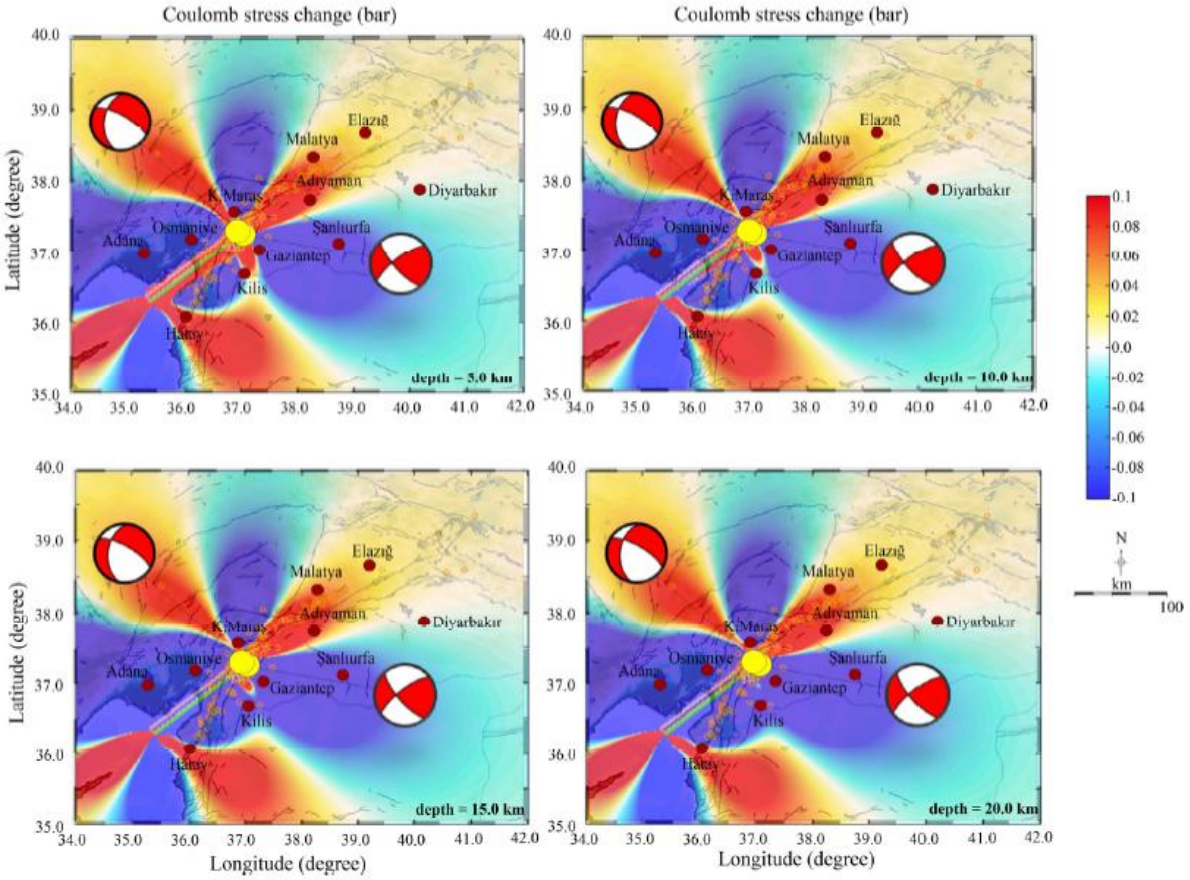


Görsel 3. Coulomb gerilme analizi simgesel gösterimi

24 Ocak 2020 Sivrice-Elazığ depremi (Mw 6.8) sonrasında gerçekleştirilen Coulomb gerilme analizleri, gerilmenin güneybatıda Adıyaman ve Kahramanmaraş segmentlerine transfer edildiğini açık biçimde göstermiştir (Alkan vd., 2021). Yaklaşık üç yıl sonra bu segmentlerde oldukça yıkıcı depremlerin meydana gelmesi, bu bağlamda beklenen bir durum olarak değerlendirilmiştir. 06 Şubat 2023 tarihinde Pazarcık-Kahramanmaraş'ta meydana gelen Mw=7.7 büyüklüğündeki deprem ile başlayan ve kısa zaman aralıkları içerisinde birbirini tetikleyen altı büyük deprem için Coulomb 3.3 yazılımı kullanılarak gerilme modellemeleri gerçekleştirilmiştir (Toda vd., 2011). Bir depremin Coulomb gerilme değişimini hesaplamak için gerekli temel parametreler; konum (enlem-boylam), derinlik, büyüklük, eğim (dip), doğrultu (strike) ve rake değerleridir. Bu parametreler, Coulomb gerilme analizindeki belirsizliklerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada Coulomb gerilme değişim haritaları ve kesitleri, AFAD tarafından sağlanan odak mekanizması çözümleri kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, ilk ana şoktan sonra meydana gelen depremlerin Coulomb gerilmesinin arttığı alanlarda oluştuğunu göstermektedir. İlk ana şok (Mw 7.7) ve onu izleyen Mw 6.6 büyüklüğündeki artçı deprem için 5, 10, 15 ve 20 km derinliklerde gerçekleştirilen Coulomb gerilme analizleri; gerilmenin kuzeydoğuda Malatya-Adıyaman doğrultusunda, kuzeybatıda Elbistan-Göksun yönünde, güneyde Hatay-Suriye sınırına doğru ve güneybatıda İskenderun Körfezi yönünde arttığını göstermiştir (Görsel 4).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Özellikle kabuğun sığ kesimlerinde (~10 km), hem fay zonu boyunca hem de belirtilen dört ana yönde gerilme değerlerinin oldukça yüksek (~0.1 bar) olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık Adana ve Osmaniye şehir merkezleri çevresinde, Gaziantep'in doğusunda ve Kahramanmaraş'ın kuzeyinde 0–20 km derinlik aralığında gerilme değerlerinin düşük (~-0.1 bar) olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Yumurtalık ve Karataş fayları boyunca oluşan pozitif gerilme transferinin güneybatıda Kıbrıs dalma-batma zonuna doğru yöneldiği gözlenmiştir. İlk iki depremden (Mw 7.7 ve Mw 6.6) sonra, Ekinözü-Elbistan'da meydana gelen Mw 7.6 büyüklüğündeki ana şok ile Yeşilyurt (ML 5.7), Göksun (Mw 5.9) ve Defne-Samandağ (Mw 6.4) depremlerinin tamamının pozitif Coulomb gerilmesi bölgelerinde meydana geldiği belirlenmiştir.



Görsel 4. İlk ana deprem ve artçı deprem (Mw 7,7 ve Mw 6,6) nedeniyle oluşan Coulomb gerilme değişiklikleri, Pazarcık çevresinde 5,0, 10,0, 15,0 ve 20,0 km derinliklerde meydana geldi. Büyük sarı daireler, ana depremlerin merkez üslerini ve odak mekanizması sonuçlarını AFAD web sitesinden (https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog) göstermektedir. Turuncu daireler, 06.02.2023 01:17:32 (UTC) ile 06.02.2023 10:24:47 (UTC) arasında meydana gelen artçı depremlerin merkez üslerini göstermektedir. Bordo kırmızı daireler şehir merkezlerini göstermektedir (Alkan vd. 2024).

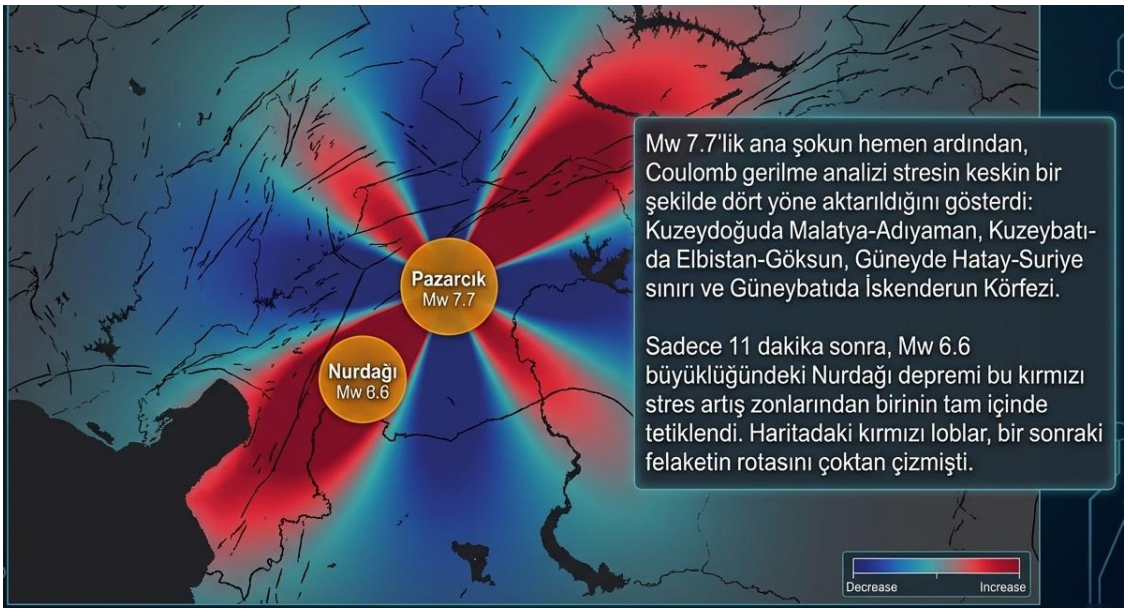
Mw 7.6 Elbistan, M_L 5.7 Yeşilyurt ve Mw 5.9 Göksun depremleri için gerçekleştirilen Coulomb analizleri, gerilmenin doğuda Elazığ-Diyarbakır arasındaki Çüngüş, Palu ve Pazarcık

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

segmentlerine, batıda ise Sarız ve Ecemiş Faylarına transfer edildiğini açık biçimde göstermiştir. Ana şoklardan sonra gelişen artçı deprem dizileri de bu enerji transferini doğrulamaktadır. Önemli bir diğer bulgu olarak, kuzeyde Malatya ve Ovacık faylarına doğru ve güneyde Gaziantep-Kilis arasında 0–20 km derinliklerde belirgin gerilme artışları gözlenmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Mw 6.4 Defne-Hatay depremi de dâhil edilerek yapılan birleşik Coulomb analizleri sonucunda, mevcut gerilme dağılımı daha net biçimde ortaya konmuştur. Buna göre gerilmenin:

- Güneybatıda İskenderun Körfezi çevresine,
- Kuzeydoğuda Elazığ-Malatya boyunca Karlıova üçlü birleşimine,
- Batıda Kahramanmaraş-Göksun hattına,
- Güneyde Hatay-Suriye sınırına

pozitif biçimde transfer edildiği belirlenmiştir. Bu alanlar aynı zamanda Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ölü Deniz Fay Zonu'nun birbirine bağlandığı karmaşık tektonik bölgelerdir. 9000'den fazla artçı depremin episantr dağılımı dikkate alındığında, gerilme transfer süreçlerinin bu doğrultularda devam ettiği düşünülmektedir. Ayrıca Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğündeki iki ana şok için Coulomb 3.3 yazılımı kullanılarak düşey ve yatay yer değiştirme analizleri gerçekleştirilmiştir. Düşey kesit analizleri, ilk ana şokun Ölü Deniz Fay Zonu'nun kuzey ucundaki Narlı Segmenti ile ilişkili olduğunu, ikinci ana şokun ise DAFZ üzerindeki Çardak Fayı ile çakıştığını göstermektedir (Görsel 5). Genel gerilme özellikleri incelendiğinde, ilk ana şok için KD-GB yönlü, ikinci ana şok için ise D-B yönlü yüksek gerilme transferi gözlenmiştir. Bu iki ana şokun gerilme karakteristikleri, bölgenin genel enerji sistemini yansıtmaktadır. AFAD odak mekanizması çözümlerinden elde edilen yatay yer değiştirme vektörleri de her iki depremin sol yanal doğrultu atımlı mekanizmayı desteklediğini göstermektedir.



Görsel 5. İlk ana şok ve hemen ardından gelen artçı şok sonrası oluşan Coulomb gerilme durumu

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

5. SONUÇLAR

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında gerçekleştirilen Coulomb gerilme modelleme sonuçları, Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca meydana gelen deprem dizisinin elastik gerilme transferi mekanizmasıyla açıklanabileceğini göstermektedir. Özellikle depremlerin sığ derinliklerde meydana gelmesi, enerjinin yüzeye daha güçlü ulaşmasına ve gerilme transferinin çok kısa sürelerde gerçekleşmesine neden olmuştur. Ancak meydana gelen büyük yıkımın tek nedeni karmaşık fay sistemi değildir. Asıl önemli nedenlerden biri, yapı stokunun eski, dayanıksız ve zemin koşullarına uygun olmayan yapılardan oluşmasıdır. Çalışma kapsamında gerilmenin kısa süreli değişimini takip etmek amacıyla öncelikle Mw 7.7 ve Mw 6.6 depremleri için 5, 10, 15 ve 20 km derinliklerde Coulomb analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, gerilmenin:

- Kuzeydoğuda Malatya-Adıyaman yönüne,
- Kuzeybatıda Elbistan-Göksun hattına,
- Güneyde Hatay-Suriye sınırına,
- Güneybatıda ise İskenderun Körfezi'ne

doğru arttığını göstermiştir. Daha sonra batıda meydana gelen Mw 7.6 Elbistan depremi, kuzeydoğuda Yeşilyurt depremi (M_L 5.7) ve Göksun depremi (Mw 5.9) için gerçekleştirilen analizlerde:

- Elazığ-Diyarbakır arasında,
- Kuzeyde Malatya-Elazığ hattında,
- Güneyde Gaziantep-Kilis arasında

gerilmenin arttığı belirlenmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde Hatay-Defne'de meydana gelen Mw 6.4 büyüklüğündeki deprem ise, güneyde Hatay-Suriye sınırına doğru gelişen gerilme boşalmasının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Altı büyük depremin birlikte değerlendirildiği birleşik Coulomb analizleri sonucunda mevcut gerilme dağılımının:

- Kuzeydoğuda Elazığ-Malatya arasında,
- Batıda Kahramanmaraş-Göksun arasında,
- Güneyde Hatay-Suriye sınırında,
- Güneybatıda İskenderun Körfezi çevresinde

yoğunlaştığı belirlenmiştir. Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğündeki iki ana şoka ait düşey ve yatay yer değiştirme analizleri de gerilme yönleri ve derinlik değişimlerini doğrulayan sonuçlar vermiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun bu segmentinde uzun süre büyük deprem meydana

gelmemesi, bölgede çok yüksek gerilme birikimine neden olmuş ve kırılmanın oldukça yüksek enerjiyle gerçekleşmesine yol açmıştır.

KAYNAKÇA

AFAD (2023). The Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) Earthquake Catalog. AFAD | deprem.gov.tr. Access date: 20.02.2023

Alkan H, Büyüksaraç A, Bektaş Ö, Işık E (2021). Coulomb stress change before and after 24.01. 2020 Sivrice (Elazığ) Earthquake (Mw = 6.8) on the East Anatolian Fault Zone. Arabian Journal of Geosciences 14 (23): 1-12. https://doi.org/10.1007/s12517- 021-09080-1

Alkan H, Büyüksaraç A, Bektaş Ö (2024). Investigation of earthquake sequence and stress transfer in the Eastern Anatolia Fault Zone by Coulomb stress analysis, Turkish Journal of Earth Sciences: 33(1), 56-68. https://doi.org/10.55730/1300-0985.1898

Antonioli A, Piccinini D, Chiaraluce L, Cocco M (2005). Fluid flow and seismicity pattern: evidence from the 1997 Umbria- Marche (central Italy) seismic sequence. Geophys Research Letters 32: L10311. https://doi.org/10.1029/2004GL022256 Barka AA (1999). The 17 August 1999 Izmit earthquake. Science 285: 1858-1859.

Çakır Z, Barka AA, Evren E (2003). Coulomb Stress Interactions and the 1999 Marmara Earthquakes. Turkish Journal of Earth Sciences 12: 1. https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol12/ iss1/6

Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Şaroğlu F, Olgun Ş et al. (2018). Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering 16 (8): 3229-3275. https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2

Harris R (1998). Introduction to special section: Stress triggers, stress shadows, and implications for seismic hazard. Journal of geophysical research 103 (10): 24347-24358.

King GC, Stein RS, Lin J (1994). Static stress changes and the triggering of earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America 84 (3): 935-953. https://doi.org/10.1785/BSSA0840030935

King GCP, Cocco M (2001). Fault interaction by elastic stress changes: new clues from earthquake sequences. Advances in Geophysics 44: 1-38. https://doi.org/10.1016/S0065-2687(00)80006-0

Lin J, Stein RS (2004). Stress triggering in thrust and subduction earthquakes, and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults. Journal of Geophysical Research B02303. https://doi. org/10.1029/2003JB002607

Nalbant S, Steacy S, Sieh K, Natawidjaja D, McCloskey J (2005). Earthquake risk on the Sunda trench. Nature 435: 756–757. https://doi.org/10.1038/nature435756a

Shapiro SA, Patzig R, Rothert E, Rindshwentner J (2003). Triggering of seismicity by pore pressure perturbations: permeability-related signature of the phenomenon. Pure and Applied Geophysics 160: 1051-1066. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8083-1_16

Stein RS, Barka AA, Dieterich JH (1997). Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. Geophysical Journal International 128 (3): 594604. https://doi. org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb05321.x.

Toda S, Stein RS, Reasenberg PA, Dieterich JH, Yoshida A (1998). Stress transferred by the 1995 Mw = 6.9 Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities. Journal of Geophysical Research Solid Earth 103 (B10): 24543-24565. https://doi.org/10.1029/98JB00765

Toda S, Stein RS, Lin J (2011). Widespread seismicity excitation throughout central Japan following the 2011 M = 9.0 Tohoku earthquake and its interpretation by Coulomb stress transfer. Geophysical Research Letters 38 (7). https://doi. org/10.1029/2011GL047834

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAMPÜS İÇİ ULAŞIMDA YOL KENARI PARK GEOMETRİSİNİN OPTİMİZASYONU VE TRAFİK GÜVENLİĞİ ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÜNAL
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
unal.ayse@alanya.edu.tr - 0000-0002-3262-135X
Selman AVCI
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
selmanavci0707@gmail.com
Halil Emre YILMAZ
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
hllylmz747@gmail.com

ÖZET

Özel taşıt kullanımını tercih eden öğrenci ve akademik-idari personel sayısındaki yoğunluk nedeniyle, üniversite yerleşkeleri içerisinde adeta şehir merkezlerindekine benzer bir araç park sıkıntısı yaşanmaktadır. Mevcut otoparklar park talebini karşılamamakta bu nedenle yol kenarı araç parkları yapılmaktadır. Düzensiz yapılan parklar güvenliği tehlikeye atmaktadır. Kampüs içi ulaşımın güvenli, sürdürülebilir ve akıcı bir şekilde sağlanabilmesi için mevcut fiziksel alanların en yüksek verimle kullanılması kritik bir öneme sahiptir. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi özelinde yürütülen bu çalışma, kampüs içi yol güzergahlarında yer alan yol kenarı park alanlarının düzenlenmesi ile optimum park yapılandırmasını belirlemeyi ve düzensiz parklanmadan kaynaklanan trafik aksamalarını gidermeyi hedeflemektedir. Mevcut fiziksel alanların kısıtlı olması, yeni otopark alanları inşa etmek yerine mevcut yol kenarı alanlarının en yüksek verimle kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Bu çalışmada, üniversite yerleşkesindeki düzensiz parklanmanın trafik akışına etkileri incelenerek; paralel, 30, 45, 60 ve 90 derecelik park senaryoları alan verimliliği temelinde analiz edilmiştir. AutoCAD destekli hesaplamalarla her güzergâh için optimum park açısı ve araç kapasiteleri belirlenmiş, toplam yol kenarı araç park kapasitelerinde %14, motor kapasitesinde ise %35 net artış elde edilmiştir. Buna ek olarak, saha gözlemleri sırasında güzergâh üzerindeki mevcut trafik levhalarının hatalı konumlandırıldığı ve sürücüleri yanlış yönlendirdiği tespit edilmiş; bu levhaların trafik güvenliği standartlarına uygun bir şekilde

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

yeniden düzenlenmesi sağlanmıştır. Elde edilen kapasite artışı ve işaretleme optimizasyonu, kampüs içi park yeri arama kaynaklı trafik sıkışıklığını minimize ederken, yaya ve taşıt güvenliğini de en üst düzeye çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Kampüs İçi Ulaşım, Park Açısı Optimizasyonu, Trafik Güvenliği, Ulaşım Planlaması, Yol Kenarı Parklanma

OPTIMIZATION OF ROADSIDE PARKING GEOMETRY AND TRAFFIC SAFETY ANALYSIS IN CAMPUS TRANSPORTATION

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÜNAL

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,

unal.ayse@alanya.edu.tr - 0000-0002-3262-135X

Selman AVCI

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,

selmanavci0707@gmail.com

Halil Emre YILMAZ

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,

hllylmz747@gmail.com

ABSTRACT

Due to the high number of students and academic/administrative staff who prefer using private vehicles, university campuses experience a parking shortage similar to that in city centers. Existing parking lots cannot meet the demand, leading to roadside parking. Irregular parking poses a safety risk. Maximizing the efficiency of existing physical spaces is critical for ensuring safe, sustainable, and smooth campus transportation. This study, conducted specifically at Alanya Alaaddin Keykubat University, aims to determine the optimal parking configuration by organizing roadside parking areas along campus road routes and to alleviate traffic disruptions caused by irregular parking. The limited availability of existing physical spaces has made it necessary to utilize existing roadside areas with maximum efficiency instead of constructing new parking lots.

This study examines the effects of irregular parking on traffic flow within the university campus; parallel, 30, 45, 60, and 90-degree parking scenarios were analyzed based on space efficiency. Using AutoCAD-supported calculations, optimum parking angles and vehicle

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

capacities were determined for each route, resulting in a net increase of 14% in total on-street parking capacity and 35% in motor vehicle capacity. Additionally, field observations revealed that existing traffic signs along the route were incorrectly positioned and misleading drivers; these signs were subsequently repositioned to comply with traffic safety standards. The resulting capacity increase and signage optimization minimize traffic congestion caused by searching for parking spaces on campus, while maximizing pedestrian and vehicle safety.

Keywords : Campus Transportation, Parking Angle Optimization, Traffic Safety, Transportation Planning, On-street parking

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte yaşanan sosyo-ekonomik dönüşümler, nüfus artışı ve kişi başına düşen gelir düzeyindeki yükselişle insanların refah düzeyinin artması, bireysel taşıt sahipliği oranlarında tahmin üstü ivmelenmeyi beraberinde getirmiştir. Otomotiv endüstrisindeki üretim maliyetlerinin düşmesi ve finansal erişim kolaylıkları ile desteklenen bu süreç, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ulaştırma altyapıları üzerinde ciddi bir baskı oluşturmuştur. Günümüzde taşıtların trafikte aktif kullanım sürelerinin kısıtlılığı dikkate alındığında, ulaştırma mühendisliği açısından parklanma olgusunun, trafik akış yönetiminden bağımsız düşünülemeyecek kritik bir problem olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Taşıtlar hareket halinden çok, park durumunda bulunmaktadır.

Kentsel alanlarda yetersiz toplu taşıma sistemleri ve bütüncül planlama eksiklikleri, otopark sorununu kronik bir hale getirmiştir. Bu bağlamda literatür; mekanik-otomasyon temelli teknolojik çözümlerden, talep yönetimi ve yasal düzenlemeleri kapsayan yönetimsel stratejilere kadar geniş bir çözüm yelpazesi sunmaktadır. Ancak, sürdürülebilir ve yaşanabilir kent dokularının inşası, yalnızca kapasite artırımıyla değil, mevcut alanların mühendislik kriterlerine dayalı optimizasyonuyla mümkündür.

Bu durum üniversite yerleşkelerinde daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Öğrenci, akademik ve idari personel sayısındaki artışa bağlı olarak üniversitelerde araç sahipliği oranı sürekli yükselmektedir. Türkiye'de devlet üniversitelerinde araç sahipliğinin her yıl yaklaşık %8 arttığı ve kampüslerin fiziksel kapasitelerinin bu artışa uyum sağlayamadığı belirtilmektedir (Yılmaz ve Doğan, 2016). Yoğun nüfus ve araç hareketliliğine sahip üniversite yerleşkeleri, otopark ihtiyacının en fazla hissedildiği alanlar arasında yer almaktadır (Öztürk, 2015; Şahin ve Çelik, 2019). Kampüs içi otopark yönetiminin yalnızca alan tahsisi değil, aynı zamanda etkin bir talep yönetimi süreci olduğu ifade edilmektedir (Öztürk, 2015).
Çalışma kapsamında incelenen üniversitede toplam 9 adet otopark bulunmakta olup bu alanların toplam kapasitesi 242 araçtır. Ancak mevcut kapasitenin yetersiz kalması nedeniyle kampüs içerisinde yol kenarlarına düzensiz parklanmalar yapılmakta; bu durum trafik akışını, yaya güvenliğini ve kampüs estetiğini olumsuz etkilemektedir (Erdem, 2017; Yıldız ve Aydın,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2020; Kara, 2021). Ayrıca literatürde otopark yetersizliğinin eğitim kalitesi ve personel motivasyonu üzerinde doğrudan etkili olduğu belirtilmektedir (Erdem, 2017; Şahin ve Çelik, 2019).

Bu probleme çözüm olarak mevcut park alanlarının yeniden düzenlenmesi ve yol geometrisine uygun açılı parklanma sistemlerinin uygulanması önerilmektedir. Literatürde, otopark kapasitesinin yalnızca yeni alan üretimiyle değil, mevcut yol kenarı alanlarının mühendislik kriterlerine göre optimize edilmesiyle artırılabileceği vurgulanmaktadır (Bulut, 2015; Güler ve Uzun, 2016; Arslan, 2018). Yol kenarı otopark tasarımında parklanma açısı; yol genişliği, manevra kabiliyeti ve trafik güvenliği kriterlerine göre belirlenmektedir (Özcan ve Sönmez, 2019; Yalçın, 2023). 90° açılı parklanma yüksek kapasite avantajı sağlarken, daha geniş manevra alanına ihtiyaç duymaktadır. Buna karşılık dar yol kesimlerinde paralel parklanma çözümleri güvenlik açısından önem taşımaktadır. Tasarımlarda TS 10551 standartları ve güncel Otopark Yönetmeliği esas alınmıştır (TSE, 1992; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2018).

Kampüs içi ulaşım güvenliğinin sağlanmasında trafik işaretlemeleri de önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Trafik levhalarının standartlara uygun olmamasının sürücü davranışlarını olumsuz etkileyerek kaza riskini artırdığı literatürde vurgulanmaktadır (Taş ve Karaşahin, 2017; Koç ve Tekin, 2019). Bu nedenle kampüs yollarına ait dijital bir trafik levhası envanteri oluşturulması ve eksik levhaların belirlenmesi, güvenli ulaşım yönetimi açısından önemli görülmektedir (Toprak, 2016; Şimşek ve Akın, 2021).

Son yıllarda uluslararası literatürde üniversite kampüslerinde sürdürülebilir otopark yönetimi ve yol kenarı parklanma optimizasyonu üzerine yapılan çalışmalar önemli ölçüde artmıştır. Özellikle akıllı kampüs yaklaşımı kapsamında geliştirilen çalışmalar, mevcut otopark alanlarının verimli kullanımının trafik yoğunluğunu azaltmada ve karbon emisyonlarının düşürülmesinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Mendoza-Silva vd. (2019), bir üniversite kampüsünde uyguladıkları simülasyon çalışmasında, akıllı park sistemi kullanmanın sürücülerin boş alan bulmak için kaybettikleri süreyi ve gittikleri mesafeyi önemli ölçüde azalttığını; bu durumun kampüs içi trafik akışını ve genel ulaşım verimliliğini iyileştirdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Abdelfatah ve Taha (2014), üniversite kampüsleri gibi gün boyu parklanmanın yoğun olduğu yerlerde otopark geometrisinin kapasiteyi etkilediğini; açılı parklanma sistemlerinin (örneğin 70 derece) alan kullanımını optimize ederken, manevra zorluklarına karşı ve yanlış tasarımların sebep olabileceği güvenlik risklerine karşı dik (90 derece) parklanmadan çok daha güvenilir bir trafik akışı sağladığını belirtmiştir. Sürdürülebilir kampüs ulaşımı ile ilgili kaynaklarda, otopark alanını geliştirmek amacıyla pahalı ve yeni yapılar inşa etmek yerine; mevcut yol sisteminin ve park alanlarının bilgisayar destekli alan analizleriyle yenilenmesinin maliyet bakımından daha avantajlı ve kapasite kullanımı açısından daha verimli olduğu belirtilmektedir. (Abdelfatah ve Taha, 2014; Tafoya, 2016).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu çalışmada, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi (ALKÜ) Kestel Yerleşkesi içerisindeki kampüs yolları ve mevcut yol kenarı parklanma alanları analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında kampüs içi yol ağının geometrik özellikleri AutoCAD ortamında modellenmiş, farklı yol kesitlerinde 0°, 30°, 45°, 60° ve 90° parklanma açıları uygulanarak kapasite değişimleri değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, yol genişliklerine göre en uygun ve en yüksek kapasite sağlayan parklanma açıları belirlenmiştir. Ayrıca kampüs içerisindeki güzergahlarda bulunan trafik levhaları incelenmiş, eksik veya güncellenmesi gereken levhalar tespit edilerek güzergahlara ait trafik işaretleme envanteri oluşturulmuştur. Çalışmanın temel amacı, kampüs içindeki mevcut alan kullanımını optimize ederek trafik güvenliği ve otopark verimliliğini artırmaya yönelik uygun parklanma düzenlerini ortaya koymaktır.

2. MATERYAL ve METOT

Çalışma alanı, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya ili Alanya ilçesi sınırları içerisindeki Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi (ALKÜ) Kestel Yerleşkesi'dir. Yerleşke içerisinde tüm fakültelere araç ile erişim sağlanabilmekte olup, yaya ulaşımı için kaldırım altyapısı bulunmaktadır. ALKÜ Kestel Yerleşkesi'nde 8 fakülte, 4 yüksekokul ve 1 lisansüstü eğitim enstitüsü yer almakta ve toplam 72 akademik program bulunmaktadır (URL 1). Yerleşke yaklaşık 13.590 öğrenci, 617 akademik personel ve 45 idari personele hizmet vermektedir (URL 2). AutoCAD ortamında yapılan ölçümlere göre yerleşke yaklaşık 2 km uzunluğunda yol ağına ve 222 dönümlük bir alana sahiptir. Yerleşke içerisinde toplam 237 araç kapasiteli 9 adet otopark alanı bulunmaktadır.



Görsel 1. Çalışma Alanı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

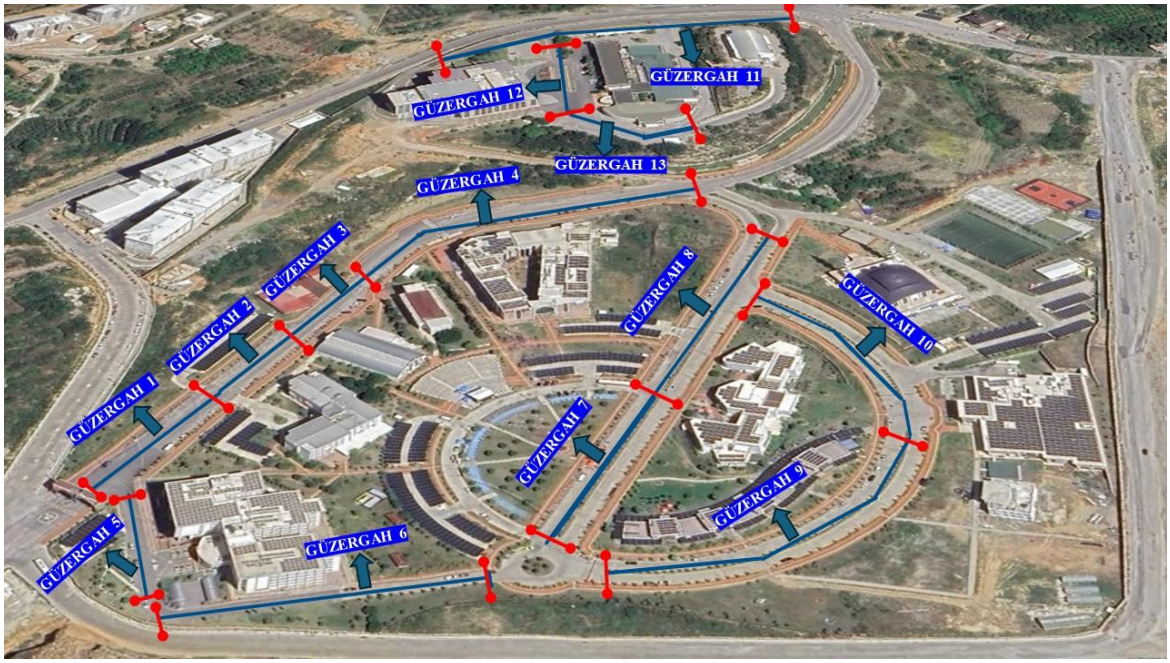
Çalışmanın ilk aşamasında ALKÜ Kestel Yerleşkesinde detaylı arazi çalışmaları ve yerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kampüs içerisindeki ana ulaşım aksları ile fakülte bağlantı yollarının geometrik özellikleri incelenmiş; yol genişlikleri ve güzergâh uzunlukları saha çalışmaları kapsamında ölçülmüştür. Ölçümler, Görsel 2'de gösterilen lazer metre cihazı kullanılarak arazi ortamında gerçekleştirilmiş, elde edilen veriler kampüse ait vaziyet planı ile karşılaştırılarak doğruluk kontrolleri yapılmıştır. Ayrıca çalışma sürecinde yol kesitleri, mevcut parklanma düzenleri, kaldırım durumları, trafik işaretlemeleri ve çevresel yapılaşmalar da yerinde gözlemlenerek kayıt altına alınmıştır.



Görsel 2. Kampüs İçi Güzergahlarda Yapılan Saha Ölçümleri

Kampüs içi ulaşım ağı kapsamında yer alan taşıt yolları; yol genişlikleri, uzunlukları, trafik akış özellikleri, çevresinde bulunan yapılar ve mevcut parklanma düzenleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Yerleşke içerisinde farklı geometrik özelliklere sahip yol kesitlerinin bulunması nedeniyle kampüs yolları kendi fiziksel ve işlevsel özelliklerine göre sınıflandırılmış ve bu doğrultuda toplam 13 farklı güzergâh oluşturulmuştur. Oluşturulan güzergahlar Görsel 3'te gösterilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 3. ALKÜ Kestel Yerleşkesi Yol Ağı ve Güzergahların Gösterimi

Güzergahların belirlenmesi sürecinde yol kesitlerinin genişlikleri, yol uzunlukları, mevcut trafik akışı, parklanma türleri, kaldırım durumları, trafik işaretlemeleri ve çevresinde bulunan fakülte, otopark, sosyal alan ve diğer yapılar dikkate alınmıştır. Ayrıca güzergahlar üzerinde yer alan yaya geçitleri, hız sınırı levhaları, kasisler, yön levhaları ve otopark işaretlemeleri de değerlendirilmiştir. Kampüs içerisinde farklı yol kesitlerinde paralel (0°), açılı (30°,45°,60°) ve dik (90°) parklanma uygulamalarının bulunduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında güzergahlara ait geometrik ölçümler ve parklanma analizleri AutoCAD programı kullanılarak gerçekleştirilmiş, mevcut park kapasitesi değerleri yerinde incelemeler ile desteklenmiştir. Böylece her güzergahın mevcut taşıt kapasitesi, trafik işleyişi ve parklanma karakteristiği ortaya konulmuştur. İncelenen güzergahlara ait teknik ve fiziksel özellikler Çizelge 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

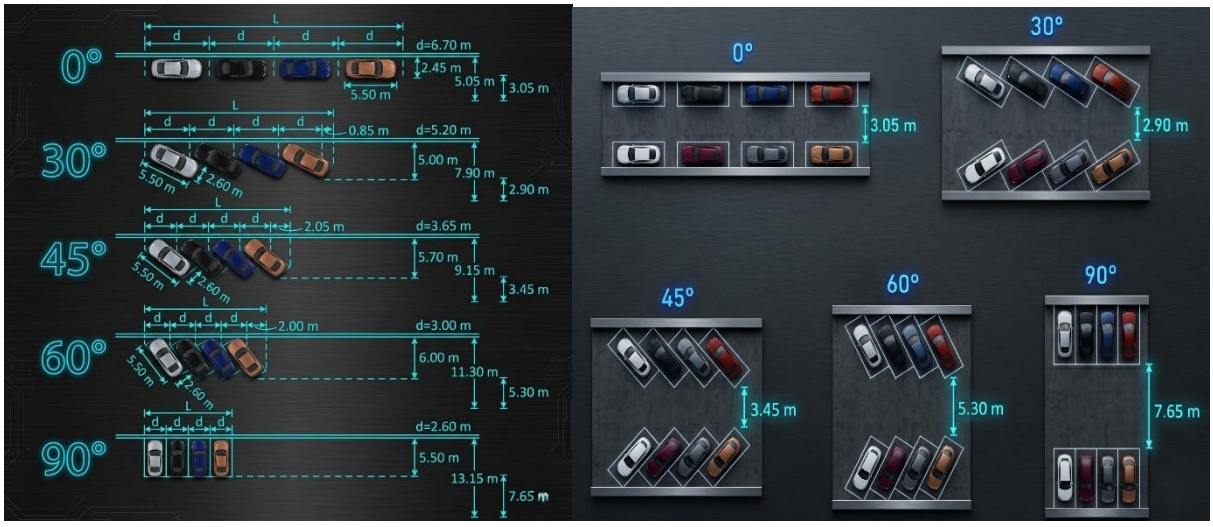
Çizelge 1. ALKÜ Kestel Yerleşkesinde İncelenen Güzergahların Fiziksel Özellikleri

Güzergâh	Yol Genişliği (m)	Yol Uzunluğu (m)	Park Açısı	Trafik Akışı	Mevcut Park Kapasitesi	Önemli Unsurlar
G1	15.5	70	0°	Çift yön	19 araç	Kasis levhası, ALTSO MYO otoparkı
G2	15.5	69	0°	Çift yön	18 araç	Kasis levhası, otopark
G3	15.5	60	0° ve 90°	Çift yön	20 araç	Sağlık Bilimleri Fak.,
G4	15.5	155	0°, 60°, 90°	Çift yön	49 araç	Yaya geçidi, hız levhası

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Güzergâh	Yol Genişliği (m)	Yol Uzunluğu (m)	Park Açısı	Trafik Akışı	Mevcut Park Kapasitesi	Önemli Unsurlar
G5	7.3	97	0°	Çift yön	2 araç	Mühendislik Fak., personel otoparkı
G6	7	120	0°	Tek yön	16 araç	Araç giremez levhası
G7	7+7	120	0°	Tek yön	24 araç	Refüjlü yol, ALTSO Turizm MYO
G8	7+7	200	0°	Tek yön	27 araç	Otopark alanları, yaya geçidi
G9	6.7+6.7	180	0°	Tek yön	49 araç	Çarşı bölgesi, kasis
G10	6.7+6.7	135	0°	Tek yön	24 araç	Yaşam merkezi, cami
G11	7	245	0°	Çift yön	23 araç	Tıp Fak., İİBF
G12	6 / 16.5	95	0° ve 90°	Çift yön	24 araç	Rektörlük, Mimarlık Fak.
G13	-	73	90°	Çift yön	37 araç	İİBF çevresi

Kampüs içi güzergahların değerlendirilmesi sürecinde yol kenarı otopark türleri analiz edilmiştir. Yol üstü otoparklar, araçların park etme açılarına göre genel olarak beş farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar; yola paralel park (0°), 30° açılı park, 45° açılı park, 60° açılı park ve yola dik park (90°) şeklindedir. Parklanma açılarına göre yol üstü otopark türleri Görsel 4'te gösterilmiştir.



Görsel 4. Açılarına Göre Park ve Manevra Alanları

Otopark tasarımında parklanma açısı; yol genişliği, manevra kabiliyeti, trafik güvenliği ve park kapasitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle kampüs içerisindeki her güzergahın fiziksel özelliklerine uygun parklanma türü değerlendirilmiştir. Özellikle manevra alanı, araçların park alanına giriş ve çıkışını sağlayan en önemli tasarım kriterlerinden biridir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Literatürde manevra koridorlarının yetersiz olması durumunda araçların park süresinin uzadığı, ek manevra ihtiyacının arttığı ve trafik akışının olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Krisnanda vd., 2018). Ayrıca yetersiz manevra alanlarının sürücü davranışlarını da etkileyerek düzensiz parklanmalara neden olduğu ifade edilmektedir (Abdi ve Jannah, 2022). Park açılarına göre gerekli manevra alanları Gösterge 4'de verilmiştir.

Paralel parklanma, genellikle yol genişliğinin sınırlı olduğu kesitlerde tercih edilmektedir. Bu yöntem düşük park kapasitesine sahip olmasına rağmen trafik akışını daha az etkilemesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca otopark tasarımında yalnızca park alanı boyutlarının değil, park açısı ile birlikte manevra alanlarının da birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Cottrell, 2010). Açılı parklanma sistemleri (30°, 45° ve 60°), sürücülere daha kolay manevra imkânı sunmakta ve paralel parklanmaya kıyasla daha yüksek kapasite sağlayabilmektedir. Literatürde, açılı ve dik parklanma düzenlerinin paralel parklanmaya göre alan kullanım verimliliğini artırdığı ifade edilmektedir (Yang vd., 2021).

Dik parklanma (90°) ise en yüksek kapasite verimliliğine sahip parklanma türüdür. Ancak bu sistemin uygulanabilmesi için yeterli manevra şeridine ihtiyaç duyulmaktadır. Yalçın (2023), 90° parklanmanın güvenli şekilde uygulanabilmesi için yol genişliğinin manevra alanı ile birlikte en az 13–14 m olması gerektiğini belirtmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında kampüs içindeki geniş yol kesitlerinde 90° parklanma uygulamaları değerlendirilmiş, dar kesitlerde ise paralel parklanma tercih edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, ALKÜ Kestel Yerleşkesinde belirlenen 13 farklı güzergâh için yol kenarı otopark analizleri gerçekleştirilmiştir. Her güzergâhta yol genişliği, manevra alanı ve trafik güvenliği kriterleri dikkate alınarak farklı parklanma açıları (0°, 30°, 45°, 60° ve 90°) değerlendirilmiştir. Şekil 5'te örnek olması amacıyla Güzergâh 1'e ait saha görüntüsü ve AutoCAD tabanlı parklanma senaryosu verilmiştir.

Güzergâh 1'de yapılan analizlerde tüm parklanma açıları değerlendirilmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda en yüksek kapasitenin, sol tarafta 0° paralel parklanma ve sağ tarafta 90° dik parklanma uygulamasında toplam 34 araç kapasitesi ile elde edildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, çift taraflı 30°, 45°, 60° ve 90° açılı parklanma uygulamalarının mevcut yol genişliği ve manevra alanı açısından uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Analizler sonucunda bazı güzergâhlarda yalnızca 0° paralel parklanmanın uygulanabildiği, bazı güzergâhlarda ise 90° dik parklanmanın daha yüksek kapasite sağladığı görülmüştür. Ayrıca motosikletler için oluşturulan yeni park alanlarının belirli güzergâhlarda kapasiteyi önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Çalışma öncesinde motosikletlerin düzensiz ve gelişigüzel şekilde park edilmesi, mevcut park alanlarının verimsiz kullanılmasına ve araç kapasitesinin

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

azalmasına neden olmaktaydı. Yapılan planlama ile birlikte motosiklet park alanları sistematik hale getirilmiş ve alan kullanım verimliliği artırmıştır.



Görsel 5. Güzergâh 1 için oluşturulan parklanma senaryosunun saha ve AutoCAD görünümü

Yapılan analizlerde 90° dik parklanmanın en yüksek araç kapasitesini sağladığı belirlenmiştir. Ancak bu sistemin uygulanabilmesi için yeterli manevra alanına ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Dar yol kesitlerinde ise yalnızca 0° paralel parklanma çözümünün uygun olduğu tespit edilmiştir. Güzergâh 5, 6, 11 ve 12 taraflı yol kenarı araç parkına uygunken diğer güzergahlara iki yönlü araç park edilebilmektedir. 30°, 45° ve 60° açılı parklanma seçenekleri bazı güzergâhlarda kapasite artışı sağlamakla birlikte, yol genişliğinin yetersiz olduğu bölgelerde trafik güvenliği açısından uygun bulunmamıştır. Özellikle geniş yol kesitlerinde 90° dik parklanma uygulamalarının kapasiteyi maksimum seviyeye çıkardığı görülmüştür. Dar yol kesitlerinde ise paralel parklanmanın trafik güvenliği açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Güzergâh 1 İçin Otopark Yerleşim Senaryoları ve Araç Kapasiteleri

Sol Kenar	Sağ Kenar	Uygunluk Durumu	Kapasite (Sol Kenar)	Kapasite (Sağ Kenar)	Toplam Kapasite
0°	0°	✅	10	9	19
0°	30°	✅	10	12	22
0°	45°	✅	10	16	26
0°	60°	✅	10	20	30
0°	90°	✅	10	24	**34**

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

30°	0°	✅	13	9	22
30°	30°	✅	13	12	25
30°	45°	❌	-	-	-
30°	60°	❌	-	-	-
30°	90°	❌	-	-	-
45°	0°	✅	18	9	27
45°	30°	❌	-	-	-
45°	45°	❌	-	-	-
45°	60°	❌	-	-	-
45°	90°	❌	-	-	-
60°	0°	✅	22	9	31
60°	30°	❌	-	-	-
60°	45°	❌	-	-	-
60°	60°	❌	-	-	-
60°	90°	❌	-	-	-
90°	0°	✅	25	9	34
90°	30°	❌	-	-	-
90°	45°	❌	-	-	-
90°	60°	❌	-	-	-
90°	90°	❌	-	-	-

Çizelge 3'de güzergâh bazında maksimum kapasite sağlayan parklanma açıları ve elde edilen araç kapasiteleri verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, geniş yol kesitlerine sahip güzergâhlarda 90° dik parklanma uygulamalarının kapasiteyi önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Özellikle G4 güzergâhında 90 araç kapasitesi ile çalışma kapsamındaki en yüksek kapasite değerine ulaşılmıştır. Dar yol kesitine sahip güzergâhlarda ise 0° paralel parklanmanın trafik güvenliği ve manevra açısından daha uygun olduğu görülmüştür.

Ayrıca bazı güzergâhlarda yol geometrisinin tek taraflı parklanmaya uygun olması nedeniyle yalnızca tek kenarda parklanma planlaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yol genişliği ve manevra alanının parklanma açısı seçiminde belirleyici parametreler olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. En yüksek kapasite sağlayan araç parklanma senaryolarının güzergâh bazlı gösterimi

Güzergâh	Sol Kenar	Sağ Kenar	Kapasite (Sol)	Kapasite (Sağ)	Toplam Kapasite
G1	0°	90°	10	24	34 araç

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

G2	0°	90°	8	20	28 araç
G3	0°	90°	7	5	12 araç
G4	90°	0°	52	18	70 araç
G5	-	0°	-	2	2 araç
G6	0°	-	16	-	16 araç
G7	0°	0°	12	12	24 araç
G8	0°	0°	13	14	27 araç
G9	0°	0°	23	26	49 araç
G10	0°	0°	13	11	26 araç
G11	0°	-	23	-	23 araç
G12	0° ve 90°	-	26	-	26 araç
G13	90°	90°	21	21	42 araç

Çizelge 4. Güzergâh Bazında Önerilen Trafik Levhaları Dağılımı

Güzergahlar \ Tarfik işaretleri																
Güzergah 1	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Güzergah 2	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Güzergah 3	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Güzergah 4	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Güzergah 5	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Güzergah 6	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Güzergah 7	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Güzergah 8	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗
Güzergah 9	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Güzergah 10	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Güzergah 11	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Güzergah 12	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Güzergah 13	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Çizelge 4'te kampüs içerisindeki güzergâhlarda önerilen trafik levhaları gösterilmiştir. Çalışma kapsamında her güzergâh mevcut yol geometrisi, trafik akışı, yaya güvenliği ve görüş mesafesi kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiş; gerekli trafik işaretlemeleri yeniden düzenlenmiştir. Analizler sonucunda eksik olduğu belirlenen levhalar, ilgili güzergâhlara önerilmiş ve kampüs içi trafik güvenliğinin artırılması amaçlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında ALKÜ Kestel Yerleşkesinde belirlenen 13 farklı güzergâh üzerinde yol kenarı otopark planlaması gerçekleştirilmiş ve farklı parklanma senaryoları mühendislik kriterleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, yol geometrisi ve manevra alanı uygun olan güzergâhlarda 90° dik parklanma uygulamalarının en yüksek araç kapasitesini sağladığı belirlenmiştir. Dar yol kesitlerinde ise paralel parklanmanın trafik akışını ve sürüş güvenliğini daha az etkileyen en uygun çözüm olduğu görülmüştür.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çalışma sonucunda mevcut düzensiz parklanma düzenine kıyasla otomobil park kapasitesinde yaklaşık %14 oranında artış sağlanmıştır. Bunun yanında, motosikletler için oluşturulan özel park alanları sayesinde motosiklet park kapasitesinde yaklaşık %35 oranında artış elde edilmiştir. Özellikle sınırlı alanlara sahip güzergâhlarda motosiklet park alanlarının planlanmasının alan kullanım verimliliğini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.

AutoCAD ortamında oluşturulan otopark yerleşim senaryoları sayesinde mevcut yol alanlarının daha sistematik, düzenli ve verimli kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca kampüs genelindeki trafik levhaları yeniden değerlendirilmiş, eksik veya standartlara uygun olmayan işaretlemeler tespit edilerek güzergâh bazında gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler ile kampüs içi trafik güvenliğinin artırılması, sürücü-yaya ilişkilerinin daha kontrollü hale getirilmesi ve ulaşım düzeninin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Sonuç olarak çalışma kapsamında geliştirilen otopark ve trafik yönetim yaklaşımının, ALKÜ Kestel Yerleşkesinde mevcut ulaşım problemlerinin azaltılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların, benzer kampüs yerleşkelerinde gerçekleştirilecek otopark planlama çalışmalarına teknik ve uygulama açısından örnek oluşturabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abdelfatah, A. S., & Taha, M. A. (2014). Parking capacity optimization using linear programming. Journal of Traffic and Logistics Engineering, 2(2), 108-112

Abdi, G. N., & Jannah, A. N. (2022). Evaluası Kebutuhan Ruang Parkır Sepeda Motor Dı Pt Tırta Investama Wonosobo. Teknisia, 27(1), 60-70.

Arslan, M. (2018). Kampüs İçi Trafik Yönetiminde Otopark Kapasite Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bulut, L. (2015). Yol Kenarı Otopark Tasarımında Geometrik Standartlar. Ulaşım Araştırmaları Dergisi.

Cottrell, W. D. (2010). Review of Parking Design Practices for Motorcycles. Transportation research record, 2194(1), 99-106.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2018). Otopark Yönetmeliği. 22 Şubat 2018 Tarihli Resmî Gazete.

Erdem, K. (2017). Üniversite Kampüslerinde Parklanma Sorunları ve Çözüm Önerileri. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Güler, Y. ve Uzun, M. (2016). Kampüs İçi Trafik Akışının Sayısal Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.

Kara, A. (2021). Şehir İçi Yollarda Parklanma Karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ.

Koç, İ. ve Tekin, M. (2019). Trafik Güvenliğinde İşaretleme Hatalarının Analizi. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi.

Krisnanda, Y. R., Hapsari, I., Arlianto, J. A., Tjahjoanggoro, A. J., Hartono, M., & Tondok, M. S. (2018). Motorcycle Parking Design with Simulation Approach Case Study: Rusunawa Penjaringan Sari 3, Surabaya. MATEC Web of Conferences, 215, 01008. https://doi.org/10.1051/matecconf/201821501008

Mendoza-Silva, G. M., Torres-Sospedra, J., & Huerta, J. (2019). An occupancy simulator for a smart parking system: Developmental design and experimental considerations. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(5), 212.

Özcan, V. ve Sönmez, L. (2019). Açılı Parklanmanın Trafik Kapasitesine Etkisi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.

Öztürk, S. (2015). Eğitim Yapılarında Ulaşım ve Otopark İhtiyacı. Eğitim ve Bilim Dergisi.

Şahin, R. ve Çelik, H. (2019). Kampüs Alanlarında Araç Sahipliği ve Park Talebi. İstatistik ve Planlama Dergisi.

Şimşek, G. ve Akın, E. (2021). Ulaşım Altyapısında Envanter Çalışmalarının Önemi. Belediye ve Şehir Dergisi.

Tafoya, M. (2016). Using Geographic Information Systems (GIS) to Enhance Campus Safety, Planning and Building Management. Northern Arizona University.

Taş, M. ve Karaşahin, M. (2017). Karayolu Güvenlik Denetimi Uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.

Toprak, Z. (2016). Yerleşke Yönetiminde Dijitalleşme ve Trafik Kontrolü. Veri Yönetimi Dergisi.

Yalçın, S. (2023). Kentsel Yollarda Geometrik Tasarım ve Güvenlik. Literatür Yayınları.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Yang, G., Chen, J., Lu, K., & Zhang, C. (2021). Improving utilization efficiency and drivers' degree of satisfaction in urban complex parking lot through modelling the dynamic allocation of parking spaces. Applied Sciences, 11(18), 8680.

Yılmaz, A. ve Doğan, S. (2016). Türkiye'de Ulaşım Sektörünün Gelişimi. İktisat Fakültesi Mecmuası.

Yıldız, G. ve Aydın, N. (2020). Kampüslerde Yaya-Araç Çatışma Analizleri. Trafik ve Yol Güvenliği Dergisi.

URL 1. https://www.alanya.edu.tr/alku/kurumsal/alku-tanitim/. [Erişim Tarihi:15.05.2026]

URL 2. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://oidb.alanya.edu.tr/media/cfvfw42w/2025-yili-birim-faaliyet-raporu.pdf. [Erişim Tarihi:15.05.2026]

.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

URLA İLÇESİ DOĞAL VE KÜLTÜREL PEYZAJ DEĞERLERİ BAĞLAMINDA EKOTURİZM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKTEN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Atabey Meslek Yüksekokulu, Isparta-Türkiye
sibelakten@isparta.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6242-9687

Prof. Dr. Murat AKTEN
Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta-Türkiye
muratakten@sdu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4255-926X

ÖZET
Ekoturizm, kalkınma politikaları ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, yerel halkın turizm geliştirme süreçlerine aktif katılımını esas alan ve doğal-kültürel mirasın korunmasını önceliklendiren alternatif bir turizm türü olarak tanımlanmaktadır. İzmir'in Urla ilçesi, tarihsel süreçte farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış olup Klazomenai Antik Kenti başta olmak üzere çok sayıda somut kültürel miras unsurunu ve özgün sivil mimari örneklerini bünyesinde barındırmaktadır. İlçede yer alan tarihi Urla evleri, bağ yolları ve gastronomi rotaları gibi değerler kültürel peyzaj açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte Urla'nın kıyı ekosistemi, zeytinlik alanları ve tarımsal peyzaj dokusu, ilçenin ekoturizm potansiyelini destekleyen başlıca doğal kaynaklar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Urla ilçesinin ekoturizm potansiyelini peyzaj mimarlığı perspektifiyle değerlendirmek ve mekânsal planlama süreçlerine yönelik öneriler geliştirmektir. Araştırma kapsamında ilçenin doğal ve kültürel peyzaj özellikleri incelenmiş, turizm potansiyeli taşıyan alanlar belirlenmiş ve ilgili literatür doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda Urla'nın ekoturizm açısından güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditlerini ortaya koymak amacıyla GZFT (SWOT) analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, ilçede ekoturizmin sürdürülebilir biçimde geliştirilmesine yönelik stratejik planlama kararları için temel bir çerçeve sunmuştur. Bu bağlamda tarımsal peyzajın ve bağ rotalarının korunması, gastronomi turizminin ekolojik denge gözetilerek planlanması, yerel halkın turizm sürecine etkin katılımının artırılması ve turizm faaliyetlerinin kontrollü biçimde yönlendirilmesi öncelikli stratejiler olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma, Urla ilçesinin ekoturizm potansiyelinin etkin kullanımı ve peyzaj değerlerinin korunmasına yönelik sürdürülebilir planlama önerileri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Urla, Peyzaj değerleri, Ekoturizm, Sürdürülebilir planlama

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AN ASSESSMENT OF ECOTOURİSM POTENTİAL İN THE CONTEXT OF THE NATURAL AND CULTURAL LANDSCAPE VALUES OF URLA DİSTRİCT

Abstract

Ecotourism is defined as an alternative form of tourism that prioritizes the protection of natural and cultural heritage and is based on the active participation of local communities in tourism development processes, in line with development policies and sustainability principles. The Urla district of İzmir has been home to various civilizations throughout history and houses numerous tangible cultural heritage elements, including the ancient city of Klazomenai, as well as unique examples of civil architecture. The historic Urla houses, vineyard paths, and culinary routes found in the district are significant in terms of the cultural landscape. Additionally, Urla's coastal ecosystem, olive groves, and agricultural landscape are among the primary natural resources that support the district's ecotourism potential.

The aim of this study is to assess the ecotourism potential of Urla District from a landscape architecture perspective and to develop recommendations for spatial planning processes. As part of the research, the district's natural and cultural landscape characteristics were examined, areas with tourism potential were identified, and an evaluation was conducted in line with the relevant literature. Based on the data obtained, a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) analysis was conducted to identify Urla's strengths and weaknesses, as well as its opportunities and threats, in terms of ecotourism. The analysis results have provided a fundamental framework for strategic planning decisions aimed at the sustainable development of ecotourism in the district. In this context, the preservation of the agricultural landscape and vineyard routes, the planning of gastronomic tourism with due regard for ecological balance, the enhancement of the local community's active participation in the tourism process, and the controlled management of tourism activities have been identified as priority strategies. In conclusion, the study offers sustainable planning recommendations for the effective utilization of Urla District's ecotourism potential and the preservation of its landscape values.

Keywords: Urla, Landscape values, Ecotourism, Sustainable planning

1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı kentleşme, sanayileşme ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar, doğal ve kültürel kaynaklar üzerindeki baskıyı artırırken, sürdürülebilir turizm yaklaşımlarına olan ihtiyacı her zamankinden daha kritik bir noktaya taşımıştır (UNESCO, 2021). Bu bağlamda ekoturizm, doğal alanların korunmasını, yerel halkın refahını ve kültürel mirasın sürdürülebilirliğini esas alan bir model olarak ön plana çıkmaktadır.

Ekoturizm kavramı ilk kez 1983 yılında, çevreci Meksikalı mimar ve uluslararası ekoturizm danışmanı Hector Ceballos Lascurain tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ekoturizm, doğayı bozmayan ve koruyan bir turizm anlayışını ifade etmektedir. Ekoturizm Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN)'nin tanımına göre, eğlenmeyi, doğayı ve kültürel kaynakları anlayarak

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

korumayı destekleyen, düşük ziyaretçi etkisi olan, yerel halka sosyo-ekonomik fayda sağlayan ve doğal alanlara karşı çevresel açıdan sorumluluk taşıyan seyahat ve ziyarettir (İsayeva & Kasalak, 2016). Demir & Çevirgen (2006) ise ekoturizmi, ev sahibi bölgenin doğal, sosyo-kültürel ve diğer özelliklerinin minimum düzeyde hasar görmesini sağlayacak ziyaret etkinlikleri olarak tanımlamaktadır. Sosyo-kültürel olarak bozulmamış ve kirletilmemiş bölgelerin ziyaret edilmesi, bu bölgelerdeki manzaraların, bitki ve hayvanların, ayrıca mevcut kültürlerin incelenmesi yine literatürde ekoturizm olarak tanımlanmıştır (Kurdoğlu, 2001; The International Ecotourism Society-TIES, 2026).

Ekoturizmin literatürdeki tanımları, doğal ve kültürel kaynaklara değer verme ve doğayla ilişki kurma odaklıdır. Bu nedenle ekoturizm, sürdürülebilir turizm çeşitlerinden biri olarak kabul edilebilir. Sürdürülebilir turizmin bir parçası olarak ekoturizm, turistlere eşsiz bir deneyim sunarken, yerel halkın refahına, doğal kaynakların korunmasına ve yerel kültürün muhafaza edilmesine katkıda bulunur; aynı zamanda turistlerin ve yerel topluluğun ihtiyaçları arasında bir denge sağlar. Kaynak kullanımını en üst düzeye çıkarmaya, yerel ekonomik kalkınmayı teşvik etmeye ve sosya-ekonomik kaynakların adil dağılımını sağlamaya odaklanır (Stanciu, vd., 2022; Li vd., 2022).

Ekoturizm, oldukça geniş bir yelpazede faaliyetleri kapsayan bir turizm türüdür ve doğa temelli turizm, yumuşak turizm, özel ilgi turizmi, yeşil turizm, sorumlu turizm, bilinçli turizm, kırsal turizm ve alternatif turizm gibi diğer turizm türleriyle birlikte ele alınabilir (Erdoğan & Erdoğan, 2005). Ancak ekoturizmi diğerlerinden ayıran en belirgin özellik, doğa temelli olmasıdır ve faaliyetlerin içeriği, ekoturizmin gerçekleştirildiği bölgenin coğrafi, doğal, ekonomik ve sosyo-kültürel özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Türkiye'nin Ege kıyılarında stratejik bir konuma sahip olan Urla ilçesi, sahip olduğu zengin biyoçeşitlilik, özgün peyzaj karakteri ve derin tarihi geçmişi ile ekoturizm faaliyetleri için yüksek bir potansiyel barındırmaktadır. Ekoturizm daha fazla geçim kaynağı oluşturmada, biyolojik çeşitliliği ve kültürel korumayı teşvik etme yönünden yerel halk tarafından önemli bir araç olarak görülmektedir (Almeyda vd., 2010).

Urla, sadece bir sahil kasabası olmanın ötesinde, tarımsal mirası, geleneksel mimari dokusu ve flora-fauna çeşitliliği ile bütüncül bir doğal ve kültürel peyzaj alanı niteliğindedir. Ancak, artan turizm talebi ve kontrolsüz gelişim riskleri, bu hassas dengenin korunmasını zorunlu kılmaktadır. Bir destinasyonun turizm potansiyelinin doğru yönetilmesi, mevcut değerlerin bilimsel yöntemlerle analiz edilmesi ve gelişim stratejilerinin bu veriler ışığında kurgulanmasıyla mümkündür. Bu araştırmada, Urla ilçesinin doğal ve kültürel peyzaj değerleri çerçevesinde ekoturizm potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında ele alınmış olup, ilçenin ekoturizm açısından güçlü ve zayıf yönleri ile karşı karşıya olduğu fırsat ve tehditlerin belirlenmesi için stratejik planlama araçlarından biri olan SWOT analizi yöntemi kullanılmıştır (Wheelen vd., 2017).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çalışma alanının mevcut durumu bütüncül bir biçimde değerlendirmeye olanak sağlamak ve sürdürülebilir gelişim kararlarının oluşturulması amacıyla uygulanan SWOT analizi verileri TOWS matrisine dâhil edilerek yalnızca mevcut durumun tespit edilmesini değil, aynı zamanda Urla'nın ekoturizm odaklı strateji geliştirme sürecine temel oluşturacak verilerin sistemli bir şekilde elde edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen bulguların, yerel yönetimler, plancılar ve karar vericiler için sürdürülebilir bir turizm rehberi niteliği taşıması öngörülmektedir.

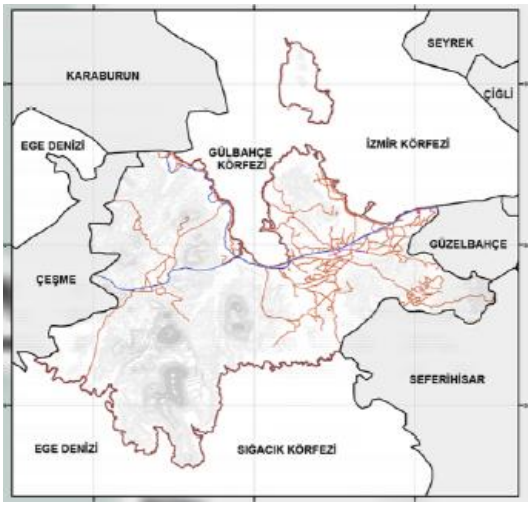
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini, İzmir iline bağlı Urla ilçesi oluşturmaktadır (Görsel 1).



Görsel 1. Çalışma alanının konumu

İzmir kent merkezine 38 kilometre uzaklıktaki Urla, doğusunda Güzelbahçe ve Seferihisar, batısında Çeşme, kuzeybatısında Karaburun ilçeleri ve Ege Denizi ile çevrelenmiştir (Görsel 2). Kuzeyinde İzmir Körfezi ve Güneyinde ise Ege Denizi ile çevrilidir (Edil Akman & Akdağ, 2024). Yüzölçümü 728 km^2 olan ilçenin nüfusu 2025 yılı TÜİK verilerine göre 82.021 kişidir.



Görsel 2. Urla ilçesi ve yakın çevresi

Urla, özgün doğal yapısı, biyoçeşitliliği ve sürdürülebilir turizm potansiyeli nedeniyle ekoturizm kapsamında değerlendirilmek üzere çalışma alanı olarak seçilmiştir. İlçenin sahip olduğu doğal alan çeşitliliği, gastronomi temelli üretim kültürü ve kültürel peyzaj özellikleri, ekoturizm açısından değerlendirilmesi gereken önemli kaynaklar sunmaktadır. Bu çalışma, Urla'nın sahip olduğu doğal peyzaj elemanları (kıyı alanları, flora-fauna, topoğrafya, doğal

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

sitler, tarım peyzajı vb.) ile kültürel peyzaj elemanları (antik kentler, köy dokuları, gastronomi, bağcılık, geleneksel üretim, festivaller vb.) üzerinden ilçenin ekoturizm potansiyelini peyzaj mimarlığı perspektifiyle değerlendirmeyi ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda mekânsal planlama ve stratejilerine yönelik öneriler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışma nitel araştırma yaklaşımı kapsamında ele alınmış olup, Urla ilçesinin kültürel ve doğal turizm kaynaklarını ortaya koymak ve ekoturizm açısından ilçenin güçlü ve zayıf yönleri ile turizm açısından doğacak fırsatlar ve tehditlerin belirlenmesi için SWOT analizi yöntemi kullanılmıştır. SWOT analizi, bir destinasyonun mevcut durumunu bütüncül biçimde değerlendirmeye olanak sağlayan stratejik planlama araçlarından biri olup, turizm planlamasında sürdürülebilir gelişim kararlarının oluşturulmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Kazemiyeh vd., 2018). SWOT analizine ek olarak TOWS matrisi oluşturularak strateji geliştirme sürecine temel oluşturacak şekilde uygulanmıştır. TOWS matrisi fırsatlardan yararlanarak güçlü yönleri geliştirirken, zayıf yönleri ise ortadan kaldırmayı, tehditlerden kaçınmak için güçlü yönlerden yararlanmayı ve zayıf yönleri ise en aza indirmeyi hedefleyen stratejik planlama çalışmalarında yaygın bir şeklide kullanılan niteliksel bir araştırma yöntemidir (Mero vd., 2018; Özgeriş & Karahan, 2021; Bengal, 2026).

2.1. Veri Toplama Süreci

SWOT aşamasını oluşturmak için iki temel veri kaynağı kullanılmıştır;

- **Literatür taraması:** Araştırmanın ilk aşamasında ekoturizm, sürdürülebilir turizm, peyzaj değerleri ve kültürel peyzaj kavramlarına ilişkin ulusal ve uluslararası literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında Urla ilçesine yönelik hazırlanmış çevre düzeni planları, imar planları, koruma statülerine ilişkin belgeler, turizm raporları, belediye yayınları ve ilgili kurumların strateji belgeleri incelenmiştir. Bu dokümanlar, ilçenin doğal ve kültürel kaynaklarının belirlenmesi ve SWOT analizinin temellendirilmesi açısından veri sağlamıştır.

- **Alan gözlemi:** Araştırmanın ikinci aşamasında Urla ilçesinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Alan gözlemleri kapsamında ilçenin kıyı alanları, kırsal yerleşimleri, tarımsal peyzaj alanları ve kültürel miras noktaları yerinde incelenmiştir. Bu süreçte ekoturizm açısından çekicilik oluşturan alanlar belirlenmiş, mevcut turizm kullanımları, altyapı koşulları, erişilebilirlik durumu ve çevresel baskı unsurları değerlendirilmiştir. Alan çalışmaları sırasında gözlemler fotoğraflarla desteklenmiş ve arazi notları oluşturulmuştur.

2.2. SWOT Analizinin Uygulanması

Elde edilen verilerin çözümlenmesinde, stratejik planlama süreçlerinde yaygın olarak kullanılan SWOT analizi yöntemi tercih edilmiştir. SWOT analizi, bir destinasyonun mevcut durumunu bütüncül bir biçimde değerlendirmeye olanak sağlayan analitik bir yöntemdir (Wheelen vd., 2017). Bu araştırma kapsamında yöntem şu basamaklarla uygulanmıştır:

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

İçsel Analiz (Güçlü ve Zayıf Yönler): Urla'nın ekoturizm kapasitesini artıran mevcut potansiyelleri (endemik bitki örtüsü, yerel mutfak kültürü vb.) ve bu gelişimin önündeki içsel engeller (altyapı eksiklikleri vb.) sınıflandırılmıştır.

Dışsal Analiz (Fırsatlar ve Tehditler): Bölge dışından kaynaklanan ve süreci etkileyebilecek olumlu dış faktörler ile koruma-kullanma dengesini bozabilecek olası riskler belirlenmiştir.

Bu aşamada elde edilen bulgular tablo halinde düzenlenmiş ve Urla'nın ekoturizm potansiyeli açısından mevcut durumu ortaya konulmuştur.

2.3.Strateji Geliştirme: TOWS Matrisi

SWOT analizinden elde edilen bulguların stratejik önerilere dönüştürülmesi amacıyla çalışmada **TOWS matrisi** yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu kapsamda:

- **SO stratejileri** (Güçlü yön + Fırsat): güçlü yönlerin fırsatlarla bütünleştirilmesine yönelik stratejiler,
- **WO stratejileri** (Zayıf yön + Fırsat): zayıf yönlerin fırsatlar doğrultusunda iyileştirilmesine yönelik stratejiler,
- **ST stratejileri** (Güçlü yön + Tehdit): güçlü yönlerin tehditleri azaltacak biçimde kullanılmasına yönelik stratejiler,
- **WT stratejileri** (Zayıf yön + Tehdit): zayıf yönlerin ve tehditlerin etkisini en aza indirmeye yönelik koruma ve yönetim stratejileri geliştirilmiştir.

Yöntem, yalnızca mevcut durumun tespit edilmesi amacıyla değil, aynı zamanda sürdürülebilir gelişim kararlarının oluşturulmasına ve bölgeye özgü strateji geliştirme sürecine temel oluşturacak şekilde yapılandırılmıştır.

3. BULGULAR

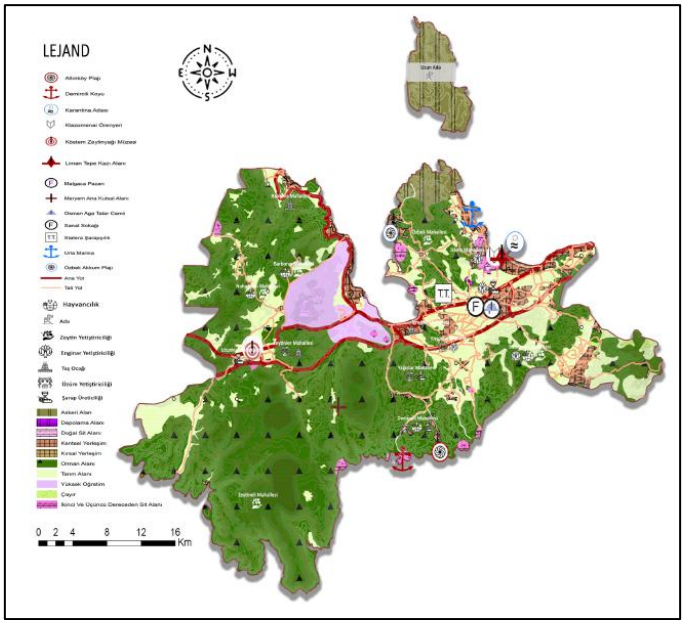
3.1. Urla İlçesinin Doğal ve Kültürel Peyzaj Değerlerine İlişkin Bulgular

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen literatür taraması, doküman incelemesi ve arazi gözlemleri sonucunda Urla ilçesinin ekoturizm açısından değerlendirilebilecek önemli doğal ve kültürel peyzaj değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. İlçenin kıyı alanları, koyları ve doğal manzara çeşitliliği doğa temelli turizm faaliyetleri için güçlü bir çekicilik oluştururken; Köstem Zeytinyağı Müzesi, zeytinlikler, bağ alanları ve tarımsal üretim peyzajları agro-ekoturizm açısından önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır. Bunun yanı sıra Urla, arkeolojik alanlar, geleneksel yerleşim dokusu, yerel üretim kültürü ve gastronomi gibi unsurlar sayesinde kültürel peyzaj açısından da zengin bir potansiyele sahiptir. Klazomenai Antik Kenti tarihsel odak noktası olarak öne çıkarken sağlık tarihi mirası Karantina Adası ve Urla Sanat Sokağı sosyo-kültürel çekim gücünü oluşturan unsurlardır. İlçe genelinde Köprülü Mescidi, Denizli Mahallesindeki İslam ve Türk eserleri Rüstempaşa Camii ve Hamamı, Yahşibey Külliyesi, Helvacılar Camii ve Hamamı, Sübyan Mektebi, Kılıç Hocaali Camii, Fatih İbrahimbey Camii

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ve Külliyesi, Kütükminare Camii ilçede sayılabilecek önemli tarihi eserlerdir (Urla Kaymakamlığı, 2026).

Arazi gözlemlerinde ise özellikle kıyı bölgelerinde rekreasyon ve turizm baskısının arttığı, buna karşın kırsal alanlarda ekoturizm faaliyetlerine uygun peyzaj karakterinin büyük ölçüde korunduğu tespit edilmiştir (Görsel 3).



Görsel 3. Urla ilçesi alan kullanım haritası

İlçede ekoturizm potansiyelinin geliştirilmesi açısından güçlü kaynaklar bulunmakla birlikte, yönlendirme, altyapı ve sürdürülebilir ziyaretçi yönetimi açısından eksiklikler olduğu görülmüştür.

3.2. SWOT Analizine Yönelik Bulgular

Urla ilçesinin doğal ve kültürel peyzaj değerleri temelinde ekoturizm potansiyeli SWOT analizi ile değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 1 ve 2'de sunulmuştur. SWOT analizi içsel analiz ve dışsal analiz olarak ikiye ayrılmıştır. İçsel etmenler yani güçlü ve zayıf yönler Çizelge 1, dışsal etmenler yani fırsatlar ve tehditler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. SWOT Analizine Ait İçsel Etmen Sonuçları

S-W	İçsel Analiz (Güçlü ve Zayıf Yönler)
Güçlü Yönler (Strengths)	Urla ilçesi iklimsel özellikler ve doğal kaynaklar yönünden oldukça zengindir.
	Urla'nın kıyı peyzajı, koyları ve doğal manzara çeşitliliği ekoturizm faaliyetleri için güçlü bir çekicilik oluşturmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

	İlçede zeytinlikler, bağ alanları ve tarımsal üretim sahaları ile şekillenen tarımsal peyzaj**,** agro-ekoturizm açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.
	Urla'nın İzmir'e yakın konumu, ulaşım kolaylığı ve günübirlik ziyaretçi potansiyeli sayesinde erişilebilirliği yüksektir**.**
	İlçede gastronomi kültürü (özellikle enginar, zeytinyağı, şarap üretimi) gelişmiş olup yerel ürün temelli turizm için avantaj sağlamaktadır.
	Tarihi ve kültürel miras açısından Urla, antik dönemden günümüze uzanan arkeolojik alanlara ve kültürel birikime sahiptir.
	Zeytinyağı üretimi, Klazomenai Zeytinyağı İşliğinde (MÖ 6. yüzyıl civarı) başlamıştır. Köstem organik zeytinyağı üretimi müze olarak hizmet vermektedir.
	İlçe genelinde konaklama tesisleri ve kampçılık için uygun alanlar bulunmaktadır.
	Yerel halk kültürel kimliğine ve doğal çevreye güçlü bir bağ ile bağlıdır.
	Yaşları 300 ile 2000 yıl arasında değişen 68 anıt zeytin ağacı, Urla Yarımadası'nın kadim zeytin kültürünün en önemli göstergelerinden biri durumundadır.
	Urla ilçesi yüksek miktar ve kalitede üzüm üretim merkezleri arasında yer almaktadır.
	İlçede farklı eğitim seviyelerinde dalış eğitimi verilmekte ve su altı turizminde önemli paydaşlardan biri durumundadır.
Zayıf Yönler (Weaknesses)	Ekoturizm faaliyetlerini destekleyecek yönlendirme tabelaları, bilgilendirme panoları ve rotaların standartlaştırılması yetersizdir
	Doğa yürüyüşü, bisiklet rotası gibi etkinliklere uygun altyapı ve güvenlik düzenlemeleri sınırlıdır.
	Yaz sezonunda artan turizm hareketliliği nedeniyle bazı alanlarda aşırı kullanım baskısı oluşmaktadır.
	Kıyı alanlarında turizm odaklı gelişmelerin artması, doğal peyzajın korunması açısından planlama zorlukları yaratmaktadır.
	Ekoturizm kavramına yönelik yerel ölçekte kurumsal planlama ve strateji eksikliği dikkat çekmektedir
	Taşıma kapasitesi ve ziyaretçi yönetimi konusunda uygulamaya dönük sistematik yaklaşımın yetersiz olduğu görülmektedir.
	Bazı kırsal alanlarda ulaşım altyapısı ve toplu taşıma bağlantıları sınırlı olup ekoturizm alanlarına erişimde eşitsizlik oluşabilmektedir.
	Tarihi ve kültürel değerlere (4 cami, 3 mescit, 2 türbe, 1 tarihi hamam) sahip olunmasına rağmen, bazı yapılara restorasyon ve bakım yapılmamıştır.
	Bölgede otopark alanlarının yetersizliği turistlere ve yerli halka sorun teşkil etmektedir.

Çizelge 2. SWOT Analizine Ait Dışsal Etmen Sonuçları

O-T	**Dışsal Analiz (Fırsatlar ve Tehditler)**
Fırsatlar (Opportunities)	Dünyada ve Türkiye'de artan çevre bilinci ile birlikte doğa temelli turizm ve ekoturizm talebinin yükselmesi Urla için fırsat oluşturmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

	İzmir ve çevresindeki büyük nüfus, Urla'nın günübirlik ve kısa süreli ekoturizm destinasyonu olmasını desteklemektedir.
	Yerel ürünlere dayalı gastronomi turizmi ve agro-turizm eğilimleri, Urla'nın kırsal kalkınma hedefleriyle örtüşmektedir.
	Sürdürülebilir turizm kapsamında ulusal/uluslararası fon ve proje destekleri, ekoturizm yatırımları için finansal fırsatlar sunmaktadır.
	Kültürel mirasın korunması ve tanıtımına yönelik projelerle, Urla'nın kültürel peyzaj bileşenleri turizm rotalarına entegre edilebilir**.**
	Ekolojik tarım, organik üretim ve yerel pazarların güçlenmesi, ekoturizmin temel ilkelerinden olan yerel ekonomiye katkıyı artırabilir.
	Urla yakınlarında yer alan Efes-Mimas Yolu, Efes, Kolophon, Lebedos, Teos, Klazomenai ve Erythrai antik kentlerini birbirine bağlayan 709 km'lik tarihi bir rotadır.
	İlçede geleneksel olarak düzenlenen festival ve şenliklerin ekoturizm ve kültürel turizm açısından potansiyel oluşturmaktadır.
Tehditler (Threats)	Kıyı alanlarında artan yapılaşma baskısı, doğal peyzajın bütünlüğünü bozarak ekoturizm değerlerini geri dönülmez biçimde zayıflatabilir**.**
	İklim değişikliği etkileri (kuraklık, sıcak hava dalgaları, orman yangınları) Urla'nın doğal ekosistemleri üzerinde risk oluşturmaktadır**.**
	Turizmde kontrolsüz büyüme, atık yönetimi ve su kaynakları üzerinde baskı oluşturarak çevresel sürdürülebilirliği tehdit edebilir.
	Taşıma kapasitesi aşımı, kıyı ve kırsal alanlarda habitat bozulması ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi sorunları artırabilir.
	Tarım alanlarının turizm veya yapılaşma baskısıyla dönüşmesi, kültürel peyzajın temel unsurlarından olan üretim sistemlerini zayıflatabilir.
	Plansız turizm gelişimi, yerel halkın yaşam kalitesini düşürerek sosyal kabulü azaltabilir.
	Arkeolojik alanların yeterli koruma olmaksızın turizm baskısına açılması kültürel mirasın zarar görmesine yol açabilir.

3.4. TOWS Matrisi Bulguları ve Stratejik Yaklaşımlar

SWOT analizi sonuçları, Urla ilçesinin doğal ve kültürel peyzaj değerleri açısından ekoturizm potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. İlçenin kıyı alanları, tarım peyzajı ve gastronomi kültürü gibi güçlü çekicilik unsurları, ekoturizm faaliyetlerinin çeşitlendirilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle bağcılık ve zeytincilik faaliyetleriyle şekillenen kırsal peyzajın korunmuş olması, agro-ekoturizm faaliyetlerinin geliştirilmesi için güçlü bir altyapı sağlamaktadır.

Bununla birlikte, ekoturizmin temel ilkeleri arasında yer alan çevresel sürdürülebilirlik, yerel halkın katılımı ve koruma-kullanma dengesi açısından ilçede bazı riskler bulunmaktadır. Kıyı alanlarında yoğunlaşan turizm baskısı, plansız yapılaşma eğilimleri ve taşıma kapasitesi yönetimindeki eksiklikler, ekoturizm kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca kırsal alanlarda ekoturizme yönelik yönlendirme ve altyapı eksiklikleri, potansiyelin etkin biçimde değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu doğrultuda SWOT analizinden elde edilen bulgular Urla ilçesinin ekoturizm potansiyelini sürdürülebilir biçimde geliştirmek amacıyla SO, WO, ST ve WT stratejileri oluşturulmuş ve TOWS matrisi oluşturulmuştur.

3.4.1. SO Stratejileri (Güçlü Yönler – Fırsatlar)

Urla ilçesinin mevcut güçlü yönlerinin, ekoturizme yönelik artan talep ve sürdürülebilir turizm eğilimleriyle bütünleştirilmesi, destinasyonun ekoturizm açısından geliştirilmesinde temel stratejik yaklaşım olarak belirlenmiştir.

- **SO1:** Urla'nın kıyı, tarım ve kırsal peyzaj çeşitliliği değerlendirilerek doğa yürüyüşü, bisiklet, kuş gözlem etkinliklerini kapsayan ekoturizm odaklı faaliyet çeşitliliği artırılmalıdır.
- **SO2:** Zeytinlik ve bağ alanlarının oluşturduğu tarımsal peyzajı agro-ekoturizm kapsamında deneyim temelli turizm ürünlerine dönüştürülerek kırsal kalkınma desteklenmelidir.
- **SO3:** Yerel gastronomi kültürü ve üretim pratikleri sürdürülebilir turizm eğilimleri doğrultusunda sürdürülebilir turizm rotalarına entegre edilmelidir.
- **SO4:** Urla'nın İzmir'e yakınlığı değerlendirilerek, ekoturizm odaklı günübirlik ziyaretçi profiline yönelik kontrollü ve yönlendirilmiş rotalar oluşturulabilir.

3.4.2. WO Stratejileri (Zayıf Yönler – Fırsatlar)

Urla'nın ekoturizm açısından sahip olduğu potansiyelin etkin biçimde kullanılabilmesi için mevcut zayıf yönlerin giderilmesi gerekmektedir. Ekoturizm alanlarında çevre dostu konaklama yerlerinin oluşturulması ve sertifikalı binaların arttırılması bu bakımdan öncelikle ele alınmalıdır (Akten, 2025).

- **WO1:** Kırsal ve kıyı alanlarda ekoturizm rotaları oluşturulmalı; yönlendirme tabelaları, bilgilendirme panoları ve dijital haritalama sistemleri geliştirilmelidir.
- **WO2:** Ekoturizm faaliyetlerini desteklemek amacıyla ulusal ve uluslararası fonlardan yararlanılarak çevre dostu altyapı yatırımları yapılmalıdır.
- **WO3:** İlçede ekoturizm odaklı planlama eksikliğini gidermek amacıyla belediye ve paydaşların katılımıyla "Urla Ekoturizm Yönetim Planı" hazırlanmalıdır.
- **WO4:** Kırsal alanlara erişilebilirliği artıracak sürdürülebilir ulaşım seçenekleri (bisiklet rotaları, toplu taşıma bağlantıları) geliştirilmelidir.

3.4.3. ST Stratejileri (Güçlü Yönler – Tehditler)

Urla'nın güçlü peyzaj kaynaklarının, çevresel ve mekânsal tehditler karşısında korunarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Yılın her mevsiminde turist çekmek için rekreasyonel fırsatların oluşturulması önemli bir stratejidir.

- **ST1:** Kıyı alanlarındaki doğal peyzaj bütünlüğünün korunması için yapılaşma baskısını azaltacak koruma-kullanma dengesi esaslı alan yönetim modeli geliştirilmelidir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

- **ST2:** Tarımsal peyzajın sürdürülebilirliği sağlanarak tarım alanlarının yapılaşmaya açılmasını önleyecek planlama kararları güçlendirilmelidir.
- **ST3:** Arkeolojik ve kültürel miras alanlarında kontrollü ziyaretçi yönetimi sağlanmalı; bu alanlar ekoturizm rotalarına taşıma kapasitesi ilkeleri doğrultusunda entegre edilmelidir.
- **ST4:** Yerel kooperatifler ve üretici pazarları desteklenerek turizm gelirinin yerel halka katkısı artırılmalı, böylece plansız turizm gelişiminin sosyal etkileri azaltılmalıdır.

3.4.4. WT Stratejileri (Zayıf Yönler – Tehditler)

Urla'da ekoturizm potansiyelinin sürdürülebilirliği açısından risk azaltıcı ve koruma odaklı stratejilerin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Yerel halka ve ziyaretçilere eğitim düzenleyerek farkındalık oluşturmak bilgi yönetimini iyileştirmek için önem taşımaktadır. Bilgi kalitesi turistlerin seyahat ilgi alanlarını olumlu yönde etkileyerek çevre tahribatının da önüne geçilmesine de katkıda bulunmasına neden olacaktır.

- **WT1:** Kıyı alanlarında ziyaretçi yoğunluğunu kontrol altına almak amacıyla taşıma kapasitesi temelli kullanım kararları geliştirilmeli ve aşırı kullanımın önüne geçilmelidir.
- **WT2:** İklim değişikliği kaynaklı yangın ve kuraklık risklerine karşı doğal alanlarda ekolojik hassasiyet ve risk yönetim planları hazırlanmalıdır.
- **WT3:** Atık yönetimi ve su kaynakları üzerindeki turizm baskısını azaltmak amacıyla çevre dostu altyapı ve denetim mekanizmaları güçlendirilmelidir.
- **WT4:** Plansız turizm gelişiminin kültürel mirasa zarar vermesini önlemek amacıyla koruma odaklı turizm politikaları geliştirilmelidir.

4. TARTIŞMA

Urla ilçesi, sahip olduğu doğal ve kültürel peyzaj bileşenleri ile ekoturizm açısından önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Araştırma bulguları, ilçenin özellikle kıyı peyzajı, tarım alanları, gastronomi kültürü ve kırsal yerleşim dokusu gibi unsurlar sayesinde doğa temelli turizm faaliyetlerinin çeşitlendirilebileceğini göstermektedir. Ekoturizm literatüründe sürdürülebilir destinasyonların geliştirilmesinde doğal kaynakların korunması, kültürel mirasın yaşatılması ve yerel halkın ekonomik fayda sağlaması temel ilkeler arasında yer almaktadır (Nyaupane & Thapa, 2004; Kızılarslan & Özyurt, 2012; Kırmacı, 2022; Akten, 2022). Bu bağlamda Urla, yerel üretim pratikleri ve tarımsal peyzaj sürekliliği açısından bu ilkelerle uyumlu bir yapıya sahiptir. Anadolu topraklarındaki en eski zeytinyağı üretim tesisi Urla'da bulunan ve 2600 yıl öncesinde kullanıldığı tespit edilen Klazomenai zeytinyağı işliğidir (İzmir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2026). Urla ilçesi ve çevresi için zeytin meyvesi ve zeytinyağı kültürel mirasın bir parçası olarak kabul edilmektedir (Miral Çavdırlı & Adan Gök, 2020). Urla'nın da içerisinde bulunduğu Yarımada bölgesinde yaşları 300 ve 2000 arasında değişen 68 adet zeytin ağacının yer aldığı tahmin edilmektedir (Zeytince Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği, 2026). Bununla birlikte, SWOT analizinde belirlenen zayıf yönler ve tehditler, Urla'daki ekoturizm potansiyelinin sürdürülebilir şekilde değerlendirilebilmesi için bazı planlama sorunlarının giderilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle kıyı alanlarında artan turizm yoğunluğu ve yapılaşma baskısı, ekoturizmin temelini oluşturan doğal peyzaj bütünlüğünü tehdit

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

etmektedir. Bu durum, turizmin kontrolsüz büyümesinin doğal kaynaklar üzerinde yarattığı baskıya ilişkin literatürde sıkça vurgulanan sorunlarla paralellik göstermektedir. Kıyı bölgelerinde taşıma kapasitesinin dikkate alınmaması, habitat tahribatı ve çevresel bozulma riskini artırarak destinasyonun uzun vadeli sürdürülebilirliğini zayıflatmaktadır.

Araştırmada ayrıca, kırsal alanların ekoturizm açısından yüksek potansiyele sahip olmasına rağmen, yönlendirme sistemleri, altyapı düzenlemeleri ve planlı rota yönetimi açısından eksiklikler bulunduğu belirlenmiştir. Ekoturizm faaliyetlerinin yalnızca doğal ve kültürel kaynak varlığına dayanmadığı; aynı zamanda etkin bir destinasyon yönetimi, ziyaretçi planlaması ve çevre dostu altyapı ile desteklenmesi gerektiği bilinmektedir (Akten vd., 2019). Bu nedenle Urla'da ekoturizm potansiyelinin geliştirilmesi, kaynakların korunması ile birlikte erişilebilirlik, bilgilendirme ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan Urla'nın gastronomi kültürü, kooperatifleşme eğilimleri ve yerel üretim pratikleri, ekoturizmin kırsal kalkınma boyutunu güçlendirebilecek önemli bir fırsat olarak öne çıkmaktadır. Yerel ürün temelli turizm uygulamaları, destinasyonun özgünlüğünü artırırken aynı zamanda turizm gelirlerinin yerel halka yansımasını sağlayabilmektedir. Bu kapsamda Urla'nın agro-ekoturizm ve gastronomi turizmiyle bütünleşik bir planlama anlayışıyla ele alınması, ilçenin hem çevresel hem de sosyo-ekonomik sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu araştırmada Urla ilçesinin doğal ve kültürel peyzaj değerleri bağlamında ekoturizm potansiyeli, SWOT analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Literatür taraması, doküman incelemesi ve alan gözlemlerine dayalı olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda Urla'nın ekoturizm açısından önemli kaynaklara sahip olduğu belirlenmiştir. İlçenin kıyı alanları, koyları ve doğal peyzaj çeşitliliği; zeytinlik ve bağ alanlarının oluşturduğu tarım peyzajı; gastronomi kültürü, arkeolojik ve kültürel miras unsurları ekoturizmi destekleyen temel değerler olarak öne çıkmaktadır.

SWOT analizi bulguları Urla'nın güçlü yönlerinin oldukça belirgin olduğunu, buna karşın ekoturizm faaliyetlerinin sürdürülebilir biçimde geliştirilebilmesi için altyapı, yönlendirme, planlama ve taşıma kapasitesi yönetimi gibi alanlarda geliştirilmesi gereken yönlerin bulunduğunu göstermektedir. Özellikle kıyı alanlarında artan yapılaşma baskısı, iklim değişikliğine bağlı riskler, tarım alanlarının dönüşümü ve çevresel bozulma olasılığı, ekoturizm kaynaklarının korunması açısından önemli tehditler olarak belirlenmiştir. Değişen doğa durumlarına uyum sağlamak ve sürdürülebilir yönetim ilkelerini etkin kılan bir yönetim şekli benimsemek, bölgenin doğal ve kültürel mirasının korunması açısından oldukça önemlidir

Araştırma kapsamında SWOT analizinden türetilen TOWS stratejileri, Urla'da ekoturizmin sürdürülebilir gelişimini destekleyecek stratejik bir çerçeve sunmuştur. Bu stratejiler, Urla'nın doğal ve kültürel peyzaj değerlerinin korunarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymakta ve ilçenin ekoturizm planlamasına yönelik uygulanabilir önerilerdir;

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

- **Ekoturizm Yönetim Planı Hazırlanması;** Urla'da ekoturizm faaliyetlerinin planlı bir çerçevede yürütülebilmesi için yerel yönetim, kooperatifler, sivil toplum kuruluşları ve ilgili paydaşların katılımıyla Urla Ekoturizm Yönetim Planı hazırlanmalıdır. Bu plan kapsamında ekoturizm odak alanları, hassas bölgeler, koruma kararları ve ziyaretçi yönetimi stratejileri belirlenmelidir.
- **Koruma-Kullanma Dengesi ve Taşıma Kapasitesi Yaklaşımı;** kıyı alanlarında yoğun turizm baskısının ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla taşıma kapasitesi temelli ziyaretçi yönetimi uygulanmalıdır. Özellikle yaz sezonunda artan yoğunluğun kontrol altına alınması için belirli bölgelerde kullanım sınırlandırmaları, ziyaretçi yönlendirme sistemleri ve denetim mekanizmaları geliştirilmelidir.
- **Tarım Peyzajının Korunması ve Agro-Ekoturizmin Geliştirilmesi;** Urla'nın zeytinlik ve bağ alanları gibi tarım peyzajları, kültürel peyzaj sürekliliğinin temel unsurlarıdır. Bu nedenle tarım alanlarının yapılaşma baskısına karşı korunması sağlanmalı ve bu alanlar agro-ekoturizm kapsamında deneyim temelli turizm ürünlerine dönüştürülmelidir. Böylece hem peyzaj değerleri korunacak hem de kırsal kalkınma desteklenecektir.
- **Ekoturizm Rotaları ve Yönlendirme Sistemlerinin Oluşturulması;** Urla'nın doğal ve kültürel peyzaj değerlerini bütünleştiren tematik ekoturizm rotaları oluşturulmalıdır. Bu kapsamda doğa yürüyüşü, bisiklet, gastronomi ve kültürel miras temelli rotalar planlanarak yönlendirme tabelaları, bilgilendirme panoları ve dijital haritalama sistemleri geliştirilmelidir. Bu uygulama, ziyaretçi deneyimini artırırken aynı zamanda hassas alanların korunmasına katkı sağlayacaktır.
- **Yerel Halk Katılımının ve Kooperatiflerin Güçlendirilmesi;** ekoturizmin temel ilkelerinden biri yerel halkın sürece katılımı ve ekonomik fayda elde etmesidir. Bu doğrultuda Urla'da kooperatifleşme desteklenmeli, yerel üretici pazarları ekoturizm rotalarına entegre edilmeli ve turizm gelirlerinin yerel halka yansıması sağlanmalıdır. Böylece destinasyonun sosyal sürdürülebilirliği güçlenecektir.
- **Çevre Dostu Altyapı ve Atık Yönetimi Uygulamaları;** turizm baskısının artmasıyla birlikte özellikle kıyı bölgelerinde atık yönetimi ve su kullanımı önemli bir sorun alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle ekoturizm faaliyetlerinin çevresel sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla geri dönüşüm sistemleri, çevre dostu altyapı uygulamaları ve denetim mekanizmaları geliştirilmelidir.
- **İklim Değişikliği ve Risk Yönetimi Stratejilerinin Geliştirilmesi;** Urla'da iklim değişikliği kaynaklı kuraklık ve yangın riski, doğal peyzaj kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle doğal alanlarda risk azaltıcı önlemler alınmalı, yangın yönetim planları hazırlanmalı ve ekoturizm faaliyetleri çevresel hassasiyet dikkate alınarak planlanmalıdır.

Araştırma sonucunda Urla ilçesinin ekoturizm açısından yüksek potansiyel taşıdığı; ancak bu potansiyelin sürdürülebilir biçimde değerlendirilebilmesi için koruma-kullanma dengesi temelli bir planlama yaklaşımının benimsenmesi gerektiği ortaya konulmuştur. SWOT ve TOWS analizleri doğrultusunda geliştirilen stratejiler, Urla'nın doğal ve kültürel peyzaj değerlerini koruyarak ekoturizm faaliyetlerini geliştirmesine yönelik önemli bir yol haritası sunmaktadır. Bu bağlamda Urla'nın ekoturizm destinasyonu olarak geleceği, kaynakların korunmasına dayalı bütüncül planlama, yerel halk katılımı ve sürdürülebilir yönetim uygulamalarının hayata geçirilmesine bağlıdır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA

Akten, M., Akten, S., & Hammaloğlu, A. G. (2019). Sürdürülebilir Turizm İçin Planlama ve Politikalar. 3. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi, Ekim 14-16, Antalya, 513-519.

Akten, S. (2022). The Determination of The Naturel and Cultural Tourism Potential of Eğirdir and Suggestion of Sustainable Planning. 2nd. International Architectural Sciences and Applications Symposium, Eylül 9-11, Bakü, 954-974.

Akten, S. (2025). Evaluation of Demre District Sustainable Tourism Strategies Using SWOT and TOPSIS Analysis. *Sustainability*, 17, 6831. https://doi.org/10.3390/ su17156831

Almeyda, A.M., Broadbent, E.N., Wyman, M.S., & Durham, W.H. (2010). Ecotourism impacts in the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *International Journal of Tourism Research*, 11, 803-819. https://doi.org/10.1002/jtr.797

Bengal, W. (2026). An Investigation Using Swot and Tows Analysis in The Homestay Tourism in Darjeeling Hills, West Bengal. *Advanced International Journal for Research,* 7(2), 1-16.

Demir C., & Çevirgen A. (2006). Turizm ve Çevre Yönetimi Sürdürülebilir Gelişme Yaklaşımı. ISBN: 975-591-845-0, 188 s, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Edil Akman, E., & Akdağ, G. (2024). Şarap rotalarının niteliksel karşılaştırılması: Trakya bağ rotası ve Urla bağ yolu örneği. *Turizm Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 17-32. https://izlik.org/JA52XS84TT

Erdoğan, N., & Erdoğan, I. (2005). Ekoturizm Betimlemeleriyle İletilenlerin Doğası. *Gazi Üniversitesi İletişim Dergisi,* 20 (1), 55-82.

İsayeva, S., Kasalak, M.A. (2016). Sürdürülebilir Turizm Yönetimi Kapsamında Yer Alan Örnek Ekoturizm Uygulamaları. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, 183-200.

İzmir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2026) Klazomenai (Urla). Erişim adresi https://izmir.ktb.gov.tr/tr-210592/klazomenai-urla.html

Kazemiyeh, F., Sadighi, H. & Chizari, M. (2018). Investigation of rural tourism in East Azarbaijan province of Iran utilizing SWOT model and Delphi technique. *J. Agr. Sci. Tech*., 18, 1-13.

Kırmacı, E. (2022). Swot Analizi ile Ekoturizm Potansiyelinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma: Mudurnu Örneği. *Journal of Silk Road Tourism Research*, *2*(1), 24-36. https://izlik.org/JA75CU98TF

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Kızılaslan, N., & Özyurt, Ç. (2012). Sürdürülebilir Kırsal Kalkınmada Ekoturizmin Önemi: Tokat İli Örneği. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi.* 1, 50-62. https://izlik.org/JA93XB87DW

Kurdoğlu, O. (2001). *Koruma Alanları ve Ekoturizmin Karadeniz Bölgesi Açısından İrdelenmesi.* Orman ve Av, Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, Sayı 4, 4.

Li, Z., Wang, D., Abbas, J., Hassan, S., Mubeen, R. (2022). Tourists' health risk threats amid COVID-19 era: Role of technology innovation, transformation, and recovery implications for sustainable tourism. *Front. Psychol*.12, 769175. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.769175

Mero, P.C., Franco, G.H., Briones, J., Caldevilla, P. Dominguez-Cuesta, M.J. & Berrezueta, E. (2018). Geotourism and Local Development Based on Geological and Mining Sites Utilization, Zaruma-Portovelo, Ecuador. *Geosciences,* 8(6), 205-223.

Miral Çavdırlı, C. & Adan Gök, Ö. (2020). Müzeler ve kültürel mirasın sürdürülebilirliği: Köstem Zeytinyağı Müzesi. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies,* 8(3), 2241-2262. https://doi.org/10.21325/jotags.2020.658

Nyaupane, G., & Thapa, B. (2004). Evalation of Ecotourism: A Comparative Assessment in the Annapurna Conservation Area Project, Nepal. *Journal of Ecotourism,* 20-45. https://doi.org/ 10.1080/14724040408668148

Özgeriş, M., & Karahan, F. (2021). Use of geopark resource values for a sustainable tourism. Acase study from Turkey (Cittaslow Uzundere). *Environment Development and Sustainability,* 23(3), 4270-4284.

Stanciu, M., Popescu, A., Sava, C., Moise, G., Nistoreanu, BG., Rodzik, J. & Bratu, IA. (2022). Youth's perception toward ecotourism as a possible model for sustainable use of local tourism resources. *Front. Environ. Sci.* 10:940957. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.940957

TIES, 2026. The International Ecotourism Society (TIES). Erişim adresi https://ecotourism.org/what-is-ecotourism/?utm_source=chatgpt.com

UNESCO. (2021). *Visitors Count! Guidance for protected areas on the economic analysis of visitation***.** UNESCO. Erişim: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378568

Urla Kaymakamlığı, (2026). Erişim adresi https://www.urla.gov.tr/urla-cografyasi

Wheelen, T. L., Hunger, J. D., Hoffman, A. N., & Bamford, C. E. (2017). *Strategic Management and Business Policy: Globalization, Innovation and Sustainability* (15th ed.). Pearson.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Zeytince Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği. (2026). Zeytin rotası projesi. Erişim adresi https://zeytince.org/zeytin-rotasi-projesi/

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MODERN SAĞLIK HİZMETLERİNDE GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARININ YÜKSELİŞİ: BİR DERLEME

Meryem Eken

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

20259346018@cumhuriyet.edu.tr – 0009-0002-6841-8078

Prof. Dr. Yılmaz Daşlı

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

ydasli@cumhuriyet.edu.tr – 0000-0001-6569-1103

ÖZET

Amaç: Son yıllarda geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamalarına yönelik ilgi, hem bireyler hem de sağlık sistemleri açısından belirgin biçimde artış göstermektedir. Kronik hastalıkların yaygınlaşması, bireylerin bütüncül sağlık yaklaşımlarına yönelmesi ve sağlık hizmetlerinde hasta merkezli anlayışın güçlenmesi, bu uygulamaların daha görünür hâle gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarının modern sağlık hizmetleri içerisindeki rolünü, kullanım eğilimlerini ve artan önemini literatür doğrultusunda değerlendirmektir.

Yöntem: Bu çalışma derleme niteliğinde olup Google Scholar, PubMed ve Web of Science veri tabanlarında yer alan akademik makaleler, raporlar ve politika belgeleri incelenmiştir. Literatür taraması kapsamında GETAT uygulamalarının türleri, kullanım nedenleri ve sağlık sistemleri içerisindeki konumu analiz edilmiştir. Ayrıca bu uygulamaların sağlık hizmetleriyle ilişkisi ve sağlık politikaları bağlamındaki gelişmeler ele alınmıştır.

Bulgular: Literatürde yer alan çalışmalar, akupunktur, fitoterapi, hacamat ve ozon terapisi gibi GETAT uygulamalarının dünya genelinde yaygın biçimde kullanıldığını göstermektedir. Bireylerin bu uygulamalara yönelmesinde kronik hastalıkların artışı, modern tıbbın sınırlılıklarına yönelik algılar, kültürel sağlık pratikleri ve bütüncül sağlık anlayışı gibi faktörlerin etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca birçok ülkede GETAT uygulamalarının sağlık sistemlerine entegrasyonuna yönelik düzenlemelerin geliştirildiği ve bu uygulamaların belirli standartlar çerçevesinde sunulmaya başlandığı görülmektedir.

Sonuç: Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları, modern sağlık hizmetlerinin alternatifi olmaktan ziyade tamamlayıcı bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu uygulamaların sağlık sistemleri içerisinde güvenli ve etkili biçimde sunulabilmesi için bilimsel

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kanıta dayalı araştırmaların artırılması ve sağlık politikaları çerçevesinde kapsamlı düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp (GETAT), Sağlık Hizmetleri, Bütüncül Sağlık Yaklaşımı, Alternatif Tedavi Yöntemleri, Sağlık Politikaları.

1. GİRİŞ

Sağlık, bireyler ve toplumlar açısından vazgeçilmez, temel bir gereksinim olup yerine ikame edilebilecek başka bir unsur bulunmamaktadır. Sağlık; bireyin yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda ruhsal ve sosyal açıdan tam bir iyilik hâli içerisinde olması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu iyilik hâlinin korunması ve sürdürülebilmesinde sağlık kurumları merkezi bir rol üstlenmektedir (Başol & Işık, 2015).

Modern tıp, özellikle son yüzyılda önemli bilimsel ve teknolojik ilerlemeler kaydetmiş olmasına rağmen, bazı hastalıkların tedavi ve yönetiminde belirli sınırlılıklar barındırmaktadır. Bu sınırlılıklar, bireyleri tedavi süreçlerinde alternatif ya da destekleyici yöntem arayışlarına yönlendirmektedir. Bu bağlamda, geçmişte modern tıbbın gölgesinde kalan geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları, günümüzde yeniden önem kazanarak sağlık alanında daha görünür hâle gelmiştir (Koçaş & Erdem, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yapılan tanıma göre geleneksel tıp; farklı kültürlere özgü bilgi, inanç ve deneyimlere dayanan ve sağlığın korunması, hastalıkların önlenmesi, tanılanması ve tedavisinde kullanılan uygulamaların bütününü kapsamaktadır. Buna karşılık tamamlayıcı ya da alternatif tıp, bir ülkenin kendi geleneksel yapısının parçası olmayan ve mevcut sağlık sistemine tam olarak entegre edilmemiş uygulamaları ifade etmektedir (WHO, 2002).

Bu kavramsal çerçevede, literatürde farklı terminolojik kullanımların bulunduğu görülmektedir. Türkiye'de ise "tıbbın alternatifi olmaz" yaklaşımı doğrultusunda, 2014 yılında yayımlanan "Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Yönetmeliği" ile "alternatif tıp" ifadesi yerine "geleneksel ve tamamlayıcı tıp" kavramı tercih edilmiştir (Resmi Gazete, 2014). Bu yaklaşım, söz konusu uygulamaların modern tıbbın yerine değil, onunla birlikte ve onu destekleyici biçimde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Tamamlayıcı tıp, modern tıpla birlikte kullanılan ve tedavi sürecini destekleyen uygulamaları ifade ederken; alternatif tıp, modern tıbbın yerine tercih edilen yöntemleri kapsamaktadır. Bu iki kavram çoğu zaman birlikte ele alınarak "tamamlayıcı ve alternatif tıp (TAT)" başlığı altında incelenmektedir (O'Connor & ark., 1998). Ancak güncel sağlık politikaları ve akademik literatür, özellikle "tamamlayıcı" yaklaşımın daha fazla ön plana çıktığını göstermektedir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2014–2023 yıllarını kapsayan Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Stratejisi, üye ülkelerin bu alana yönelik daha sistematik ve etkili politikalar geliştirmesini teşvik etmektedir. Bu strateji, toplum sağlığının korunması ve geliştirilmesi sürecinde geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarının rolünü güçlendirmeyi amaçlamaktadır (WHO, 2013).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Nitekim DSÖ verilerine göre, üye ülkelerin %87'si geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarını yasal olarak tanımakta ve önemli bir kısmı bu alanda ulusal politika geliştirmiştir. Ayrıca, gelişmiş ülkelerde nüfusun yaklaşık %50'sinin bu uygulamalardan yararlandığı belirtilmektedir (WHO, 2018). Bu durum, geleneksel ve tamamlayıcı tıbbın küresel ölçekte giderek artan bir kabul gördüğünü ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamalarının modern sağlık hizmetleri içerisindeki yerini, kullanım eğilimlerini ve artan önemini literatür doğrultusunda bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektir.

2. GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARI

Geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamalarına yönelik artan ilgi, yalnızca bireysel tercihlerle sınırlı kalmayıp aynı zamanda sağlık politikalarının da bu alana yönelmesine neden olmuştur. Bu doğrultuda, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de söz konusu uygulamaların belirli standartlar çerçevesinde sunulabilmesi amacıyla kurumsal ve yasal düzenlemeler hayata geçirilmiştir.

Türkiye'de GETAT alanındaki kurumsallaşma süreci, Sağlık Bakanlığı bünyesinde 2012 yılında Geleneksel, Tamamlayıcı ve Alternatif Tıp Uygulamaları Daire Başkanlığı'nın kurulmasıyla başlamış, 2014 yılında yürürlüğe giren "Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Yönetmeliği" ile daha sistematik bir yapıya kavuşmuştur. Bu yönetmelik, insan sağlığına yönelik geleneksel ve tamamlayıcı tıp yöntemlerini tanımlamakta; bu uygulamaları gerçekleştirecek sağlık profesyonellerinin eğitim ve yetkilendirme süreçlerini düzenlemekte ve uygulamaların yürütüleceği sağlık kuruluşlarının çalışma usul ve esaslarını belirlemektedir (Resmi Gazete, 2014).

Söz konusu yönetmelik kapsamında refleksoloji, müzik terapi, larva uygulaması, osteopati, proloterapi, hipnoz, apiterapi, mezoterapi, sülük uygulaması, kupa uygulaması, homeopati, ozon tedavisi, kayropraktik, fitoterapi ve akupunktur olmak üzere toplam 15 farklı GETAT uygulaması tanımlanmıştır (Resmi Gazete, 2014). Bu çeşitlilik, GETAT alanının hem teorik hem de uygulamalı açıdan geniş bir yelpazeye sahip olduğunu göstermektedir.

Bu genel çerçeve doğrultusunda, GETAT uygulamaları arasında en yaygın olarak kullanılan yöntemler aşağıda ele alınmaktadır.

2.1. Başlıca GETAT Uygulamaları

2.1.1. Akupunktur

Akupunktur, kelime anlamı itibarıyla "iğneleme" anlamına gelmekte olup, vücudun doğal iyileştirme kapasitesini harekete geçirmeyi amaçlayan bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Uygulama, vücudun belirli noktalarına ince iğneler yerleştirilmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin temelinde, vücutta enerji akışını düzenleyerek fizyolojik dengeyi sağlama anlayışı yer almaktadır (Kavaklı, 2010).

Akupunktur, düşük maliyetli olması, uygulanabilirliğinin görece kolay olması ve ciddi yan etki riskinin sınırlı olması gibi nedenlerle günümüzde giderek daha fazla tercih edilmektedir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Nitekim Batı ülkelerinde de yaygın biçimde kullanılan bu yöntem, özellikle ağrı yönetimi ve bazı kronik rahatsızlıkların destekleyici tedavisinde önemli bir yer edinmiştir (Li & ark., 2018).

Geçmişte modern tıbbın alternatifi olarak değerlendirilen akupunktur, günümüzde modern tıpla çatışan bir uygulama olarak değil, aksine onu tamamlayan bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (Yiğit, 2023). Bununla birlikte, akupunktur yalnızca iğneleme yöntemiyle sınırlı olmayıp lazer, elektrik stimülasyonu, akupresür ve termal uyarım gibi farklı teknikleri de içerebilmektedir. Türkiye'de bu uygulama, ilgili mevzuat doğrultusunda yalnızca sertifikalı hekimler ve belirli koşullarda diş hekimleri tarafından gerçekleştirilebilmektedir (Resmi Gazete, 2014).

2.1.2. Fitoterapi

Fitoterapi, bitkisel kaynaklı tedavi yöntemlerini ifade etmekte olup, kökenleri oldukça eski medeniyetlere dayanmaktadır. Özellikle Çin ve Hindistan gibi uygarlıklarda uzun yıllardır kullanılan bitkisel tedavi yöntemleri, tarihsel süreç içerisinde modern tıbbın gelişimine de önemli katkılar sağlamıştır (Bedi & Shenefelt, 2002).

Günümüzde fitoterapi, yalnızca geleneksel bilgiye dayalı bir uygulama olmanın ötesine geçerek bilimsel temellere dayanan bir tedavi alanı hâline gelmiştir. "Çağdaş fitoterapi" olarak adlandırılan bu yaklaşımda, tıbbi bitkiler ve bunların aktif bileşenleri standardize edilerek farmasötik formlar hâlinde kullanılmaktadır. Bu durum, fitoterapinin hem güvenilirliğini hem de klinik uygulanabilirliğini artırmaktadır (Mat, 2020).

Özellikle kronik hastalıkların yönetiminde ve koruyucu sağlık hizmetlerinde destekleyici bir yöntem olarak değerlendirilen fitoterapi, son yıllarda modern tıpla birlikte kullanılan tamamlayıcı bir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır (Yıldırım & ark., 2020).

2.1.3. Hacamat ve Kupa tedavisi

Kupa tedavisi ve hacamat, geleneksel tıp uygulamaları arasında en eski yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu uygulamalar, tarihsel olarak farklı coğrafyalarda çeşitli sağlık sorunlarının tedavisinde kullanılmış ve günümüzde de belirli koşullarda uygulanmaya devam etmektedir (Ullah & ark., 2006).

Hacamat, vücudun belirli bölgelerine yüzeysel kesiler yapılarak vakum yardımıyla kan alınması esasına dayanırken; kupa tedavisi ise kan alma işlemi yapılmadan yalnızca vakum etkisi ile gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalar, sıcak kupa ve vakumlu kupa olmak üzere farklı tekniklerle uygulanabilmektedir.

Literatürde, hacamat ve kupa tedavisinin kan dolaşımını artırdığı, toksinlerin vücuttan uzaklaştırılmasına katkı sağladığı ve bazı kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında semptomları hafiflettiği yönünde görüşler bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu etkilerin önemli bir kısmının bilimsel olarak sınırlı düzeyde kanıtlandığı ve uygulamanın mutlaka uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Işık & Aksoy, 2012).

2.1.4. Ozon Terapisi

Ozon terapisi, üç oksijen atomundan oluşan ozon gazının terapötik amaçlarla kullanılması esasına dayanmaktadır. Güçlü oksitleyici özelliklere sahip olan ozon, tıbbi uygulamalarda

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

özellikle dezenfeksiyon ve doku iyileşmesi süreçlerinde kullanılmaktadır (Nogales & ark., 2010).

Bu yöntem; enfeksiyon hastalıklarından bağışıklık sistemi bozukluklarına, dolaşım problemlerinden ortopedik rahatsızlıklara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca son yıllarda estetik uygulamalarda da giderek daha fazla tercih edilmektedir (İkizek & Uzuntarla, 2020).

Bununla birlikte, ozon tedavisinin etkinliği ve güvenilirliği konusunda literatürde farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı çalışmalar olumlu klinik sonuçlara işaret ederken, bazıları ise daha fazla bilimsel kanıta ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle ozon terapisi, dikkatli ve kontrollü bir şekilde uygulanması gereken tamamlayıcı tedavi yöntemleri arasında yer almaktadır (Kavaklı & Aksu, 2021).

3. MODERN SAĞLIK SİSTEMLERİNDE GETAT

Geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamaları, günümüzde yalnızca bireysel sağlık tercihleriyle sınırlı kalmayıp, modern sağlık sistemlerinin önemli bir bileşeni hâline gelmeye başlamıştır. Bu dönüşüm, özellikle kronik hastalıkların artışı, sağlık hizmetlerine erişim sorunları ve bireylerin daha bütüncül sağlık yaklaşımlarına yönelmesiyle yakından ilişkilidir. Nitekim günümüzde Avrupa'da 100 milyondan fazla kişinin GETAT uygulamalarından yararlandığı, Asya, Afrika ve Kuzey Amerika gibi bölgelerde ise bu oranın daha da yüksek olduğu bildirilmektedir (WHO, 2013).

GETAT uygulamalarının modern sağlık sistemleri içerisindeki konumu, tarihsel süreç içerisinde önemli değişimler geçirmiştir. Kökenleri antik uygarlıklara dayanan bu uygulamalar, uzun süre boyunca sağlık hizmetlerinin temel unsurlarından biri olarak varlığını sürdürmüştür. Ancak 19. yüzyılda biyotıbbın yükselişiyle birlikte bu yöntemler geri planda kalmış ve alternatif bir alan olarak konumlandırılmıştır. Buna karşın, sanayileşme, kentleşme ve kronik hastalıkların artışı gibi faktörler, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bu uygulamalara olan ilgiyi yeniden artırmıştır. Günümüzde ise GETAT uygulamaları, modern tıbbın alternatifi olmaktan ziyade tamamlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Biçer & Balçık, 2019).

Bu dönüşüm süreci, yalnızca toplumsal talep ile değil, aynı zamanda sağlık politikaları ve düzenleyici mekanizmalar ile de desteklenmiştir. Türkiye'de geleneksel ve tamamlayıcı tıp alanındaki ilk yasal düzenleme, 1991 yılında yürürlüğe giren "Akupunktur Tedavi Yönetmeliği" ile gerçekleştirilmiştir. Bu düzenleme, söz konusu uygulamaların bilimsel esaslara uygun şekilde yürütülmesini amaçlamıştır (Mollahaliloğlu & ark., 2015).

Takip eden süreçte, 2012 yılında Sağlık Bakanlığı bünyesinde Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Daire Başkanlığı kurulmuş ve bu alandaki kurumsal yapı güçlendirilmiştir. 2014 yılında yürürlüğe giren yönetmelik ile birlikte GETAT uygulamalarına yasal bir çerçeve kazandırılmış; uygulamaların kapsamı, yetkilendirme süreçleri ve denetim mekanizmaları belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2014).

Bu kurumsal gelişmeler, 2019 yılında yayımlanan "Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları İyi Klinik Uygulama Kılavuzu" ile daha ileri bir aşamaya taşınmıştır. Söz konusu

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kılavuz, GETAT alanında yürütülecek klinik araştırmaların standartlarını belirleyerek bilimsel üretimin artırılmasına yönelik önemli bir zemin oluşturmuştur (Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2019).

Uluslararası düzeyde ise Avrupa Birliği tarafından yürütülen CAMbrella projesi, üye ülkelerdeki GETAT uygulamalarının mevcut durumunu analiz etmiş ve bu alanda ortak bir perspektif geliştirilmesine katkı sağlamıştır (Salamonsen & Wiesener, 2019). Benzer şekilde Dünya Sağlık Örgütü verileri, GETAT uygulamalarının küresel ölçekte yaygınlaştığını ortaya koymaktadır. 2018 yılı itibarıyla 170 üye ülkenin bu uygulamaları benimsediği, 124 ülkenin bitkisel ürünlere yönelik düzenlemelere sahip olduğu ve 98 ülkenin ulusal politika geliştirdiği bildirilmektedir (TÜBİTAK, 2024).

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, GETAT uygulamalarının son yıllarda önemli bir ivme kazandığı görülmektedir. Sağlık Bakanlığı verilerine göre, 2015 yılında 12 uygulama merkezi ve 35 ünite bulunurken, 2018 yılında bu sayı 56 merkeze ve 549 üniteye yükselmiştir. 2022 yılı itibarıyla 75 merkez ve 1949 üniteye ulaşan bu yapı, 2024 yılında 79 merkez ve 2410 üniteye kadar genişlemiştir. Bu veriler, GETAT uygulamalarının sağlık sistemi içerisinde giderek kurumsallaştığını ve yaygınlaştığını göstermektedir (Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2022).

Bununla birlikte, söz konusu yaygınlaşma bölgesel dağılım açısından homojen bir yapı sergilememektedir. GETAT ünitelerinin önemli bir kısmının Marmara Bölgesi'nde yoğunlaştığı, buna karşılık Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Bu durum, sağlık hizmetlerine erişim ve bölgesel eşitsizlikler açısından değerlendirilmesi gereken önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Son dönemde yürürlüğe giren 2026 tarihli mevzuat düzenlemeleri ise GETAT alanında yeni bir dönemi işaret etmektedir. Bu düzenlemelerle birlikte dijital takip sistemlerinin geliştirilmesi, sertifikalı ürün kullanımının zorunlu hâle getirilmesi ve uygulama alanlarının genişletilmesi gibi önemli yenilikler hayata geçirilmiştir. Ayrıca GETAT ünitelerinin sağlık sistemine daha entegre bir yapıya kavuşturulması, yalnızca hekimlerin değil belirli sağlık profesyonellerinin de sürece dâhil edilmesi ve denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi hedeflenmiştir (Resmi Gazete, 2026).

Tüm bu gelişmeler, GETAT uygulamalarının modern sağlık sistemleri içerisinde giderek daha kurumsal, düzenlenmiş ve denetlenebilir bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir. Ancak bu süreç, yalnızca yaygınlaşma ile değil, aynı zamanda etkinlik, güvenilirlik ve etik boyutların da dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla GETAT uygulamalarının sağlık sistemine entegrasyonu, çok boyutlu ve temkinli bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması gereken dinamik bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. GETAT UYGULAMALARININ TERCİH EDİLME NEDENLERİ

Geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamalarına yönelik ilgi, yalnızca belirli coğrafyalarla sınırlı kalmayıp küresel ölçekte artış göstermektedir. Türkiye'de de benzer şekilde bu uygulamalara olan talebin son yıllarda belirgin biçimde yükseldiği ve bu eğilimin önümüzdeki dönemlerde de devam edeceği öngörülmektedir (Öztürk & Şaylıgil, 2016). Bu

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

durum, GETAT uygulamalarının tercih edilme nedenlerinin çok boyutlu bir çerçevede ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

GETAT uygulamalarına yönelimi açıklayan faktörler, bireysel, sosyokültürel, ekonomik ve sistemsel düzeylerde değerlendirilebilir. Bireysel düzeyde, özellikle kronik hastalıkların artışı ve bu hastalıkların uzun süreli yönetim gerektirmesi, bireyleri alternatif ve destekleyici tedavi arayışlarına yönlendirmektedir. Modern tıbbın bazı durumlarda semptomları tamamen ortadan kaldıramaması ya da yan etkilerinin bulunması, bireylerin farklı tedavi seçeneklerine yönelmesinde etkili olmaktadır.

Sosyokültürel açıdan değerlendirildiğinde, geleneksel bilgi ve inanç sistemlerinin sağlık davranışları üzerindeki etkisi önemli bir belirleyici olarak karşımıza çıkmaktadır. Toplumlarda nesilden nesile aktarılan sağlık pratikleri, bireylerin GETAT uygulamalarına olan güvenini artırmakta ve bu uygulamaların "doğal" ve "zararsız" olduğu yönündeki algıyı güçlendirmektedir. Bu algı, her ne kadar bilimsel olarak her zaman doğrulanmasa da, bireylerin karar süreçlerinde belirleyici olmaya devam etmektedir (Korthals & ark., 2005).

Ekonomik faktörler de GETAT uygulamalarının tercih edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle bazı modern tedavi yöntemlerinin yüksek maliyetli olması, bireyleri daha düşük maliyetli alternatiflere yönlendirebilmektedir. Bununla birlikte, bazı GETAT uygulamalarının erişilebilirliğinin daha kolay olması da tercih edilme nedenleri arasında yer almaktadır.

Bunun yanı sıra, sağlık sistemine ilişkin yapısal faktörler de bireylerin GETAT uygulamalarına yönelmesinde etkili olmaktadır. Sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan güçlükler, randevu sürelerinin sınırlı olması ve hasta-hekim iletişiminde yaşanan sorunlar, bireylerin daha fazla zaman ayırabildikleri ve kendilerini daha iyi ifade edebildiklerini düşündükleri alternatif uygulamalara yönelmelerine neden olabilmektedir.

Son yıllarda bireylerin sağlık anlayışında yaşanan dönüşüm de bu eğilimi desteklemektedir. Bütüncül sağlık yaklaşımının giderek yaygınlaşması, bireylerin yalnızca hastalığın tedavisine değil, aynı zamanda yaşam kalitesinin artırılmasına ve genel iyilik hâlinin korunmasına odaklanmasına yol açmıştır. Bu durum, GETAT uygulamalarının sağlık hizmetleri içerisindeki görünürlüğünü artırmaktadır (Çakmak, 2026).

Ancak GETAT uygulamalarının tercih edilmesinde etkili olan "doğal olan zararsızdır" algısının her zaman bilimsel gerçeklik ile örtüşmediği de dikkate alınmalıdır. Nitekim bazı bitkisel ürünler, ozon terapisi ya da invaziv geleneksel uygulamalar, uygun koşullarda ve uzman kişiler tarafından uygulanmadığında ciddi sağlık riskleri doğurabilmektedir. Bu nedenle bireylerin bilinçli tercihler yapabilmesi ve sağlık profesyonellerinin yönlendirici rol üstlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarına yönelik yönelim yalnızca genel toplum düzeyinde değil, sağlık alanında eğitim alan bireyler arasında da dikkat çekici bir şekilde artış göstermektedir. Nitekim üniversite öğrencileri üzerinde yapılan bir araştırmada (İçer & Daşlı, 2024), kronik rahatsızlık, gelir durumu, yaş ve aile yapısı gibi faktörlerin bireylerin GETAT uygulamalarına yönelik tutum ve davranışları üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu ortaya

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

konulmuştur. Özellikle kronik rahatsızlığı bulunan bireylerin, mevcut tedavi süreçlerinden yeterli fayda sağlayamama ya da yaşam kalitelerindeki düşüş nedeniyle alternatif ve tamamlayıcı yöntemlere yönelme eğiliminde oldukları belirtilmektedir. Bununla birlikte, ekonomik faktörlerin de belirleyici olduğu; gelir düzeyi düştükçe bireylerin alternatif tedavi yöntemlerine daha olumlu yaklaştıkları ifade edilmektedir.

Sonuç olarak, GETAT uygulamalarına yönelim tek boyutlu bir tercih değil; bireysel ihtiyaçlar, kültürel değerler, ekonomik koşullar ve sağlık sisteminin yapısal özelliklerinin etkileşimi sonucu ortaya çıkan çok boyutlu bir süreçtir. Bu durum, söz konusu uygulamaların sağlık politikaları ve hizmet sunumu açısından daha kapsamlı ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derleme kapsamında incelenen literatür, geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT) uygulamalarının modern sağlık hizmetleri içerisinde giderek daha görünür ve etkili bir konuma ulaştığını ortaya koymaktadır. Özellikle kronik hastalıkların yönetimi, yaşam kalitesinin artırılması ve bireylerin sağlık süreçlerine daha aktif katılım sağlaması açısından bu uygulamaların önemli bir rol üstlendiği anlaşılmaktadır.

GETAT uygulamalarındaki artış, yalnızca bireysel tercihlerle açıklanabilecek bir olgu olmayıp, aynı zamanda sağlık sistemlerinde yaşanan dönüşümün de bir yansımasıdır. Bu bağlamda, bireylerin bütüncül sağlık anlayışına yönelmesi, modern tıbbın bazı alanlarda sınırlı kalması ve sosyokültürel faktörlerin etkisi, söz konusu uygulamaların yaygınlaşmasını destekleyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu yönelim her zaman bilimsel temellere dayanmamakta; özellikle "doğal olan zararsızdır" algısı, bireylerin riskli uygulamalara yönelmesine neden olabilmektedir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, GETAT alanında gerçekleştirilen yasal ve kurumsal düzenlemeler önemli bir ilerleme olarak dikkat çekmektedir. Uygulamaların belirli standartlar çerçevesinde sunulmaya başlanması, denetim mekanizmalarının oluşturulması ve sağlık profesyonellerinin yetkilendirilmesi, hasta güvenliği açısından olumlu gelişmelerdir. Bununla birlikte, uygulama merkezlerinin sayısındaki hızlı artış, denetim süreçlerinin etkinliğini daha da kritik hâle getirmektedir. Özellikle yetkin olmayan kişiler tarafından gerçekleştirilen uygulamalar, sağlık risklerini artıran önemli bir sorun alanı olarak varlığını sürdürmektedir.

Literatürde bazı GETAT uygulamalarının belirli klinik durumlarda destekleyici etkilerine ilişkin bulgular bulunmakla birlikte, genel olarak bu alanın bilimsel kanıt düzeyinin sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle randomize kontrollü çalışmaların ve uzun dönemli etki analizlerinin yetersizliği, bu uygulamaların etkinlik ve güvenilirliklerinin net biçimde ortaya konmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, GETAT uygulamalarının sağlık sistemlerine entegrasyonunda kanıta dayalı ve temkinli bir yaklaşımın benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu çerçevede, GETAT uygulamalarına ilişkin aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

- **Bilimsel araştırmaların artırılması:** GETAT uygulamalarının etkinlik ve güvenilirliğini ortaya koymaya yönelik randomize kontrollü çalışmaların ve uzun dönemli araştırmaların desteklenmesi gerekmektedir.
- **Eğitim ve yetkinlik standartlarının güçlendirilmesi:** Bu alanda hizmet sunan sağlık profesyonellerinin eğitim süreçleri standartlaştırılmalı ve sürekli mesleki gelişim desteklenmelidir.
- **Denetim mekanizmalarının etkinleştirilmesi:** Uygulamaların yalnızca yetkili kişiler tarafından ve uygun koşullarda gerçekleştirilmesi sağlanmalı; denetim süreçleri daha sıkı ve sistematik hâle getirilmelidir.
- **Toplumsal farkındalığın artırılması:** Bireylerin doğru bilgiye ulaşmasını sağlayacak eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri yaygınlaştırılmalı, yanlış inanışların önüne geçilmelidir.
- **Sağlık politikalarının geliştirilmesi:** GETAT uygulamalarının modern sağlık sistemi ile entegrasyonu, ulusal sağlık politikaları çerçevesinde bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları, modern sağlık hizmetlerinin dışında kalan bir alan olmaktan ziyade, uygun koşullar sağlandığında bu sistemi destekleyici bir unsur olarak değerlendirilebilir. Ancak bu sürecin sürdürülebilir, güvenli ve etik bir zeminde ilerleyebilmesi için bilimsel kanıta dayalı, dengeli ve eleştirel bir yaklaşımın benimsenmesi kaçınılmazdır.

KAYNAKÇA

Başol, E., & Işık, A. (2015). Türkiye'de sağlık politikalarında güncel gelişmeler: Sağlıkta dönüşüm programından günümüze bazı değerlendirme ve öneriler. *International Anatolia Academic Online Journal Social Sciences Journal*, 2(2), 1–26.

Bedi, M., & Shenefelt, P. D. (2002). Herbal therapy in dermatology. *JAMA Dermatology*, 138(2), 232–242.

Biçer, İ., & Balçık, P. Y. (2019). Geleneksel ve tamamlayıcı tıp: Türkiye ve seçilen ülkelerin incelenmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 22(1), 245–257.

Çakmak, C. (2026). *Türkiye sağlık sisteminde geleneksel ve tamamlayıcı tıp (GETAT): Yönetim, politika ve gelecek vizyonu*. Yaz Yayınları.

de Bie, R. A., Korthals-de Bos, I. B. C., Hoving, J. L., van Tulder, M. W., Rutten-van Mölken, M. P. M. H., Adèr, H. J., de Vet, H. C. W., Koes, B. W., Vondeling, H., & Bouter, L. M. (2005). Physiotherapy, manual therapy, and general practitioner care for neck pain: Economic evaluation alongside a randomized controlled trial. *BMJ*, 330(7482), 75.

İçer, B., & Daşlı, Y. (2024). Öğrencilerin alternatif ve geleneksel tıbba ilişkin tutum ve davranışlarının belirlenmesine yönelik nicel bir araştırma. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi, 7*(9), 705–718. https://doi.org/10.26677/TR1010.2024.1437

İkizek, M., & Uzuntarla, Y. (2020). Medikal ozon tedavisi ve COVID-19. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 7(4), 304–310.

Işık, M., & Aksoy, F. N. (2012). Tıbbi sülük tedavisi (hirudoterapi) ve hacamat. *Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi*, 22, 80–84.

Kavaklı, A. (2010). Akupunktur. *Fırat Tıp Dergisi*, 15(1), 1–4.

Kavaklı, F., & Aksu, F. (2021). Ozon tedavisi. *Fırat Tıp Dergisi*, 26(4), 183–189.

Koçaş, M., & Erdem, R. (2019). Bireylerin geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarıyla ilgili bilgi düzeyleri ve kullanımı. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, 1(2), 64–81.

Li, S., Zhong, W., Peng, W., & Jiang, G. (2018). Effectiveness of acupuncture for postpartum depression: A systematic review and meta-analysis. *Acupuncture in Medicine*, 36(5), 295–301.

Lowe, D. R. (1994). Accretionary history of the Archean Barberton greenstone belt. *Geology*, 22(12), 1099–1102.

Mat, A. (2020). Geçmişten günümüze fitoterapi. In *Genito-üriner hastalıklarda fitoterapinin yeri*. https://uroturk.org.tr

Mollahaliloğlu, S., Uğurlu, F., Kalaycı, M., & Öztaş, D. (2015). Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarında yeni dönem. *Ankara Medical Journal*, 15(2), 102-105.

Nogales, C. G., Ferrari, P. H., Kantorovich, E. O., & Lage-Marques, J. L. (2010). Ozone therapy in medicine and dentistry. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 9(4), 75–84.

O'Connor, B., Calabrese, C., & Cardeña, E. (1998). Defining and describing complementary and alternative medicine. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 4(5), 49–57.

Öztürk Karataş, H., & Şaylıgil, Ö. (2016). Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları yönetmeliği'nin etik açıdan değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Tıp Etiği-Hukuku-Tarihi Dergisi*, 24(1), 1–10.

Resmî Gazete. (2014). Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları yönetmeliği (Sayı: 29158). https://www.resmigazete.gov.tr

Resmî Gazete. (2026). Mevzuat bilgi sistemi. https://www.mevzuat.gov.tr

Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2019). *Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları iyi klinik uygulama kılavuzu*. https://dosyamerkez.saglik.gov.tr

Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2022). *GETAT uygulamaları raporu*. https://shgmgetatdb.saglik.gov.tr

Salamonsen, A., & Wiesener, S. (2019). Stakeholders' differing risk understandings related to complementary and alternative medicine. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 19(1), 93.

TÜBİTAK. (2024). *Geleneksel ve tamamlayıcı tıp çağrı metni*. https://tubitak.gov.tr

Ullah, K., Younis, A., & Wali, M. (2006). Effect of cupping therapy for anterior knee pain. *The Internet Journal of Alternative Medicine*, 4(1).

World Health Organization. (2002). *Traditional, complementary and integrative medicine*. https://www.who.int

World Health Organization. (2013). *Traditional medicine strategy 2014–2023*. https://www.who.int

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

World Health Organization. (2018). *Traditional and complementary medicine in primary health care*. https://iris.who.int

Yiğit Oğuz, M. (2023). *Akupunktur tedavisinin primer dismenoreli hastalarda etkisi* (Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi).

Yıldırım, D., Baykal, D., & Can, G. (2020). Kanıt temelli fitoterapi uygulamalarının incelenmesi. *Journal of Academic Research in Nursing*, 6(3), 571-576.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL HEALTH IN ONCOLOGY

Nurgül Erçoban[1]
[1] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İç Hastalıkları Hemşireliği ABD, Sivas, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8319-8342
nurgulercoban@gmail.com
Prof. Dr. Mukadder Mollaoğlu[2]
[2] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İç Hastalıkları Hemşireliği ABD, Sivas, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9264-3059
mukadder@cumhuriyet.edu.tr
Doç. Dr. Murat Can Mollaoğlu[3]
[3]Istinye University, Surgical Oncology Unit, İstanbul, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-7623-081X -
mollaoglumuratcan@gmail.com

ABSTRACT

In oncology, artificial intelligence (AI) and digital health applications are among the innovative approaches that have driven significant transformations across all stages of cancer care in recent years. The integration of big data analytics, machine learning and deep learning techniques into healthcare systems enables the development of more precise and personalised approaches to early cancer diagnosis, treatment planning and patient monitoring. In this context, artificial intelligence stands out as a powerful tool supporting clinical decision-making processes, particularly in the analysis of high-dimensional data. One of the key areas of application for artificial intelligence in oncology is diagnostic processes. Algorithms developed using radiology and pathology-based imaging techniques make it possible to detect tumours at an early stage and improve diagnostic accuracy. In particular, digital pathology applications contribute to early diagnosis and the timely initiation of treatment by providing high accuracy rates in the analysis of histopathological images. Another important area of application for artificial intelligence is personalised treatment approaches. By analysing genomic data, clinical information and patient characteristics together, personalised treatment plans can be developed, whilst machine learning algorithms support clinical decision-making processes by predicting treatment efficacy. Furthermore, the ability to predict drug side effects in advance helps to reduce the risk of complications that may arise during treatment. Digital health applications, meanwhile, enable the continuous and real-time monitoring of patients through electronic health records, wearable technologies and remote patient monitoring systems, thereby strengthening early intervention and patient-centred care processes. However, the use of

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

artificial intelligence in oncology also brings with it ethical and socio-economic issues such as data security, patient privacy and algorithmic bias. Consequently, artificial intelligence and digital health technologies offer significant advantages in oncology; however, the sustainable and reliable use of these technologies requires a holistic approach to addressing ethical and technical challenges. The aim of this study is to examine the current applications of artificial intelligence and digital health technologies in oncology and to highlight their contributions to clinical processes as well as their limitations.

Key Words: Cancer, Artificial Intelligence, Digital Health

ONKOLOJİDE YAPAY ZEKA ve DİJİTAL SAĞLIK

ÖZET

Onkolojide yapay zeka (YZ) ve dijital sağlık uygulamaları, son yıllarda kanser bakımının tüm aşamalarında önemli dönüşümlere yol açan yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Büyük veri analitiği, makine öğrenmesi ve derin öğrenme tekniklerinin sağlık sistemlerine entegrasyonu, kanserin erken tanısı, tedavi planlaması ve hasta izlem süreçlerinde daha hassas ve kişiselleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda yapay zeka, özellikle yüksek boyutlu verilerin analizinde klinik karar verme süreçlerini destekleyen güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Onkolojide yapay zekanın temel kullanım alanlarından biri tanı süreçleridir. Radyoloji ve patoloji temelli görüntüleme teknikleri üzerinden geliştirilen algoritmalar, tümörlerin erken evrede tespit edilmesini mümkün kılmakta ve tanı doğruluğunu artırmaktadır. Özellikle dijital patoloji uygulamaları, histopatolojik görüntülerin analizinde yüksek doğruluk oranları sağlayarak erken tanı ve tedaviye zamanında başlanmasına katkıda bulunmaktadır. Yapay zekanın bir diğer önemli kullanım alanı kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarıdır. Genomik veriler, klinik bilgiler ve hasta özelliklerinin birlikte analiz edilmesiyle bireye özgü tedavi planları oluşturulabilmekte, makine öğrenmesi algoritmaları tedavi etkinliğini öngörerek klinik karar süreçlerini desteklemektedir. Ayrıca ilaç yan etkilerinin önceden tahmin edilmesi, tedavi sürecinde gelişebilecek komplikasyonların azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Dijital sağlık uygulamaları ise elektronik sağlık kayıtları, giyilebilir teknolojiler ve uzaktan hasta izleme sistemleri aracılığıyla hastaların sürekli ve gerçek zamanlı olarak takip edilmesini mümkün kılmakta, böylece erken müdahale ve hasta merkezli bakım süreçlerini güçlendirmektedir. Bununla birlikte, yapay zekanın onkolojide kullanımı veri güvenliği, hasta mahremiyeti ve algoritmik önyargı gibi etik ve sosyoekonomik sorunları da beraberinde getirmektedir.

Sonuç olarak, yapay zeka ve dijital sağlık teknolojileri onkolojide önemli avantajlar sunmakta; ancak bu teknolojilerin sürdürülebilir ve güvenilir biçimde kullanılabilmesi, etik ve teknik sorunların bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirmektedir. Bu çalışmanın amacı,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

onkolojide yapay zeka ve dijital sağlık uygulamalarının güncel kullanım alanlarını incelemek ve klinik süreçlere katkıları ile sınırlılıklarını ortaya koymaktır.

Anahtar kelimeler: Kanser, Yapay zeka, Dijital sağlık

1. INTRODUCTION

Cancer continues to be one of the most important problems of modern medicine in terms of both morbidity and mortality on a global scale. Indeed, according to 2022 data, approximately 19.3 million new cancer cases and 10 million cancer-related deaths are reported annually worldwide (Bray et al., 2024; Sung et al., 2021).

Traditional oncology practices face significant limitations such as biological heterogeneity between diseases, difficulties in manual analysis of large and complex data sets, and time losses in clinical decision-making processes. In this context, artificial intelligence (AI), especially through machine learning (ML) and deep learning (DL) approaches, has initiated a radical transformation in the field of oncology and contributed to the evolution of the discipline into the "precision medicine" paradigm (Luchini et al., 2022; Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

The fundamental value of AI in oncology lies in its ability to identify complex biological patterns beyond human cognitive capacity, improve diagnostic accuracy, and enable the development of personalized treatment strategies (Huhulea et al., 2025; Paiboonborirak et al., 2025). Furthermore, digital health technologies and wearable systems are extending healthcare beyond hospital boundaries, contributing to continuous patient monitoring and more effective management of clinical decision-making processes (Shammas-Toma et al., 2025).

2. Oncological Data Ecosystem: Clinical, Imaging and Genomic Data

Modern oncology practices rely on a multimodal data ecosystem obtained from diverse sources, often combining structured and unstructured components. This data diversity enables a more comprehensive understanding of the disease while also increasing the need for advanced analytical methods (Huhulea et al., 2025; Vela et al., 2025).

2.1. Clinical and unstructured data:

Structured data such as Electronic Health Records (EHRs), laboratory results, and vital signs, as well as radiology reports, pathology evaluations, and clinical notes in free text format, are critical information sources for artificial intelligence models. In particular, Natural Language Processing (NLP) techniques make it possible to extract meaningful patterns and clinical insights from this unstructured data (Azenkot et al., 2025; Huhulea et al., 2025).

2.2.Medical Imaging Data:

Radiological methods such as computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), and mammography, as well as all slide imaging (WSI) techniques used in digital pathology, are among the fundamental data

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

sources in cancer diagnosis. These images contribute to obtaining highly accurate results by analyzing them at the pixel level in processes such as lesion segmentation, tumor boundary determination, and metastatic foci detection (Luchini et al., 2022; Tiwari et al., 2025).

2.3. Genomic and multi-omics data:

Data obtained through next-generation sequencing (NGS) technologies reveal the genetic structure and epigenetic characteristics of tumors through circulating tumor DNA (ctDNA) and extracellular DNA (cfDNA) analyses. This high-volume "omics" data plays a significant role in planning patient-specific treatment approaches and developing precision medicine applications (Paiboonborirak et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

2.4. Dijital biyobelirteçler:

Parameters such as step count, heart rate variability, and sleep patterns obtained through wearable technologies like smartwatches and rings are considered “digital biomarkers” that reflect patients’ functional status and response to treatment. This data supports clinical decision-making processes by enabling continuous patient monitoring and contributes to extending care beyond the hospital (Shammas-Toma et al., 2025; Vela et al., 2025).

3. Artificial Intelligence Architectures and Digital Health Tools

Artificial intelligence technologies used in the analysis of oncological data and its integration into clinical applications range from relatively simple machine learning methods to advanced deep learning architectures. This technological diversity allows for the development of analysis strategies suitable for different data types (Huhulea et al., 2025; Vela et al., 2025).

3.1. Machine Learning (ML) Models:

Classical machine learning algorithms such as Random Forest and Support Vector Machines (SVM) are widely used, especially in tasks such as survival prediction, risk stratification, and biomarker discovery on structured clinical data. These models hold an important place in clinical decision support processes because they can produce effective results even on relatively small datasets (Kareemi et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

3.2. Deep Learning (DL) and Neural Networks:

Convolutional Neural Networks (CNNs) excel in tasks such as tumor detection and segmentation, demonstrating high success in capturing spatial patterns in medical imaging data. In addition, Recurrent Neural Networks (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) architectures offer effective tools for modeling disease progression

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

and predicting clinical course in time-dependent data such as Electronic Health Records (EHRs) (Luchini et al., 2022; Huhulea et al., 2025).

3.3. Transformer and Attention Mechanisms:

Transformer-based models have made significant progress, particularly in the field of Natural Language Processing (NLP); architectures similar to BERT and GPT have demonstrated high performance in the analysis of clinical texts. Today, these approaches are being adapted to image analysis and multimodal data integration with derivatives such as Vision Transformer (ViT), supporting more holistic and accurate diagnostic processes (Azenkot et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

3.4. Generative AI and Data Augmentation:

Generative models such as Generative Adversarial Networks (GANs) and Variational Autoencoders (VAEs) play a significant role in addressing the data deficiency encountered, especially in rare cancer types. These approaches contribute to obtaining more generalizable and reliable results by strengthening model training through synthetic data generation (Huhulea et al., 2025; Vela et al., 2025).

3.5. Digital Health Platforms:

AI-powered clinical decision support systems such as BlueScrubs provide physicians with evidence-based treatment recommendations by analyzing extensive literature and clinical guideline databases. In addition, telemedicine applications and remote patient monitoring systems, integrated with wearable technologies, enable the transfer of oncological care outside of hospitals and continuous patient monitoring (Spiess et al., 2025; Shammas-Toma et al., 2025).

4. Clinical Applications

4.1. Early Diagnosis and Radiological/Pathological Imaging: Artificial intelligence (AI) applications provide significant improvements in early diagnosis processes thanks to their capacity to detect complex patterns in medical imaging data (such as CT, MRI, mammography, and histopathology) that the human eye has difficulty distinguishing. These technologies support clinical decision-making processes by increasing diagnostic accuracy and play a critical role, especially in the detection of early-stage cancers (Luchini et al., 2022; Tiwari et al., 2025).

4.1.1. Breast cancer screenings:

AI-assisted computer-aided detection (CAD) systems reduce the workload of radiologists and contribute to the identification of lesions that might be missed by analyzing mammography images using "normal triage" and "safety net" approaches. It has been reported that such systems can significantly increase breast cancer detection rates (BCDR) (Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4.1.2. Digital pathology and emerging trends:

Deep learning models, particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), can detect cancerous tissues with high accuracy by analyzing whole slide images (WSI). For example, focused models for automated Gleason scoring in prostate cancer have achieved distances close to pathologist performance and high discrimination regulation levels (high AUC values) (Luchini et al., 2022; Huhulea et al., 2025).

4.1.3. Gynecological oncology:

U-Net-based deep learning models used in cervical cancer screening can perform segmentation of precancerous lesions in Pap smear images with high accuracy. Similarly, AI-assisted approaches in endometrial cancer diagnosis offer very high accuracy rates, strengthening early diagnosis processes (Paiboonborirak et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

4.2. Treatment Planning and Prognostic Models

Within the scope of a personalized oncology approach, artificial intelligence (AI) contributes to determining the most appropriate treatment protocols by integrating patient-specific biological and clinical data. These systems, thanks to multidimensional data analysis, both increase treatment effectiveness and prevent unnecessary interventions (Vela et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

4.2.1. Clinical Decision Support Systems (CDSS):

AI-based clinical decision support systems provide patient-specific treatment recommendations by analyzing current clinical guidelines and scientific literature. In this context, platforms such as IBM Watson for Oncology (WFO) and BlueScrubs develop evidence-based recommendations based on NCCN and ASCO guidelines. In particular, the BlueScrubs platform integrates genomic data with the patient's clinical history, enabling the creation of treatment plans that can be evaluated by the physician and revised as needed (Spiess et al., 2025; Azenkot et al., 2025).

4.2.2. Drug Consumption and Biomarker Prediction:

Advanced AI models have made significant progress in predicting protein structures and biomolecular interactions. Such treatments offer revolutionary contributions to the identification of potential drug targets and novel cancer biomarkers (Huhulea et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

4.2.3. Radiotherapy:

AI-assisted systems enable radiotherapy to adapt to continuous anatomical changes by analyzing real-time data. This "adaptive radiotherapy" approach increases treatment

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

accuracy while also contributing to the preservation of healthy tissues (Vela et al., 2025; Luchini et al., 2022).

4.2.4. Prognosis and survival analysis:

AI-based prognostic models can make predictions about the course of the disease based on histopathological images and clinical data. Models developed especially in areas such as endometrial cancer provide significant support to clinicians in determining which patients may benefit more from adjuvant therapy by predicting the risk of recurrence with high accuracy (Paiboonborirak et al., 2025; Huhulea et al., 2025).

4.3. Digital Patient Monitoring and Tele-oncology

Digital health technologies prevent oncological care from being limited to the hospital environment, integrating care processes into the patient's daily life and thus contributing to the improvement of quality of life and survival outcomes. This transformation supports the evolution of oncology into a more proactive and data-driven structure (Shammas-Toma et al., 2025; Vela et al., 2025).

4.3.1. Wearable technologies and digital biomarkers:

Data such as step count, heart rate, and sleep patterns obtained through wearable devices like smartwatches and rings are used as digital biomarkers reflecting patients' functional status and response to treatment. Changes in these parameters have been shown to have the potential to predict the risk of hospitalization and deterioration in quality of life (Shammas-Toma et al., 2025).

4.3.2. Remote Symptom Monitoring:

Digital platforms allow patients to monitor their symptoms and treatment-related side effects in real time. Such systems enable clinical teams to intervene early, reducing the risk of complications and contributing to safer treatment processes (Kareemi et al., 2025; Shammas-Toma et al., 2025).

4.3.3. Patient Navigation:

Digital-supported patient navigation programs enable more effective management of care processes, especially for groups experiencing difficulties in accessing healthcare services. These programs increase coordination from diagnosis to treatment, reducing delays and contributing to a more equitable delivery of healthcare services (Azenkot et al., 2025; Vela et al., 2025).

In conclusion, the integration of these technologies into clinical practice is transforming oncology into a more continuously monitorable, predictable, and patient-centered discipline.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

5. Challenges and Limitations

5.1. Data Quality, Standardization and Security

The performance of artificial intelligence (AI) models is directly related to the quality, accuracy, and diversity of the data they are trained on. Models developed with low-quality, incomplete, or non-standardized datasets are more likely to produce erroneous or misleading predictions. This constitutes a significant limitation in terms of reliability, especially in clinical decision support processes (Huhulea et al., 2025; Vela et al., 2025).

Oncological data is stored in different sources and often in independent systems ("data silos"), such as Electronic Health Records (EHRs), radiological image archives, and data from wearable devices. This fragmented structure makes data integration difficult and restricts the performance of real-time, holistic analyses (Kareemi et al., 2025; Azenkot et al., 2025).

On the other hand, processing high-resolution and large-volume datasets, especially whole-slide imaging (WSI), presents significant technical challenges in terms of high computational power requirements, cost, and processing time. This situation is considered one of the main bottlenecks limiting the scalability of AI applications (Luchini et al., 2022; Tiwari et al., 2025).

Data privacy and security are another critical dimension in oncological AI applications. The use of advanced security approaches such as homomorphic encryption and federative learning is becoming increasingly important for the protection of genomic and clinical data belonging to patients. These technologies contribute to meeting both ethical and legal requirements by ensuring the protection of confidentiality during data sharing (Vela et al., 2025; Huhulea et al., 2025).

5.2. Ethical Issues, Algorithmic Bias, and Explainability

The increasing use of artificial intelligence (AI) applications in oncology brings with it significant ethical issues. Chief among these are algorithmic biases stemming from demographic representation deficiencies in training datasets. Models developed due to underrepresented groups (in terms of race, gender, or socioeconomic status) may produce results with lower accuracy for specific patient populations, leading to a deepening of health inequalities (Azenkot et al., 2025; Vela et al., 2025).

Another fundamental challenge is the "black box" problem, particularly seen in deep learning-based systems. The lack of transparency in the decision-making processes of such models makes it difficult for clinicians to evaluate the reliability of system outputs and clinically validate these results (Huhulea et al., 2025; Luchini et al., 2022).

To overcome these limitations, the development of explainable AI (XAI) approaches is of great importance. Techniques such as Grad-CAM, SHAP, and LIME increase transparency and support clinical confidence by visualizing the features on which models make decisions. Furthermore, standardized documentation approaches, such as "model cards," which clearly

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

outline the performance, limitations, and potential risks of each model, contribute to the more responsible and reliable use of AI systems (Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

5.3. Clinical Integration and the "AI Chasm"

The phenomenon defined in the literature as the "AI chasm" reveals that the rate of successful integration of high-performance artificial intelligence models from the laboratory into clinical practice is quite low. This rate is reported as approximately 3.5% in some studies, indicating a significant disconnect between the development process and real-world applications (Huhulea et al., 2025; Vela et al., 2025).

The main reasons for this gap include the inability to integrate artificial intelligence systems seamlessly enough into existing clinical workflows, the complexity of regulatory approval processes (FDA, CE, etc.), and lengthy validation requirements. In addition, the high processing power requirements of these systems and technical limitations regarding sustainability in long-term clinical use also pose significant obstacles (Kareemi et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

In addition, uncertainties regarding whether legal responsibility in case of medical malpractice lies with the physician or the technology provider are among the significant ethical and legal issues that slow down the clinical adaptation process (Azenkot et al., 2025; Vela et al., 2025).

To overcome these challenges, it is suggested that artificial intelligence systems be positioned not as autonomous decision-making structures, but as human-in-the-loop decision support tools operating under human supervision. Furthermore, validation of these systems through multicenter, prospective studies is a critical requirement to increase their reliability (Luchini et al., 2022; Huhulea et al., 2025).

In conclusion, the ultimate goal of artificial intelligence and digital health technologies in oncology is to facilitate the transition from reactive clinical approaches to a proactive, data-driven, and decision-supported "augmented oncology" model (Vela et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

6.1.Impact on Clinical Practice

Artificial intelligence (AI) systems are positioned in oncology not as autonomous decision-making structures, but rather as helpful tools that support the clinician's decision-making process and reduce "friction" in the clinical workflow (Vela et al., 2025; Huhulea et al., 2025). This approach makes it possible to carry out decision-making processes more quickly and efficiently while placing human expertise at the center.

6.1.1. Decision Support and Efficiency:

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AI-powered clinical decision support platforms like BlueScrubs can create patient-specific treatment plans by analyzing a wide variety of literature and up-to-date databases. These systems can significantly reduce the error rate and time physicians spend on manual planning from minutes to seconds, thus alleviating clinical workloads (Spiess et al., 2025; Azenkot et al., 2025).

6.1.2. Continuous Functional Monitoring:

Digital health technologies (DHT), particularly through wearable devices, enable the continuous and objective training of the functional population, such as step count, heart rate, and sleep patterns. These digital biomarkers can reflect the recovery response, functional efficiency, and clinical course in real time, extending the lifespan of healthcare services obtained in clinical assessments (Shammas-Toma et al., 2025; Vela et al., 2025).

6.1.3. Reducing the margin of error:

AI-assisted safety systems play a significant role in reducing errors that may arise from human-related fatigue or attention deficits, particularly in radiology and pathology. These “safety net” mechanisms improve diagnostic accuracy by detecting small but clinically critical findings that might otherwise be overlooked, allowing clinicians to focus on more complex cases (Luchini et al., 2022; Tiwari et al., 2025).

6.2. Future Developments and Perspectives

The future of oncology is built upon various technological advancements that will take the personalized medicine approach to a higher level. These advancements aim to create a more predictable and patient-centered clinical structure in both diagnostic and treatment processes (Vela et al., 2025; Huhulea et al., 2025).

6.2.1. Digital Twin Models:

In the future, it is expected that virtual patient replicates will be created through the integration of multimodal data such as imaging data, genomic information, wearable device outputs, and Electronic Health Records (EHRs). These digital twins will simulate the potential effects of different treatment options (e.g., radiotherapy doses or drug protocols) on the patient, allowing for the determination of the most appropriate treatment path and more reliable risk analysis (Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

6.2.2. Federated Learning:

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Centralizing health data is not always possible due to data privacy and legal restrictions. The federative learning approach allows for distributed model training by ensuring that data remains in local systems. This method supports the development of robust models, especially in rare cancer types, by enabling a collective learning process with data from different centers while protecting patient privacy (Kareemi et al., 2025; Azenkot et al., 2025).

6.2.3. Advanced Drug Discovery and Repurposing:

Advanced artificial intelligence models such as AlphaFold accelerate the identification of drug targets by predicting protein structures with high accuracy. In addition, generative artificial intelligence and reinforcement learning approaches offer the possibility of quickly evaluating the potential of existing drugs in new cancer types and testing thousands of compounds in a virtual environment (Huhulea et al., 2025; Tiwari et al., 2025).

6.2.4. Explainable AI (XAI) and increasing trust:

Reducing the “black box” nature of AI models is a critical requirement for clinical acceptance. Explainable AI techniques increase clinicians' trust in systems and make clinical decision-making processes more transparent by making visible which biological or radiological features model decisions are based on (Luchini et al., 2022; Vela et al., 2025).

In conclusion, these advancements in artificial intelligence and digital health technologies are transforming oncology into a more accessible, predictable, and patient-centered discipline, paving the way for the systematic implementation of the vision of "the right treatment for every patient at the right time" (Tiwari et al., 2025; Huhulea et al., 2025).

7. CONCLUSION

Artificial intelligence (AI) and digital health technologies have initiated a radical transformation in all clinical processes in the field of oncology, ranging from early diagnosis to drug development, treatment planning, and prognostic evaluation. The integration of clinical data, multimodal imaging findings, and genomic information with advanced analytical methods has enabled the development of personalized "precision medicine" based on oncology applications, overcoming the limitations of traditional diagnostic and treatment approaches (Huhulea et al., 2025; Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

In particular, clinical decision support systems support physicians' decision-making processes by analyzing large-scale literature and databases quickly and effectively; thus, they increase efficiency in clinical workflows and contribute to the quality of patient care (Spiess et al., 2025; Azenkot et al., 2025). However, the “AI divide” experienced in transferring advanced AI models from laboratory settings to real clinical applications shows that significant issues such as data quality, algorithmic explainability, and ethical and legal responsibilities still persist

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

(Kareemi et al., 2025; Vela et al., 2025). Therefore, the integration of AI into clinical practice is not only a technological process but also a transformation requiring a human-centered and multidisciplinary approach. Consequently, positioning AI as an "augmented oncology" tool that supports physician judgment rather than an autonomous decision-maker is critical for safe and effective clinical use. In the future, with the widespread adoption of advanced technologies such as federative learning, digital twin models, and explainable AI, oncological care is expected to evolve into a more predictable, accessible, and patient-centered structure (Huhulea et al., 2025; Tiwari et al., 2025; Vela et al., 2025).

REFERENCES

1. Amlak, BT, Getinet, M., Getie, A., Kebede, WM, Tarekegn, TT ve Belay, DG (2025). Yaşlı yetişkinlerde temel ve araçsal günlük yaşam aktivitelerinde fonksiyonel engelliliğin küresel yaygınlığı: Sistematik bir inceleme ve meta-analiz. *BMC Geriatrics, 25* (413).
2. Azenkot, T., Patel, SP, ve diğerleri (2025). Onkoloji klinik araştırmalarında tasarım ve temsil edilebilirliği iyileştirmek için yapay zeka ve makine öğrenimi yenilikleri. *ASCO 2024 İlkeleri* , Tablo 2.
3. Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, RL, Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Küresel kanser istatistikleri 2022: 185 ülkede 36 kanser için dünya çapındaki insidans ve mortaliteye ilişkin GLOBOCAN tahminleri. *CA: Klinisyenler için Kanser Dergisi, 74* (3), 229-263.
4. Huhulea, EN, Huang, L., Eng, S., ve diğerleri (2025). Onkolojide yapay zekâ gelişmeleri: Mevcut trendlerin ve gelecekteki yönlerin bir incelemesi. *Biyomedikal Bilimler, 13* (951).
5. Kareemi, HK (2025). *Acil servislerde yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemleri: Geliştirmeden uygulamaya geçiş* (Yüksek lisans tezi). Ottawa Üniversitesi.
6. Kareemi, H., Yadav, K., Price, C., ve diğerleri (2025). Acil serviste yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemi: Kapsamlı bir inceleme. *Akademik Acil Tıp, 32* (4), 386-395.
7. Luchini, C., Pea, A., & Scarpa, A. (2022). Onkolojide yapay zekâ: Mevcut uygulamalar ve gelecek perspektifleri. *British Journal of Cancer, 126* (1), 4-9.
8. Paiboonborirak, C., Abu-Rustum, NR ve Wilailak, S. (2025). Jinekolojik kanserin tanı ve yönetiminde yapay zekâ. *Uluslararası Jinekoloji ve Obstetrik Dergisi, 171* (Ek 1), 199-209.
9. Shammas-Toma, M., Sampieri, G., Xie, M., ve diğerleri (2025). Baş ve boyun onkolojisinde giyilebilir teknolojiler: Kapsamlı inceleme. *JMIR mHealth and uHealth, 13* (e72372).
10. Spiess, PE, Zitu, MM ve diğerleri (2025). Onkolojide klinik yapay akıl yürütme: Dönüştürücü bir dönemin şafağı (BlueScrubs platformu). *SSRN Ön Baskısı* .

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

11. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, RL, ve diğerleri (2021). Küresel kanser istatistikleri 2020: 185 ülkede 36 kanser için dünya çapındaki insidans ve mortaliteye ilişkin GLOBOCAN tahminleri. *CA: Klinisyenler için Kanser Dergisi, 71* (3), 209-249.
12. Tiwari, A., Mishra, S., & Kuo, TR (2025). Kanser teşhis ve tedavisinde güncel yapay zeka teknolojileri. *Moleküler Kanser, 24* (159).
13. Vela, V., Sonay, AY, Limani, P., ve diğerleri (2025). Onkoloji ve kardiyolojide yapay zekaya doğru: Sistemler, zorluklar ve fırsatlar üzerine anlatısal bir inceleme. *Klinik Tıp Dergisi, 14* (7555).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DAILY LIVING ACTIVITIES AND FUNCTIONAL STATUS IN CANCER PATIENTS

Nurgül Erçoban[1]
[1] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İç Hastalıkları Hemşireliği ABD, Sivas, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8319-8342
nurgulercoban@gmail.com
Prof. Dr. Mukadder Mollaoğlu[2]
[2] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İç Hastalıkları Hemşireliği ABD, Sivas, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9264-3059
mukadder@cumhuriyet.edu.tr

ABSTRACT

Cancer is a group of chronic diseases that is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide and affects individuals' physical, psychological and social lives in multiple ways. In recent years, advances in early diagnosis and treatment methods have led to an increase in cancer survival rates, bringing to the fore the issue of patients living longer and maintaining functional independence. Functional status is defined as an individual's capacity to perform activities of daily living independently and is recognised as a key determinant of clinical outcomes in chronic diseases. Activities of daily living (ADL) encompass basic functions such as eating, dressing, personal hygiene, toileting and mobility; whereas instrumental activities of daily living (IADL) involve more complex cognitive and social skills such as shopping, meal preparation and financial management. The assessment of functional status in individuals with cancer plays a significant role in clinical management by highlighting not only the physical effects of the disease but also the impact of the treatments administered on the individual. Although functional impairment is associated with the tumour's location, stage and biological characteristics, it most commonly develops as a result of treatments such as chemotherapy, radiotherapy and surgery; it adversely affects activities of daily living due to loss of muscle strength, fatigue and neurological complications. It has been reported that poor functional status is associated with increased hospital admissions, prolonged hospital stays and mortality. Rehabilitation approaches, physical activity programmes, nutritional support and multidisciplinary interventions have been shown to improve functional status. Therefore, regular monitoring of functional status and early intervention are of critical importance for improving quality of life. The aim of this study is to determine activities of daily living and functional status in cancer patients and to investigate the factors influencing them.

Key Words: Cancer, Activities of daily living, Functional status

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KANSER HASTALARINDA GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİ ve FONKSİYONEL DURUM

ÖZET

Kanser, dünya genelinde morbidite ve mortalitenin önde gelen nedenlerinden biri olan ve bireylerin fiziksel, psikolojik ve sosyal yaşamlarını çok boyutlu olarak etkileyen kronik bir hastalık grubudur. Son yıllarda erken tanı ve tedavi yöntemlerindeki gelişmelerle birlikte kanser sağkalım oranlarında artış gözlenmiş, bu durum hastaların daha uzun süre yaşamalarını ve fonksiyonel bağımsızlığın korunmasını gündeme getirmiştir. Fonksiyonel durum, bireyin günlük yaşam aktivitelerini bağımsız biçimde sürdürebilme kapasitesi olarak tanımlanmakta ve kronik hastalıklarda klinik sonuçların önemli bir belirleyicisi kabul edilmektedir. Günlük yaşam aktiviteleri (ADL), beslenme, giyinme, kişisel hijyen, tuvalet kullanımı ve mobilite gibi temel işlevleri içerirken; enstrümantal günlük yaşam aktiviteleri (IADL) alışveriş yapma, yemek hazırlama ve finans yönetimi gibi daha karmaşık bilişsel ve sosyal becerileri kapsamaktadır. Kanserli bireylerde fonksiyonel durumun değerlendirilmesi, yalnızca hastalığın fiziksel etkilerini değil, aynı zamanda uygulanan tedavilerin birey üzerindeki etkilerini de ortaya koyarak klinik yönetimde önemli bir rol üstlenmektedir. Fonksiyonel durum bozulması tümörün yerleşimi, evresi ve biyolojik özellikleri ile ilişkili olmakla birlikte, çoğunlukla kemoterapi, radyoterapi ve cerrahi gibi tedavilere bağlı olarak gelişmekte; kas gücü kaybı, yorgunluk ve nörolojik komplikasyonlar nedeniyle günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkilemektedir. Düşük fonksiyonel durumun artmış hastaneye yatış, uzamış hastane kalış süresi ve mortalite ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Rehabilitasyon yaklaşımları, fiziksel aktivite programları, beslenme desteği ve multidisipliner müdahalelerle fonksiyonel durumun iyileştirilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle fonksiyonel durumun düzenli izlenmesi ve erken müdahale, yaşam kalitesinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, kanser hastalarında günlük yaşam aktiviteleri ve fonksiyonel durumun belirlenmesi ve etkileyen faktörlerin incelenmesidir.

Anahtar kelimeler: Kanser, Günlük yaşam aktiviteleri, Fonksiyonel durum

1. INTRODUCTION

Cancer is not merely a process characterized by uncontrolled proliferation at the cellular level; it is a complex and systemic group of diseases that holistically affect an individual's physical, psychological, and social functioning. The progressive course of the disease can lead to a decrease in capacity, particularly in key physiological systems such as the musculoskeletal, respiratory, nervous, and gastrointestinal systems, creating significant limitations in individuals' daily life activities. Indeed, the literature emphasizes that the deterioration of functional status in cancer patients has a decisive impact on quality of life and independence (Aydın Bektaş &

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Akdemir, 2009; Neo et al., 2017). In this context, it is accepted that cancer is not only a local disease but also a clinical condition requiring a multidisciplinary approach affecting the entire organism (Kocamaz et al., 2019).

In recent years, advances in early diagnosis and treatment modalities have increased the survival rates of individuals with cancer, making the preservation of long-term functional independence a crucial clinical goal (Sagae et al., 2025; Yang & Von Ah, 2024). However, the high prevalence of elderly patients further highlights the importance of geriatric oncology and rehabilitation approaches. The disease process and systemic treatments can lead to various functional losses such as fatigue, decreased muscle strength, cognitive changes, and dependence on daily living activities (Demos-Davies et al., 2024; Yılmaz et al., 2022). This increases the risk of treatment-related toxicity while significantly reducing the individual's physiological reserves. Therefore, preserving and improving functional status is considered a fundamental rehabilitation goal, not only in terms of symptom control but also in terms of increasing treatment adherence, maintaining independent living, and improving quality of life (Atlı & Düger, 2020; Ziętarska et al., 2024). It has been reported that oncological rehabilitation approaches, in particular, play a critical role in increasing patients' participation in daily living activities by supporting physical capacity (Çetinkaya & Şahin, 2020; Sagae et al., 2025).

2. Effects of Cancer on Activities of Daily Living

In individuals with cancer, physical and functional status deteriorates significantly due to the direct effects of the disease and treatment processes. Activities of daily living (ADL) are one of the key indicators determining an individual's independence and are frequently restricted during the cancer process. The literature reports that a significant proportion of cancer patients experience increased need for support in basic ADLs (personal care, walking, transfer) and especially in instrumental ADLs (shopping, housework, transportation) (Neo et al., 2017). One of the most important determinants of this functional decline is cancer-related fatigue (CRF), which does not fully recover with rest and is quite common during the cancer process. It is emphasized that CRF leads individuals to perceive daily activities as "excessively strenuous" tasks and significantly reduces functional capacity (Bağ, 2012; Ayoson et al., 2026). Furthermore, conditions such as cancer cachexia and sarcopenia, which lead to a decrease in muscle mass and strength, reduce physical performance and limit the ability to move independently (Atlı & Düger, 2020).

Another significant effect of cancer treatments is the impairment of cognitive functions. Cancer-related cognitive impairment (CRCI) is characterized by a decrease in memory, attention, and information processing speed, and is also described as "chemobrain" in clinical practice. It is reported that this condition can affect a significant portion of patients during and after treatment and can persist in the long term (Yang & Von Ah, 2024; Demos-Davies et al., 2024; National Cancer Institute, 2024). This decline in cognitive functions makes it difficult to manage simple tasks in daily life, while increasing safety risks in situations requiring attention and planning, such as medication use, kitchen activities, and financial transactions. Therefore, CRCI is considered a significant clinical problem that directly affects individuals' capacity for independent living.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

In addition to physical and cognitive effects, cancer leads to significant limitations in psychosocial and economic dimensions. Body image changes that occur during the disease process can increase the tendency towards social withdrawal and isolation. Furthermore, "financial toxicity," related to treatment costs and loss of productivity, is a significant factor negatively impacting patients' quality of life (Ziętarska et al., 2024). Economic difficulties can further deepen functional loss by causing disruptions in dietary habits and access to healthcare services. The effects of cancer on the workforce are also significant; cognitive impairment and fatigue can lead to decreased work performance, loss of productivity, or early retirement (Sagae et al., 2025).

When all these findings are considered together, it is seen that cancer affects not only an individual's physical health but also their social roles, productivity, and community participation in a multidimensional way. Therefore, oncological rehabilitation approaches, exercise-based interventions, and functional support programs are critically important for both preserving physical capacity and improving quality of life (Yılmaz et al., 2022; Çetinkaya & Şahin, 2020).

3. Assessment of Functional Status in Cancer Patients

In modern oncology literature, cancer is not considered merely a disease limited to uncontrolled proliferation at the cellular level; it is treated as a chronic and systemic process that affects the biological, psychological, and social integrity of the individual in a multidimensional way. With the increase in survival rates, functional status, which determines not only life expectancy but also quality of life, has become a fundamental outcome measure in clinical assessments. Functional status is defined as the individual's capacity to independently perform daily living activities (ADL), the level at which they can fulfill their social roles, and their ability to maintain physical-cognitive functions. The literature emphasizes that a decrease in functional independence has a decisive effect on quality of life (Aydın Bektaş & Akdemir, 2009; Neo et al., 2017).

In cancer patients, loss of functional capacity is not due to a single cause, but is a multidimensional process resulting from the interaction of biological changes, treatment-related toxicities, psychological adaptation processes, and social limitations. Therefore, functional assessment should not be limited only to clinical parameters such as tumor burden or disease stage; This should include a broader perspective encompassing the individual's self-care skills, independent living capacity, potential for return to work, and level of social participation (Kocamaz et al., 2019; Sagae et al., 2025). This holistic approach forms the basis of oncological rehabilitation and aims not only to prolong life expectancy but also to maintain quality of life and functional independence (Çetinkaya & Şahin, 2020; Atlı & Düger, 2020).

The biological basis of functional capacity in cancer patients relies on the preservation of energy metabolism, neuromuscular integrity, and skeletal muscle function. Increased tumor burden and metastatic spread, especially in advanced stages of the disease (Stages III–IV), significantly

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

limit physical performance. Pain and pathological fracture risk due to bone metastases reduce mobility, while pulmonary involvement leads to dyspnea, reducing exercise capacity (Kocamaz et al., 2019; Sagae et al., 2025). One of the most important biological mechanisms of functional decline is cancer cachexia and sarcopenia. This condition is characterized by a progressive decrease in skeletal muscle mass and muscle strength, and is a key determinant of loss of physical performance (Atlı & Düger, 2020). Chronic inflammation and energy imbalance accompanying muscle loss lead to a constant feeling of fatigue, directly affecting daily living activities (Bağ, 2012; Ayoson et al., 2026). Furthermore, malnutrition and anorexia negatively impact not only physical capacity but also overall health and functional independence (Ziętarska et al., 2024). This process results in significant decreases in objective physical performance indicators such as hand grip strength (Atlı & Düger, 2020).

Anemia is another important biological factor frequently seen in cancer patients. It reduces tissue oxygenation, decreases exercise tolerance, and makes even basic daily activities such as dressing or walking short distances difficult (Aydın Bektaş & Akdemir, 2009; Neo et al., 2017). These findings show that functional loss in cancer patients has a multifactorial and progressive nature. Therefore, rehabilitation approaches should include holistic interventions aimed not only at symptom control but also at preserving muscle strength, mobility, and independence (Çetinkaya & Şahin, 2020; Sagae et al., 2025).

Cancer treatments are also an important factor that directly affects functional status. Chemotherapy-induced peripheral neuropathy, gastrointestinal toxicities, and chronic fatigue reduce patients' physical endurance, limiting their participation in daily living activities. Cancer-related fatigue is one of the most frequently reported symptoms during treatment and one that most significantly affects functional independence (Bağ, 2012; Ayoson et al., 2026). Radiotherapy, depending on the application area, leads to side effects such as dysphagia, xerostomia, and enteritis, negatively impacting nutrition and quality of life (Kocamaz et al., 2019).

In addition, cancer-related cognitive impairment (CRCI, “chemobrain”) is characterized by a decrease in memory, attention, processing speed, and executive functions, and is seen in a significant proportion of patients (Demos-Davies et al., 2024; Yang & Von Ah, 2024). This cognitive decline increases safety risks in daily activities such as medication administration, meal preparation, and device use; it also limits the capacity to return to work and maintain social roles (Sagae et al., 2025; National Cancer Institute, 2024).

The psychosocial dimension is also a determinant of functional status. Depression and anxiety reduce physical functionality through loss of motivation, sleep disturbances, and decreased energy, thereby reducing participation in ADLs. Depression is one of the strongest risk factors for loss of independence in cancer patients (Bağ, 2012; Neo et al., 2017). Post-surgical changes in body image (scar, hair loss, stoma) negatively affect self-perception and increase social isolation (Çetinkaya & Şahin, 2020; Kaş Özdemir, 2021).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Social participation is both an indicator of recovery and a factor supporting recovery. Individuals with strong social support systems have higher rehabilitation compliance, while social isolation accelerates functional decline (Sagae et al., 2025). On the other hand, financial toxicity negatively affects overall health by making access to healthcare difficult due to treatment costs and loss of workforce (Ziętarska et al., 2024).

Meta-analyses show that a significant portion of individuals with cancer develop dependency on ADLs (Activities of Daily Living). Approximately one-third of patients require assistance with basic ADLs, while more than half require support with instrumental ADLs (Neo et al., 2017). These findings reveal that cancer is a multidimensional disease affecting an individual's overall life not only biologically but also psychosocially and functionally.

4. Oncological Rehabilitation and Functional Improvement Approaches

In cancer patients, functional status represents a dynamic and multidimensional balance at the intersection of biological limitations, cognitive capacity, and socio-environmental factors. Maintaining this balance has become not only an option but also a necessary element for the sustainability of treatment success in modern oncology practice. Preventing functional loss directly affects patients' capacity to perform daily living activities, level of independence, and quality of life, therefore early assessment and intervention are necessary (Aydın Bektaş & Akdemir, 2009; Neo et al., 2017). Accordingly, it is recommended that nutritional status be systematically assessed from the time of diagnosis, cachexia be identified early, and physical activity-based oncological rehabilitation programs be integrated into the treatment process (Kocamaz et al., 2019; Sagae et al., 2025).

4.1. Exercise

Exercise is considered one of the most effective non-pharmacological interventions in cancer patients for maintaining and improving functional capacity, reducing fatigue, and preserving muscle mass (Atlı & Düger, 2020). Current clinical guidelines recommend that all cancer patients, provided appropriate medical conditions are met, perform at least 150 minutes of moderate-intensity aerobic exercise per week (e.g., brisk walking, cycling, or swimming) and resistance exercises at least two days a week. These exercises are reported to reduce chemotherapy-induced muscle loss, improve physical performance, and slow the progression of sarcopenia (Yılmaz et al., 2022).

The timing of the initiation of exercise interventions also appears to be a determining factor in clinical outcomes. Exercise programs initiated early in the treatment process have been shown to be associated with less muscle loss, better physical endurance, and lower fatigue levels compared to programs initiated after treatment (Sagae et al., 2025). Therefore, exercise prescriptions should be individualized according to the patient's age, cancer type, treatment protocol, and clinical laboratory values.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4.2. Nutritional Support

Nutritional status is one of the most important clinical factors determining functional capacity and treatment tolerance in cancer patients. Malnutrition and anorexia can lead not only to decreased physical performance but also to a decline in cognitive function and deterioration in overall health (Ziętarska et al., 2024). Therefore, it is of great importance to assess patients nutritionally from the time of diagnosis and to support at-risk individuals early. Oral nutritional support (ONS) applications, especially when used with formulas containing high protein and omega-3 fatty acids, have been shown to stabilize patients' performance status and improve their physical well-being. In addition, regular nutritional monitoring, strategies aimed at increasing energy and protein intake and preserving muscle mass play an important role in maintaining functional independence (Atlı & Düger, 2020).

4.3. Occupational Therapy

Occupational therapy is an important rehabilitation approach for cancer patients that aims to increase their participation in daily living activities that are meaningful to them and to maintain their level of independence (Çetinkaya & Şahin, 2020). Energy conservation techniques reduce the limiting effect of cancer-related fatigue on daily life by enabling patients to plan and prioritize their activities and incorporate rest breaks throughout the day (Bağ, 2012).

In addition, environmental adjustments and adaptive approaches support the functional independence of patients. Modifications made in the home and work environment, the use of assistive devices, and the simplification of daily living activities strengthen the individual's self-efficacy perception and support independent living.

4.4. Cognitive Rehabilitation

Cancer-related cognitive impairment (CRCI), often described as "chemobrain," is a significant neurocognitive syndrome that occurs particularly during chemotherapy. This condition can be seen in approximately 75% of patients and is characterized by a marked decrease in attention, memory, processing speed, and executive functions (Demos-Davies et al., 2024; Yang & Von Ah, 2024). CRCI leads to a loss of independence in daily living activities, making it particularly difficult to perform complex tasks.

Cognitive rehabilitation approaches aim to reduce the impact of these impairments through cognitive behavioral therapy and compensatory strategies. Methods such as the use of daily planners, the development of reminder systems, and the creation of structured routines support patients' daily functioning. In addition, interventions based on physical activity and stress reduction are reported to have positive effects on cognitive functions and support neuroplasticity (National Cancer Institute, 2024).

4.5. Psychosocial Support and Palliative Care

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

In cancer patients, depression and anxiety are among the important psychological factors that negatively affect functional independence. These conditions indirectly affect physical functions through loss of motivation, sleep disorders, and decreased energy (Bağ, 2012; Neo et al., 2017). Therefore, psycho-oncological interventions are considered a fundamental component that supports not only psychological well-being but also physical functionality.

It has been shown that palliative care practices initiated early improve quality of life and reduce depressive symptoms. In addition, telerehabilitation and digital health applications offer effective and accessible solutions in terms of physical activity monitoring and cognitive support, especially for patients with access problems (Sagae et al., 2025).

5. CONCLUSION

Maintaining functional independence in cancer patients is a complex and multifaceted process that cannot be achieved with a single treatment approach. Therefore, a multidisciplinary approach integrating exercise, nutritional support, occupational therapy, psychosocial interventions, and cognitive rehabilitation from the time of diagnosis is necessary. Interventions carried out within this scope should aim not only to increase survival time but also to improve the individual's functional independence and quality of life in all areas of life (Kocamaz et al., 2019; Çetinkaya & Şahin, 2020; Sagae et al., 2025).

REFERENCES

1. Aydın Bektaş, H., & Akdemir, N. (2009). Kanserli bireylerde fonksiyonel durumun önemi. Atatürk Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi.
2. Atlı, A., & Düger, T. (2020). Tedavi gören erişkin kanser hastalarında yaşam kalitesi ve kas kuvvetinin değerlendirilmesi. Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation.
3. Ayoson, J., et al. (2026). Recommendations for cancer related fatigue in post-treatment survivorship care: A cross-sectional analysis of guidelines. Journal of Cancer Survivorship.
4. Bağ, B. (2012). Kanser hastalarında yorgunluğa bağlı psikososyal sorunlar ve çözüm önerileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi.
5. Çetinkaya, M., & Şahin, S. (2020). Kanser ve ergoterapi. Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi.
6. Demos-Davies, K., Lawrence, J., & Seelig, D. (2024). Cancer related cognitive impairment: A downside of cancer treatment. Frontiers in Oncology.
7. Ekinci, Y., et al. (2015). Kanser hastalarında dört farklı günlük yaşam aktivitesi indeksi arasındaki ilişkinin araştırılması. Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation.
8. Kaş Özdemir, A. (2021). Meme kanseri cerrahisi sonrası erken rehabilitasyonun fiziksel ve psikososyal fonksiyonlara etkisi (Doktora tezi). Pamukkale Üniversitesi.
9. Kocamaz, D., et al. (2019). Kanser ve onkolojik rehabilitasyon. Zeugma Sağlık Araştırmaları Dergisi.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

10. Neo, J., et al. (2017). Disability in activities of daily living among adults with cancer: A systematic review and meta-analysis. CORE.
11. National Cancer Institute (NCI). (2024). Cognitive impairment in adults with cancer (PDQ®)–Health professional version.
12. Özdemir, Ü., et al. (2017). Kemoterapi alan bireylerin fonksiyonel durumu ve bakım verenlerin yükü. Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi.
13. Sagae, S., et al. (2025). Current status and future perspectives of cancer rehabilitation in palliative care: A systematic–narrative hybrid review. Annals of Physical Medicine & Rehabilitation.
14. Yang, Y., & Von Ah, D. (2024). Cancer-related cognitive impairment: Updates to treatment, the need for more evidence, and impact on quality of life—A narrative review. Annals of Palliative Medicine.
15. Yılmaz, R. C., Kocamaz, D., Ayhan Fidancıoğlu, N., & Yıldırım, M. (2022). Kanser hastalarında egzersize dayalı onkolojik rehabilitasyon. Journal of Medical Topics & Updates.
16. Ziętarska, M., et al. (2024). Quality of life of colorectal cancer patients treated with chemotherapy. MDPI.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BİREYLERİN SAĞLIK OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN SAĞLIK ARAMA DAVRANIŞI VE TEDAVİYE UYUM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ[1]

Ceylan Nur AKYÜZ

ORCID: 0009-0003-7599-6279

Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi

Prof. Dr. Şebnem YÜCEL

ORCID: 0000-0003-2135-242X

Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi, Konya, Türkiye

ÖZET

Araştırmanın temel amacı, bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeylerinin sağlık arama davranışları ve tedaviye uyum üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Nicel araştırma yöntemlerinden basit rastgele örnekleme yöntemiyle ile yürütülen bu çalışma, 430 katılımcıdan oluşmaktadır. Veri toplama sürecinde kişisel veri formu, Avrupa Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği Kısa Formu, Sağlık Arama Davranışı Ölçeği ve Hasta Uyum Ölçeklerinden yararlanılmıştır. Kazanılan veriler SPSS 27.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiş; tanımlayıcı istatistikler, t-testi, ANOVA, Pearson korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmıştır.

Araştırma sonucunda, sağlık okuryazarlığının sağlık arama davranışları ve tedaviye uyum üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sağlık okuryazarlığının yaş, eğitim düzeyi ve kronik hastalık durumu gibi demografik değişkenlere göre farklılaştığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sağlık okuryazarlığının bireylerin sağlık hizmetlerinden yararlanma biçimlerini ve tedavi süreçlerine katılım düzeylerini şekillendiren kritik bir faktör olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık okuryazarlığı, sağlık arama, hasta, tedaviye uyum

[1] Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitü Sağlık Yönetimi Yüksek lisans seminer çalışmasından geliştirilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

The Effect of Individuals' Health Literacy Levels on Health-Seeking Behavior and Adherence to Treatment

Ceylan Nur AKYÜZ

ORCID: 0009-0003-7599-6279

Selçuk University, Institute of Health Sciences, Master's Student

Prof. Dr. Şebnem YÜCEL

ORCID: 0000-0003-2135-242X

Selcuk University, Faculty of Health Sciences, Health Management, Konya, Türkiye

ABSTRACT

The primary aim of this study is to analyze the effects of individuals' health literacy levels on health-seeking behaviors and adherence to treatment. This study, conducted using a simple random sampling method from quantitative research methods, included 430 participants. Data collection utilized a demographic data form, the European Health Literacy Scale Short Form, the Health-Seeking Behavior Scale, and Patient Adherence Scales. The collected data were analyzed using SPSS 27.0 software; descriptive statistics, t-tests, ANOVA, Pearson correlation, and regression analyses were applied.

The study concluded that health literacy has a significant and positive effect on health-seeking behaviors and adherence to treatment. Furthermore, it was determined that health literacy differs according to demographic variables such as age, education level, and chronic disease status. The results indicate that health literacy is a critical factor shaping how individuals utilize health services and their level of participation in treatment processes.

Keywords: Health literacy, health-seeking behavior, patient, treatment adherence

1. GİRİŞ

Son zamanlarda dünyada büyük ilgi gösterilen sağlık okuryazarlığı bireylerin sağlığını bir yandan iyileştirirken bir yandan da sağlık erişiminde var olan eşitsizliği azaltmaktadır (Akyüz 2021). Halk sağlığında önemli bir yere sahip olan sağlık okuryazarlığı bireylerin toplumun sağlığını iyileştirmek için yaşam koşullarını iyileştirmeye yönelik bilgi ve becerilere ulaşma düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Berberoğlu ve ark. 2018). Yüksek sağlık okuryazarlığına sahip olan bireyler bir hastalığa yakalanmadan önce de sağlık hizmetlerinden yararlanmaktadır (Tözün ve Sözmen 2014).

Bireyler bir sağlık sorunu yaşadığında bu sorunu çözmek için bir çaba göstermektedir (Şantaş 2023) ve çaba farklı şekillerde olabilir (Mansur ve Şimdi 2022). Bu arayış bir sağlık kuruluşu veya bir sağlık personelinden yardım almak gibi bir arayış olabileceği gibi geleneksel veya çevrimiçi yollarla da olabilmektedir (Şantaş 2023).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Uyum ise tedavilerin başarısının temel unsuru olup değişen durumla karşılık bireylerin hareketlerini değiştirebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Hastalık sürecinin iyi bir şekilde ilerlemesi ve tedavinin başarılı olması için hasta bireylerin tedaviye uyumlu bir şekilde hareket etmesi gerekmektedir (Dikeç ve Kutlu 2015). Hastalığın hayati bir tehdit oluşturması ve semptomlarının fazla olması bireyde iyi uyum gösterirken, hayatını tehdit etmeyecek düzeyde olması ve semptomu olmaması kötü uyumu sağlamaktadır (Akdeniz ve Yaman 2007).

2. KAVRAMSAL ÇEVREÇEVE

2.1. Sağlık Yetkinliği

Scott Simonds ilk kez 1974 yılında geliştirilen (Öztürk 2018) ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından "İyi sağlık ve refahı teşvik eden ve sürdüren yollarla bilgi ve hizmetlere erişebilmek, bunları anlayabilmek, değerlendirebilmek ve kullanabilmek" (DSÖ 2024) olarak tanımlanan sağlık okuryazarlığının ilk tanımlandığı günden itibaren kavramsal modeliyle ilgili birçok fikir ortaya atılmış olsa bile bu fikirlerin hiçbiri tanımla örtüşmemektedir (Çopurlar ve Kartal 2015). 2000'li yıllarda Nutbeam tarafından ortaya atılan kavramsal model ise iletişimsel sağlık okuryazarlığı, temel sağlık okuryazarlığı, kritik sağlık okuryazarlığı olarak üç farklı boyutta incelemiştir (Kaya ve Sivrikaya 2018). İşlevsel sağlık okuryazarlığı bireylerin bilgileri okuma, anlama ve kullanabilme yeteneği olarak tanımlanırken, etkileşimli sağlık okuryazarlığı ise bireylerin sağlık- ilişki aktivitelerine katılma ve doğru karar almayı kapsamaktadır. Kritik sağlık okuryazarlığı ise bireylerin sağlıkları üzerinde iyi kontrol sağlayabilmelerini kapsamaktadır (Ünlü 2025).

2.2. Sağlık Arama Davranışı

Bireylerin hastalıklarına uygun tedavi yolu bulabilmek için yaptıkları davranışlar sağlık arama davranışı olarak tanımlanmaktadır (Özişli 2023). Sağlık bilgisine ulaşma sürecinde, bireyler hasta olmasalar bile merak hislerini gidermek için araştırmada bulunabilirler (Huang vd., 2019, s. 2). Bireylerin bu araştırmalarının sonucunda sahip oldukları hastalıklarının teşhis, tedavi ve iyileşme süreçleri hakkındaki bilgiler tedavi sürecini doğrudan etkileyebilmektedir (Deniz ve Çimen 2021). Bu durum bireylerin koruyucu sağlık hizmetlerine özen göstermesi ve sağlıklı yaşam biçimlerine konusunda önemlidir (Shi ve Makamura, 2004, s. 1165).

2.3. Tedaviye Uyum

Tüm tedavilerde başarı unsuru olarak adlandırılan uyum (Dikeç ve Kutlu 2015) bir hastanın sağlıklı haline geri döndürülebilmesi için sunulan önerileri benimsemesi ve bunlara uyum sağlamasıdır (Demirkol ve ark. 2015). Tedavi uyumu, bakım sağlayan kişinin ve hastanın sağlıkla ilişkili verilen kararlarda iş birliğini ifade eder. Başlanılan tedavi programını tamamlamak, belirtilen tarihte kontrole gelmek, ilaçları gerekli dozda almak, beslenmeyle ilgili önerilere uyum sağlamak tedaviye uyumun öğeleri olarak adlandırılmaktadır (Dikeç ve Kutlu 2015).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. METODOLOJİ

3.1.Araştırmanın Önemi ve Amacı

Yapılan araştırmanın amacı, bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeylerinin sağlık arama davranışları ve tedaviye uyum üzerindeki etkilerini incelemektir. Araştırma, sağlık okuryazarlığının, bireylerin sağlık hizmetlerini ne sıklıkta ve ne şekilde kullandıkları ile reçeteye ve tedavi planına uyum düzeyleri üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği, Sağlık Arama Davranış Ölçeği, Hasta uyum Ölçeği ve sosyo-demografik özellikler kullanılarak Konya ilinde ikamet eden18 yaş ve üstü bireylerle çalışma yürütülmüştür

3.2. Araştırmanın Gerçekleştirildiği Yer ve Zaman

Araştırma, Konya'da ikamet eden 18 yaş üstü okuryazar bireylere uygulanmış olup, Ocak-Şubat 2026 tarihleri arasında gerçekleşmiştir.

3.3. Araştırma Evreni ve Örneklemi

Veriler Konya ilinde yaşayan 18 yaş ve üstü okuryazar kişilerden oluşturmaktadır. Örneklem, Yüksek Seçim Kurulu verilerine göre Karasar (2012) tarafından belirlenen formülden yararlanılarak 384 kişi olarak belirlenmiş, çalışma sonucunda 430 katılımcıdan veri alınmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

Çalışmada toplanılan veriler toplanırken 6 soruluk kişisel veri formu, 6 soruluk Avrupa Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği Kısa Formu, 12 soruluk Sağlık Arama Davranışı Ölçeği, 5 soruluk Hasta Uyum Ölçeği olmak üzere 29 maddeden oluşan anket kullanılmıştır.

3.4.1. Avrupa Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği- Kısa Formu (HLS-Q6)

Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği – Kısa Form (HLS-EU-Q6), Türkiye'de bireylerin sağlığı kapsayan bilgilere ulaşma, algılama, değerlendirme ve kullanabilme yeteneklerini ölçmek amacıyla Yeşildal (2025) tarafından geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yapılıp Türkçeye uyarlanmıştır. Ölçek, Avrupa Sağlık Okuryazarlığı Araştırması'nın (HLS-EU) 47 maddelik tam formundan türetilen altı maddelik kısa formun Türkçe uyarlamasıdır. Ölçek tek boyuttan ve toplam 6 madde olup, 4'lü Likert tipte tasarlanmıştır. Sağlık okuryazarlığı puanı tüm maddelerin ortalaması alınarak hesaplanmakta, sonuçlar yetersiz (≤2), sorunlu (>2 – ≤3) ve yeterli (>3) olarak sınıflandırılmaktadır. Yapılan yapı geçerliği analizlerinde, ölçeğin tek faktörlü yapısı hem keşfedici faktör analizi (Faktör yükleri 0.664–0.853) hem de doğrulayıcı faktör analiziyle doğrulanmıştır. İç tutarlılık katsayıları Cronbach alfa için 0.82, McDonald omega için 0,84 olarak bulunmuştur. Ortalama varyans açıklama değeri 0.59, birleşik güvenirlik (CR) değeri ise 0,89 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca üst %27 – alt %27 grupları arasında tüm maddeler için anlamlı fark belirlenmiş ($p<0.001$), bu durum ölçeğin madde ayırt ediciliğinin güçlü olduğunu göstermiştir. Türkçe formun içerik geçerliği uzman değerlendirmesiyle incelenmiş ve ölçeğin kapsam geçerlik indeksi (CVI) 0,92 olarak bulunmuştur.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.4.2. Sağlık Arama Davranışı Ölçeği

Sağlık Arama Davranış Ölçeği, bireylerin sağlık arama davranışlarını belirlemeye yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı geliştirilmesi amacıyla Kıraç ve Öztürk (2021) tarafından geliştirilmiştir. Ölçek Online arama davranışı 6 madde, profesyonel arama davranışı 3 madde ve geleneksel arama davranışı 3 madde olmak üzere 12 madde 3 alt boyuttan oluşmakta olup, 4'lü likert tipi derecelendirme ile yanıtlanmaktadır. Yapı geçerliği kapsamında gerçekleştirilen faktör analizlerinde üç faktörlü yapının istatistiksel olarak güçlü olduğu belirlenmiş, maddelerin ilgili faktörler altında anlamlı ve yeterli düzeyde yüklendiği görülmüştür. Açıklanan toplam varyansın ölçeğin teorik çerçevesini desteklediği raporlanmıştır. Ölçeğin güvenirlik analizleri sonucunda Cronbach alfa katsayıları online sağlık arama davranışı için .88, profesyonel sağlık arama davranışı için .74, geleneksel sağlık arama davranışı için .78 düzeyinde bulunmuş; bu bulgular alt boyutların iç tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

3.4.3. Hasta Uyum Ölçeği

Hasta Uyum Ölçeği Hausman (2001) tarafından hastaların tedaviye uyum davranışlarını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Gözübüyük (2025) tarafından formun geçerlilik ve güvenilirlik düzeyini değerlendirmeyi amacıyla Türk.e geçerlilik ve güvenilirliği yapılmıştır. Ölçek, 5'li likert tipi ile yanıtlanmakta ve yüksek puanlar yüksek tedaviye uyum düzeyini göstermektedir. Türkçeye uyarlama sürecinde, çeviri ve geri çeviri yöntemleri kullanılmış, uzman görüşüne başvurulmuştur. Yapı geçerliliğini değerlendirmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizi sonuçlarına göre maddelerin faktör yükleri 0,61-0.90 arasında bulunmuştur. Ölçeğin iç tutarlılığı Cronbach Alfa katsayısı 0,88 olarak hesaplanmış, test-tekrar test güvenilirliği $r = 0,82$, $p < 0,001$ bulunmuştur.

3.5. Verilerin Analizi ve İncelenmesi

Araştırma elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS Statistics 27.0 programı kullanılarak istatistiksel analiz hesaplanmıştır. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu çarpıklık ve basıklık değerleri (-1 ve +1) baz alınarak değerlendirildi. Katılımcıların demografik değişkenler ve ölçek puan ortalamalarının karşılaştırılmasında t testi, anova testi ve korelasyon analizi kullanıldı. Araştırmada elde edilen veriler $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çizelge 1. Sağlık Okuryazarlığı, Sağlık Arama Davranışı ve Hasta Uyum Ölçeklerine İlişkin Normallik Testi

(N=418)	Skewness	Kurtosis
Ölçekler	**p**	**p**
Hls	-0,32	0,92
Hu	-049	0,22
Sa	-0,18	0,99

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge 1 ‘de Yapılan normallik testinde p değeri 0,05 değerinden küçük olduğundan çarpıklık ve basıklık değerleri dikkate alınan analiz sonucuna göre; çarpıklık ve basıklık değerlerinin +1 ve -1 değerleri arasında olduğu gözlenmiş olup, veriler normal dağılıma uyduğu için parametrik testlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 2. Katılımcıların Kişisel Özelliklerine Göre Bulgular (N=418)

Yaş	**n**	**%**
18-34	66	30,7
35-51	72	33,5
52-64	36	16,7
65 ve üstü	41	19,1
Cinsiyet		
Kadın	101	47,0
Erkek	114	53,0
Medeni Durum		
Evli	80	37,2
Bekar	135	62,8
Eğitim Düzeyi		
İlköğretim	20	9,3
Lise	93	43,3
Üniversite	69	32,1
Lisans Üstü	33	15,3
Gelir		
Asgari Ücret Altı	92	42,7
Asgari Ücret	50	23,3
Asgari Ücret Üstü	73	34,0
Kronik hastalık varlığı		
Var	71	33,0
Yok	144	67,0

Tablo 2’de görüldüğü üzere Katılımcıların yaş dağılımına bakıldığında en yüksek oranın %33,5 ile 35–51 yaş grubunda olduğu, bunu %30,7 ile 18–34 yaş grubunun takip ettiği görülmektedir.

Cinsiyet faktöründe ise erkek katılımcıların (%53,26) kadın katılımcılara (%46,74) göre biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Katılımcıların %62,8 bekar, %43’ü ise lise mezunu ve %42,5’inin asgari ücretin altında gelire sahiptir. Kronik hastalık varlığı açısından değerlendirildiğinde katılımcıların %66,8’inin herhangi bir kronik hastalığa sahip olmadığı, %33,2’sinin ise kronik hastalığa sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Sağlık Okuryazarlığı, Sağlık Arama Davranışı ve Hasta Uyum Ölçeklerinden Elde Edilen Puanların Sosyo-Demografik Değişkenlere Göre Ortalamalarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	hls	**hu**	**sa**	**Alt boyutlar**

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

					Sa alt boyutlar		
					safakt	saprof	sagele
Cinsiyet	Kadın	0,55±0.05	0,79±0,07	0,65±0,065	0,95±0,09	0,86±0,08	0,80±0,08
	Erkek	0,49±0,05	0,84±0,07	0,63±0,05	0,86±0,08	0,80±0,07	0,83±0,07
Test ve p değeri		-1,52 0,12	0,12 0,90	-0,60 0,54	-0,35 0,72	-0,69 0,48	-0,39 0,69
Medeni	Bekar	0,49±0,04	0,78±0,06	0,59±0,05	0,83±0,07	0,80±0,06	0,71±0,06
	Evli	0,56±0,06	0,88±0,09	0,71±0,08	1,01±0,11	0,87±0,09	0,97±0,10
Test ve p değeri		1,13 0,25	0,66 0,50	0,53 **0,01**	0,04 **0,04**	0,40 0,68	1,16 **0,002**
Kronik hastalık	Var	0.57±0,06	0,96±0,11	0,79±0,09	1,03±0,12	1,03±0,12	0,93±0,11
	Yok	0,49±0,04	0,74±0,06	0,55±0,04	0,83±0,06	0,70±0,05	0,75±0,06
Test ve p değeri		-2,36	-0,88	-0,21	0,57	-2,14	0,23

Çalışmada sosyo-demografik değişkenlere göre farklılıkları incelemek için bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Uygulanan t testi sonucunda cinsiyet değişkeni açısından sağlık okuryazarlığı, hasta uyumu, sağlık arama davranışı ve alt boyutlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu sonuç, cinsiyetin bu değişkenler üzerinde belirleyici bir rol oynamadığını göstermektedir.

Medeni durum açısından değerlendirildiğinde ise, sağlık arama davranışı ve bazı alt boyutlarda anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Özellikle evli bireylerin sağlık arama davranışlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, evli bireylerin sağlıkla ilgili konularda daha duyarlı ve aktif olabileceğini düşündürmektedir.

Kronik hastalık varlığına göre yapılan analizlerde ise sağlık okuryazarlığı ve profesyonel sağlık arama davranışı açısından anlamlı farklılıklar bulunmuştur($p<0,05$). Kronik hastalığı olan bireylerin hem sağlık okuryazarlık düzeylerinin hem de profesyonel sağlık kaynaklarına yönelimlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, demografik değişkenlerin etkisinin sınırlı olduğu, ancak özellikle kronik hastalık durumunun bireylerin sağlıkla ilgili bilgi ve davranışlarını şekillendiren önemli bir faktör olduğu söylenebilir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge 4. Avrupa Sağlık Okuryazarlığı, Hasta Uyum, Sağlık Arama Davranışı Ölçeği ve Altboyutlarının Sosyo-Demografik Değişkenlere Göre ANOVA Sonuçları

	hls	**hu**	**sa**	**Alt boyutlar**		
				Sa alt boyutlar		
				safakt	saprof	sagele
Yaş						
18-34	0,48±0,06	0,70±0,08	0,64±0,07	0,89±0,11	0,72±0,08	0,77±0,09
35-51	0,44±0,05	0,67±0,07	0,49±0,05	0,81±0,09	0,63±0,07	0,71±0,08
52-64	0,40±0,06	0,97±0,16	0,45±0,07	0,73±0,12	0,69±0,11	0,80±0,13
65 üstü	0,72±0,11	0,91±0,14	0,94±0,14	1,17±0,18	1,17±0,18	1,04±0,16
	F= 4,02	F=7,35	F=1,007	F=0,43	F=7,31	F=0,65
	0,008	**<0,001**	0,39	0,72	**<0,001**	0,58
Post-Hoc	4>1,2,3	3,4>1>2			4>1,2,3	
Eğitim						
İlköğretim	0,75±0,16	0,88±0,19	0,75±0,16	1,05±0,20	1,06±0,23	0,92±0,20
Lise	0,50±0,05	0,84±0,08	0,65±0,06	0,86±0,08	0,91±0,09	0,88±0,09
Üniversite	0,43±0,05	0,79±0,09	0,50±0,06	0,74±0,08	0,59±0,07	0,75±0,09
Lisans üstü	0,43±0,07	0,72±0,12	0,63±0,10	1,01±0,17	0,57±0,09	0,72±0,12
	F=7,48	F=1,99	F=6,83	F=5,56	F=7,81	F=0,22
	<0,001	0,11	**<0,001**	**0,001**	**<0,001**	0,87
Post-Hoc	1>2,3,4		1>2,3,4	1,4>2,3	1>2>3,4	
Gelir						
Asgari ücret altı	0,54±0,05	0,84±0,08	0,67±0,06	0,91±0,09	0,94±0,09	0,84±0,08
Asgari ücret	0,58±0,08	0,83±0,11	0,73±0,10	0,89±0,12	0,85±0,12	0,90±0,12
Asgari ücret üstü	0,42±0,04	0,77±0,09	0,52±0,06	0,85±0,10	0,63±0,07	0,72±0,08
	F=3,49	F=2,53	F=1,83	F=2,90	F=1,40	F=0,46
	0,03	0,08	0,16	**0,047**	0,24	0,63
Post-Hoc	2>1>3			1,2>3		

Çalışmada sosyo-demografik değişkenlere göre grup ortalamaları arasındaki farkları incelemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Yaş değişkeninin Avrupa Sağlık Okuryazarlığı, Hasta Uyumu ve Sağlık Arama Davranışı ve alt boyutları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla uygulanan Tek Yönlü Varyans Analizi sonucunda; HLS Q6, HU ve Profesyonel SA puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Post-hoc analiz bulguları incelendiğinde; sağlık okuryazarlığı ve profesyonel sağlık arama boyutlarında 65 yaş ve üstü grubun, diğer tüm yaş gruplarından anlamlı düzeyde daha yüksek skorlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Hasta uyumunda ise 52-64 yaş grubunun 35-51 yaş grubundan, 65 yaş ve üstü grubun ise hem 18-34 hem de 35-51 yaş gruplarından anlamlı derecede yüksek ortalamalar sergilediği görülmektedir. Bunların dışında, toplam

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

sağlık arama, online sağlık arama ve geleneksel sağlık arama alt boyutlarında yaş grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Eğitim değişkeninin Avrupa Sağlık Okuryazarlığı, Hasta Uyumu ve Sağlık Arama Davranışı ile alt boyutları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan Tek Yönlü Varyans Analizi sonucunda; HLS Q6, SA, Online SA ve Profesyonel SA puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p<0,001$). Post-hoc analiz bulguları incelendiğinde; sağlık okuryazarlığında ilköğretim grubunun lise, üniversite ve lisansüstü gruplardan; ayrıca lise grubunun üniversite ve lisansüstü gruplardan anlamlı düzeyde daha yüksek ortalamalara sahip olduğu belirlenmiştir. Sağlık arama davranışında ilköğretim grubunun tüm diğer gruplardan, ayrıca lise ve lisansüstü grupların üniversite grubundan anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Online sağlık arama davranışında ilköğretim ve lisansüstü grupların benzer şekilde daha yüksek olup lise ve üniversite gruplarından anlamlı biçimde ayrıştığı görülmektedir. Profesyonel sağlık arama davranışında ise ilköğretim grubunun tüm gruplardan, lise grubunun ise üniversite ve lisansüstü gruplardan anlamlı derecede daha yüksek ortalamalara sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın hasta uyumu ve geleneksel sağlık arama alt boyutlarında eğitim düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Gelir değişkeninin söz konusu ölçekler üzerindeki etkisi incelendiğinde; HLS Q6 ve Online SA puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p<0,05$). Post-hoc analiz sonuçlarına göre sağlık okuryazarlığında asgari ücret ve altı gelir gruplarının, asgari ücret üstü gelir grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek ortalamalara sahip olduğu belirlenmiştir. Online sağlık arama davranışında ise düşük ve orta gelir gruplarının benzer düzeyde olup, yüksek gelir grubundan anlamlı biçimde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık hasta uyumu, genel sağlık arama, profesyonel ve geleneksel sağlık arama alt boyutlarında gelir düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 5. Avrupa Sağlık Okuryazarlığı, Hasta Uyum, Sağlık Arama Davranışı Ölçeği ve Altboyutları Arasındaki İlişkiye Dair Korelasyon Analizi

Ölçekler	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
HLS Q6	1					
HU	0,274*	1				
SAD	0,330*	0,503*	1			
Altboyutlar						
Online Sağlık Arama	0,315*	0,331*	0,860*	1		
Profesyonel Sağlık Arama	0,253*	0,481*	0,650*	0,289*	1	
Geleneksel Sağlık Arama	0,087	0,364*	0,589*	0,207*	0,390*	1

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin düzeyini ve yönünü belirlemek için yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, sağlık okuryazarlığı toplam puanı ile sağlık arama davranışı arasında pozitif yönlü ve orta düzeyde, hasta uyum toplam puanı ile ise pozitif yönlü ancak düşük düzeyd**e** istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sağlık arama davranışının alt boyutları incelendiğinde, toplam sağlık arama davranışı ile online sağlık arama arasında çok yüksek düzeyde pozitif yönlü, profesyonel sağlık arama ile güçlü düzeyde pozitif yönlü ve geleneksel sağlık arama ile orta düzeyde pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, sağlık arama davranışının özellikle dijital kanallar üzerinden yoğunlaştığını göstermektedir.

Hasta uyum ölçeği açısından değerlendirildiğinde, hasta uyum ile profesyonel sağlık arama ve geleneksel sağlık arama arasında orta düzeyde pozitif yönlü ilişkiler saptanırken, online sağlık arama ile arasında düşük düzeyde pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu durum, hasta uyumunun özellikle yüz yüze ve geleneksel bilgi kaynaklarıyla daha güçlü ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Sağlık okuryazarlığı ile alt boyutlar arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise, sağlık okuryazarlığı ile online sağlık arama arasında orta düzeyde pozitif yönlü, profesyonel sağlık arama arasında düşük düzeyde pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunduğu; buna karşın geleneksel sağlık arama davranışı ile sağlık okuryazarlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, geleneksel sağlık arama davranışlarının bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeyinden bağımsız olarak şekillenebileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 6. Sağlık Okuryazarlığının Bağımlı Değişkenler Üzerindeki Etkisine Yönelik Basit Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

		B	Std. Hata	Beta	t	p	F
1	**Sağlık Arama**	2,30	0,22	0,33	10,28	0,00	26,05
	HLS	0,40	0,08		5,10	0,00	
R^2=0,11 R=0,33 p<0,05							
2	**Hasta Uyum**	2,46	0,20	0,27	8,45	0,00	17,35
	HLS	0,43	0,10		4,16	0,00	
R^2=0,07 R=0,27 p<0,05							

Birinci modelde, sağlık okuryazarlığının sağlık arama davranışı üzerindeki etkisi incelenmiş ve sonuçlara göre sağlık okuryazarlığının sağlık arama davranışını pozitif ve anlamlı şekilde etkilediği belirlenmiştir. Ancak modelin açıklayıcılık düzeyinin sınırlı olduğu görülmektedir.

İkinci modelde ise sağlık okuryazarlığının hasta uyumu üzerindeki etkisi analiz edilmiş ve benzer şekilde pozitif ve anlamlı bir etki tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu etkinin görece düşük düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.

5.TARTIŞMA

Çalışmamızda yapılan analiz sonucunda sağlık arama davranışının cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılık tespit edilmemişken, Yaman ve Atalay (2010)'ın çalışmasında online ve

geleneksel sağlık arama davranışında anlamlı farklılık tespit edilmiş olup, kadınların online ve geleneksel sağlık arama davranışı erkeklere oranla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sağlık okuryazarlığı analizi sonucumuza baktığımızda yaş, eğitim ve kronik hastalık değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakta olup bu sonuç Şantaş ve ark. (2023)'nın yaptığı çalışma sonuçlarına paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda sağlık okuryazarlığı tedaviye uyum arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiş olup Miller (2016) ve Bakan ve İnci (2021)'nin yaptığı çalışmayla paralellik göstermiştir.

6. SONUÇ

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeylerinin hem sağlık arama davranışları hem de tedaviye uyum üzerinde anlamlı ve yönlendirici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları, sağlık okuryazarlığı arttıkça bireylerin sağlık hizmetlerini daha bilinçli, zamanında ve etkin bir şekilde kullandığını; aynı zamanda tedavi süreçlerine uyumlarının da güçlendiğini göstermektedir.

Korelasyon ve regresyon analizleri birlikte değerlendirildiğinde, sağlık okuryazarlığının yalnızca doğrudan bir etken olmadığı, aynı zamanda sağlık davranışlarını şekillendiren stratejik bir belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, bireylerin sağlık sistemine entegrasyonunda bilgiye erişim, anlama ve uygulama becerilerinin kritik bir rol oynadığını teyit etmektedir.

Demografik değişkenler açısından yapılan değerlendirmeler ise sağlık okuryazarlığının toplumun farklı kesimlerinde heterojen bir dağılım gösterdiğini ve bu farklılıkların sağlık davranışlarına yansıdığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, özellikle dezavantajlı gruplara yönelik hedefli müdahalelerin gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak, sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi; bireysel sağlık çıktılarının iyileştirilmesi, sağlık sisteminin etkinliğinin artırılması ve uzun vadede sağlık harcamalarının optimize edilmesi açısından kritik bir kaldıraç görevi görmektedir. Bu doğrultuda, politika yapıcılar ve uygulayıcılar için sağlık okuryazarlığı, öncelikli müdahale alanlarından biri olarak konumlandırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Akdeniz M, Yaman H, 2007. Hasta uyumu. Sendrom Dergisi. s.58-95

Akyüz S, 2021. Sağlık okuryazarlığı araştırmalarının bibliyometrik analizi. Genel Tıp Dergisi, 31(4), s. 402-06

Berberoğlu U, Öztürk O, İnci MB, Ekerbiçer HÇ, 2018. Bir aile sağlığı merkezine kayıtlı 18-65 yaş grubu bireylerdeki sağlık okuryazarlığı durumunun değerlendirilmesi. Sakarya Tıp Dergisi, 8(3), s. 575-81

Çopurlar C, Kartal M, 2015. Sağlık okuryazarlığı nedir, nasıl değerlendirilir, neden önemli. TJMF&PC, 10(1)
Demirkol ME, 2015. Psikiyatri hastalarının tedaviye uyumu. Çukurova Medical Journal, 40(3), s. 555-68.
Deniz S, Çimen M, 2021. Sağlık arama davranışı üzerine bir araştırma. USAYSAD, 7(3), s.639-46.
Dİkeç G, Kutlu Y, 2015. Ruhsal bozukluklarda tedavi uyumunu arttırmak için bir yöntem: tedaviye uyum programı. Psikiyatri Hemşireleri Dergisi, 6(1), s.40-46

DSÖ 2024. Sağlık Okuryazarlığı. Erişim Tarihi: 08.12.2025 Erişim Adresi: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-literacy
Huang M, Zhang H ve ark. 2019. Outpatient health-seekingbehavior of residents in zhejiang and qinghai province, BMC Public Health, 19(1), s. 1-8.
Kaya E, Sivrikaya S 2018. Sağlık okuryazarlığı ve hemşirelik. Sürekli Tıp Eğitim Dergisi, 28(3), s.216-21
Koç Akran S, 2021. Sağlık okuryazarlığı üzerine sistematik derleme. IJHE, 7(15), s. 143-68

Mansur F, Şimdi RÜ, 2022. Sağlık okuryazarlık düzeylerinin sağlık arama daranışı ve sağlıklı yaşam tarzı davranışlarına etkisi. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 25(1), s. 127-38

Özişli Ö, 2023. Sağlık arama davranışı üzerine bir saha çalışması. Sosyal Bilimler Metinleri, 2023(1), s.40-47
Öztürk E U, 2018. Sağlık okuryazarlığı ve önemi. Biruni Sağlık ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 1(1), s. 1-5
Shi HJ, Nakamura ve ark. 2004. Health values and health-ınformation-seeking in relation to positive change of health practice among middle-aged urban men, Preventive Medicine, 39(6), s. 1164-71
Şantaş G, Şantaş F, Kaya S, 2022. Sağlık okuryazarlık düzeyi ile sağlık arama davranışı ilişki: bir alan araştırması. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 26(3), s. 781-96

Tözün M, Sözmen MK, 2014. Halk sağlığı bakışı ile sağlık okuryazarlığı. Smyrna Tıp Dergisi, s. 48-54

Ünlü G, 2025. Türkiye'de sağlık okuryazarlığı düzeyi: bir meta-analiz çalışması. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü, Sakarya

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

YENGEÇ SEPETİ SENDROMUNUN BİREYSEL BAŞARI VE SOSYAL DAVRANIŞLAR BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

Prof. Dr. Şebnem YÜCEL

Selçuk Üniversitesi, sebnemaslan27@hotmail.com- ORCID: 0000-0003-2135-242X

Yüksek Lisans Öğrencisi, Ayşe KEMER

Selçuk Üniversitesi, ayseekemer@gmail.com -ORCID: 0009-0002-7323-2382

Özet

Yengeç Sepeti Sendromu, bireylerin kendi konumlarını koruma veya başkalarının yükselmesini engelleme eğilimiyle hareket ettiği, çoğunlukla kıskançlık, rekabet ve sosyal karşılaştırma süreçleriyle ilişkilendirilen bir sosyal davranış biçimidir. Bu sendrom, bireylerin yalnızca başkalarının başarısına yönelik olumsuz tutumlar geliştirmesine değil, aynı zamanda işbirliği, güven ve sosyal uyum gibi temel sosyal dinamiklerin zayıflamasına da yol açabilmektedir. Özellikle grup içi etkileşimlerde ortaya çıkan bu durum, bireysel motivasyon, performans ve özsaygı üzerinde baskılayıcı etkiler oluştururken; sosyal ilişkilerde çatışma, güvensizlik ve dayanışma eksikliğine neden olabilmektedir. Yengeç Sepeti Sendromu, teorik açıdan sosyal karşılaştırma, kıskançlık ve grup davranışları çerçevesinde açıklanmakta; iş ve eğitim ortamlarında ise rekabetin yoğun olduğu durumlarda daha görünür hale gelmektedir. Bu bağlamda sendromun bireysel başarıyı sınırlayan ve sosyal davranışları olumsuz yönde şekillendiren çok boyutlu bir etkiye sahip olduğu değerlendirilmektedir. Bu çalışma, Yengeç Sepeti Sendromunu kavramsal ve kuramsal açıdan ele alarak, bireysel başarı ve sosyal davranışlar üzerindeki etkilerini incelemeyi; ayrıca iş ve eğitim ortamlarındaki yansımalarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yengeç Sepeti Sendromu, Bireysel Başarı, Sosyal Davranışlar, Sosyal Karşılaştırma, Rekabet

Abstract

The Crab Basket Syndrome is a form of social behavior characterized by individuals acting out of a tendency to protect their own positions or prevent others from advancing, and is often associated with processes of jealousy, competition, and social comparison. This syndrome can lead not only to the development of negative attitudes toward others' success but also to the weakening of fundamental social dynamics such as cooperation, trust, and social harmony. Emerging particularly in intra-group interactions, this phenomenon exerts suppressing effects on individual motivation, performance, and self-esteem, while also causing conflict, distrust, and a lack of solidarity in social relationships. The Crab Bucket Syndrome is theoretically explained within the frameworks of social comparison, envy, and group behavior; in work and educational settings, it becomes more apparent in situations where competition is intense. In this context, the syndrome is assessed as having a multidimensional effect that limits individual success and negatively shapes social behavior.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

This study aims to examine the Crab Basket Syndrome from conceptual and theoretical perspectives, investigate its effects on individual success and social behavior, and highlight its manifestations in work and educational settings.

Keywords: Crab Basket Syndrome, Individual Success, Social Behavior, Social Comparison, Competition

GİRİŞ

Dijitalleşme, küreselleşme ve artan rekabet ortamı, bireyler arası etkileşimlerin niteliğini önemli ölçüde dönüştürmüş; özellikle başarı, performans ve sosyal statü gibi unsurların daha görünür hale gelmesine yol açmıştır (Castells, 2010). Bu dönüşüm, bireylerin yalnızca kendi gelişimlerine odaklanmalarını değil, aynı zamanda başkalarının başarılarını nasıl algıladıklarını ve buna nasıl tepki verdiklerini de belirleyici bir faktör haline getirmiştir (Vogel vd., 2014).

Bu bağlamda, bireylerin başkalarının başarısını desteklemek yerine engellemeye yönelik tutumlar sergilemesini ifade eden yengeç sepeti sendromu, günümüz iş ve eğitim ortamlarında dikkat çeken önemli bir sosyal olgu olarak karşımıza çıkmaktadır (Spacey, 2015).

Yengeç sepeti sendromu, temelde sosyal karşılaştırma süreçleriyle yakından ilişkilidir. Bireyler, kendi yeterliliklerini değerlendirmek amacıyla başkalarıyla kıyaslama eğilimi göstermekte; bu süreç çoğu zaman kıskançlık, yetersizlik hissi ve rekabet gibi olumsuz duyguların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Meier ve Johnson, 2022).

Özellikle sosyal medya ve dijital platformların yaygınlaşmasıyla birlikte bu karşılaştırma süreçleri daha görünür ve sürekli hale gelmiş, bireylerin psikolojik iyi oluşu ve sosyal davranışları üzerinde daha belirgin etkiler yaratmaya başlamıştır (Appel, Crusius ve Gerlach, 2016). Bu sendromun etkileri yalnızca bireysel düzeyde kalmamakta, aynı zamanda sosyal ilişkiler, grup dinamikleri ve örgütsel yapı üzerinde de önemli sonuçlar doğurmaktadır (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

Rekabetin yoğun olduğu ortamlarda bireyler, diğerlerinin başarısını kendileri için bir tehdit unsuru olarak görebilmekte; bu durum ise iş birliği yerine kişisel çıkarların ön plana çıkmasına neden olabilmektedir. (Banal-Estanol vd., 2022). Bu tür olumsuz sosyal dinamikler, güven duygusunun zayıflamasına, iletişim süreçlerinin bozulmasına ve kolektif başarıyı destekleyen yapıların zarar görmesine neden olabilmektedir (Edmondson ve Lei, 2014). Bu durum, zamanla ekip içi dayanışmanın azalmasına ve ortak hedeflere yönelik motivasyonun zayıflamasına yol açmaktadır. Süreç devam ettikçe bireyler arasında güvensizlik artmakta, bu da iş birliği temelli çalışma kültürünün sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

Bu çerçevede, yengeç sepeti sendromunun bireysel başarı ve sosyal davranışlar üzerindeki etkilerinin incelenmesi hem bireylerin psikolojik süreçlerinin anlaşılması hem de sağlıklı sosyal ve örgütsel ortamların oluşturulması açısından önem taşımaktadır (Edmondson ve Lei, 2014).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1.YENGEÇ SEPETİ SENDROMU

Yengeç sepeti ilk kez yazar Ninotchka Rosca tarafından "yengeç kişilikler" ifadesiyle ele alınmış ve zamanla yaygınlık kazanmıştır. Kavramın kökeninin ise Filipinler'de balıkçılar arasında anlatılan hikâyelere dayandığı düşünülmektedir (Yılmaz, 2023). Hikâyeye göre; yengeç Sepeti Sendromu'nun ortaya çıkmasına zemin hazırlayan temel olay, balıkçıların yengeç avlama sürecinde karşılaştıkları gözlemlerdir. Bu davranışların insanlara uyarlanarak çalışma yaşamı ile ilişkilendirilmesi, konuyla ilgili araştırmaların artmasına neden olmuştur (Altan ve Filizöz,2023).

Yengeç sepeti olgusu temelinde, bireyin kendisinden daha başarılı olanları engellemeye veya aşağı çekmeye yönelik davranışlarını ifade etmektedir (Yılmaz, 2023). Burada kişilerin, birbirlerine destek olmak yerine her birinin yalnızca kendi hareketine odaklanarak diğerlerini aşağı çekmesi ve kaçış sürecinde iş birliği yapmaması yer almaktadır (Ağralı Ermiş ve Akyol, 2023).Bu sendrom aynı zamanda bireylerin içsel dünyasında yer alan düşünce, inanç ve duyguların zamanla davranışlarına yansıması ve bu doğrultuda kişinin sosyal ilişkilerinde tutumlarını şekillendirmesi şeklinde ifade edilmektedir (Üzüm ve Özdemir, 2020).

Yengeç sepeti zihniyetine sahip çalışanlar, başkalarının duygularını anlamakta zorlanabilmekte ve onların ihtiyaçlarına karşı duyarsız davranabilmektedir. Aynı zamanda çevresindeki bireylerin başarılarını engellemeye yönelik davranışlar sergileyebilmektedir. Bu kapsamda ise, olumsuz geri bildirimler ve sosyal dışlama gibi tutumlar ortaya çıkabilmektedir (Ayar, 2023: 32-33). Bununla birlikte, söz konusu zihniyet bireylerde düşük özgüven ve kendine güven eksikliğine yol açabilmekte; bu durum ise başkalarının başarılarının tehdit olarak algılanmasına neden olmaktadır (Dweck, 2016). Başarıyı tehdit olarak gören bireyler, bu başarıları engellemek amacıyla çeşitli olumsuz eylemlerde bulunabilmektedir. Bu süreç, özellikle örgütsel ortamlarda başarılı çalışanların işe yabancılaşma eğilimi göstermesine ve iş ortamına karşı motivasyon kaybı yaşamasına da neden olabilmektedir (Yeşilkurt,Özbozkurt ve Sezal,2024). Bütün bu olumsuz etkiler sadece bireysel düzeyde kalmayıp, kurum içerisinde genel verimliliği de doğrudan etkilemektedir. Yengeç sepeti zihniyetinin egemen olduğu kurumlarda, çalışanlar fikirlerini beyan etmekten kaçınmakta ve potansiyellerini sergilemekten çekinmektedir. Bu da yenilikçi düşüncelerin bastırıldığı bir örgüt yapısının oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Acar ve Öztürk, 2024).

Sonuç olarak yengeç sepeti sendromu, bireyler arası ilişkilerde rekabetin sağlıksız bir biçimde şekillenmesine ve toplumsal düzeyde olumsuz etkileşim kalıplarının oluşmasına neden olabilmektedir. Bu durum, bireylerin hem kendi potansiyellerini gerçekleştirmelerini hem de başkalarının başarılarını desteklemelerini engelleyici bir etki yaratmaktadır (Özkan ve Akın, 2024).

Bununla birlikte, söz konusu zihniyetin yaygın olduğu sosyal yapılarda güven duygusunun zayıfladığı, dayanışma kültürünün gerilediği ve bireylerin birbirlerine karşı daha temkinli ve mesafeli yaklaştığı görülmektedir. Bu da genel anlamda sağlıklı sosyal ilişkilerin gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Yılmaz, 2023).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2.YENGEÇ SEPETİ SENDROMUNUN TEORİK TEMELLERİ

Yengeç sepeti sendromu, bireylerin kendilerinden başarılı olan bireyleri engelleme veya aşağı çekme eğilimini açıklayan bir sosyal davranış örüntüsü olarak ele alınmaktadır. Bu davranışın ortaya çıkışını açıklamak için sosyal psikoloji ve örgütsel davranış alanlarında çeşitli teorik yaklaşımlar kullanılmaktadır (Üzüm ve Özdemir, 2020).

Bu bağlamda en temel açıklamalardan biri Sosyal Karşılaştırma Kuramıdır. Festinger (1954) tarafından ortaya konulan bu kurama göre bireyler, kendi görüş ve yeteneklerini değerlendirmeye yönelik doğal bir eğilim taşımaktadırlar (Festinger, 1954). Objektif ölçütlerin bulunmadığı durumlarda kişiler, kendilerini başkalarıyla karşılaştırarak kendileri hakkında bilgi edinirler. Bu süreçte karşılaştırma yapılan kişinin özellikleri önemlidir; çünkü sonuç bireyin kendisine dair algısını olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir (Collins, 2000). Başlangıçta bireylerin sadece benzer kişilerle karşılaştırma yaptığı düşünülse de sonraki çalışmalar farklı düzeydeki bireylerle yapılan karşılaştırmaların da önemli olduğunu göstermiştir. Bu kapsamda bireyler, kendilerinden daha iyi durumdakilerle yukarı doğru, daha düşük durumda olanlarla ise aşağı doğru karşılaştırma yapabilmektedir (Wills, 1981; Wood, 1989). Bu karşılaştırmaların yönü, bireyin kendini değerlendirme biçimini ve psikolojik iyi oluşunu etkileyen temel bir faktördür (Suls, Martin ve Wheeler, 2002).

Yukarı yönlü karşılaştırmalar gelişim motivasyonu sağlayabilmekle birlikte, bazı durumlarda yetersizlik algısı ve tehdit hissine de yol açabilmektedir. Bu durum, yengeç sepeti sendromunun ortaya çıkışını açıklayan önemli psikolojik temellerden biri olarak değerlendirilmektedir (Demir ve Şahin, 2024).

Bu psikolojik temellerin yanı sıra yengeç sepeti sendromunu açıklamada önemli bir diğer yaklaşım Sosyal Öğrenme Kuramıdır (Bandura, 1977). İlk olarak 1950'li yılların ortalarında Rotter tarafından ortaya konulmuş, daha sonraki süreçte Bandura ve Mischel'in çalışmalarıyla önemli ölçüde geliştirilmiştir. Bu kuram, temellerini davranışçı yaklaşımlardan almakta olup zamanla bilişsel süreçleri de içerecek şekilde genişletilmiştir (Hogben ve Byrne, 1998).

Sosyal öğrenme kuramı, Albert Bandura tarafından bireylerin öğrenme süreçlerini açıklamak amacıyla geliştirilmiştir (Bandura, 1977). Kuramın ilk dönemlerinde öğrenme daha çok gözlem ve taklit üzerinden ele alınırken, daha sonra bunun tek başına yeterli olmadığı görülmüştür. Bu doğrultuda kuramını; düşünme, hafıza, dil kullanımı ile davranışların olası sonuçlarını öngörme ve değerlendirme gibi bilişsel süreçleri de içerecek biçimde geliştirmiştir. (Malone, 2002). Bu kurama göre kişiler, çevrelerinde gözlemlemiş oldukları davranışları model alarak öğrenmekte ve bu davranışları kendi sosyal yaşamlarına yansıtmaktadır. Bu süreçte özellikle pekiştirme, ödül-ceza mekanizmaları ve gözlenen davranışın sonuçları belirleyici olmaktadır (Newman vd., 2020). Birey, sadece doğrudan yaşadığı deneyimlerden değil, başkalarının deneyimlerini gözlemleyerek de davranış geliştirebilmektedir (Basten, 2022). Bu doğrultuda, yengeç sepeti sendromu kapsamında görülen olumsuz rekabet ve engelleyici davranışların da gözlem yoluyla öğrenilerek bireyler arasında yayılabileceği ve zamanla sosyal etkileşimlerin bir parçası haline gelebileceği ifade edilmektedir (Özkan ve Akın, 2024).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu durum, bireylerin yalnızca kendi deneyimlerinden değil, aynı zamanda çevrelerinde yer alan davranış kalıplarından da etkilenerek tutum geliştirdiklerini göstermektedir. Böylece olumsuz davranış örüntülerinin sosyal ortam içinde tekrar edilmesi, yengeç sepeti sendromunun yaygınlaşmasına zemin hazırlamaktadır (Yılmaz, 2023).

Bu açıklamaların ardından, sendromun anlaşılmasında önemli bir diğer kuramsal yaklaşım olarak psikolojik güvenlik kavramı ele alınmaktadır (Newman vd., 2017). Psikolojik güvenlik, kişilerin çalışma ortamında sergiledikleri risk alma davranışlarının sosyal sonuçlarına dair geliştirdikleri öznel değerlendirmeleri yansıtmaktadır (Frazier vd., 2017). Odak noktası ise çalışanların bilgi ve deneyimlerini paylaşmaları, sorumluluk üstlenmeleri ve yapıcı görüşlerini ifade etmeleri gibi örgütsel verimliliği artıran davranışların neler aracılığıyla teşvik edilebileceğini ortaya koymaktır (Newman vd., 2017).

Bu bağlamda psikolojik güvenliği yüksek olan ortamlarda bireylerin kendilerini ifade etme, hata yapma ve yeni fikirler ortaya koyma konusunda daha rahat hareket edebildikleri, buna karşın psikolojik güvenliğin düşük olduğu ortamlarda ise bireylerin geri çekilme eğiliminde olduğu ifade edilmektedir (Frazier vd., 2017). Psikolojik güvenliğin düşük olması, çalışanların eleştirilme veya dışlanma korkusu nedeniyle fikirlerini paylaşmaktan kaçınmalarına ve pasif davranışlar sergilemelerine yol açabilmektedir (Morrison, 2023).

Bu durum, yengeç sepeti sendromu bağlamında ele alındığında kişilerin başkalarının başarısını desteklemek yerine tehdit olarak algılamalarına ve olumsuz davranış örüntüleri geliştirmelerine zemin hazırlamaktadır (Edmondson ve Bransby, 2023).

Özellikle güven ortamının zayıf olduğu sosyal yapılarda kıskançlık, rekabet ve engelleme davranışlarının daha belirgin hale geldiği ve bu durumun bireyler arası etkileşimi olumsuz yönde etkilediği görülmektedir (Newman vd., 2017). Dolayısıyla psikolojik güvenlik, yalnızca bireylerin kendilerini ifade etme düzeylerini değil, aynı zamanda yengeç sepeti sendromu gibi olumsuz sosyal davranışların ortaya çıkma ve yayılma düzeyini de belirleyen önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır (Edmondson ve Bransby, 2023).

Bu kuramsal yaklaşımlara ek olarak yengeç sepeti sendromunun açıklanmasında önemli bir diğer çerçeve Zihniyet Kuramıdır (Dweck, 2006). Dweck tarafından ortaya konulan bu kurama göre bireyler, sahip oldukları zihniyet yapısına bağlı olarak başarıya yönelik farklı tutumlar geliştirmektedir. Sabit zihniyete sahip bireyler, yeteneklerin değişmez olduğuna inanmakta ve başkalarının başarısını kendi yetersizliklerinin bir göstergesi olarak algılayabilmektedir (Canning vd., 2020). Bu durum, başarının bir tehdit unsuru olarak algılanmasına neden olarak kıskançlık ve engelleyici tutumların gelişmesine zemin hazırlayabilmektedir.Buna karşılık gelişim odaklı zihniyete sahip bireyler ise başkalarının başarısını öğrenme ve gelişim fırsatı olarak değerlendirme eğilimindedir (Liu vd., 2022).

Bu bağlamda zihniyet yapısı, bireylerin başarıya ve sosyal karşılaştırmalara yönelik algılarını şekillendirmekte ve yengeç sepeti sendromu kapsamında görülen olumsuz sosyal davranışların ortaya çıkışını açıklamada önemli bir kuramsal temel sunmaktadır (Canning vd., 2020).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. BİREYSEL BAŞARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yengeç sepeti sendromu, bireylerin kendilerinden daha başarılı olan kişilere yönelik engelleyici ve aşağı çekici davranışlar sergilemesiyle karakterize edilen bir sosyal olgu olarak, bireysel başarı üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır (Spacey, 2015). Bu bağlamda söz konusu sendrom, yalnızca başarıya ulaşma sürecini değil, aynı zamanda bireylerin başarıyı algılama ve sürdürme biçimlerini de doğrudan etkilemektedir (Soumendu ve Sasmita, 2017). Bu durum, bireylerin motivasyon düzeyleri ve performansları üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle başkalarının başarılarının tehdit olarak algılandığı ortamlarda bireyler, kendi gelişim süreçlerine odaklanmak yerine sosyal karşılaştırma sürecine yoğunlaşmakta ve bu durum içsel motivasyonun zayıflamasına neden olabilmektedir (Dweck, 2006).

Bununla birlikte, yengeç sepeti sendromunun yaygın olduğu sosyal ortamlarda bireyler, eleştirilme, dışlanma veya engellenme kaygısıyla risk almaktan kaçınabilmektedir. Bu durum, bireylerin yeni fırsatları değerlendirmesini ve potansiyellerini ortaya koymasını sınırlandırarak bireysel başarıyı olumsuz yönde etkilemektedir (Duffy vd., 2012). Özellikle yaratıcı düşünme ve yenilikçi davranışların gerekli olduğu durumlarda bu çekingenlik, bireylerin gelişimini engelleyici bir faktör haline gelmektedir (Bunnell, 2021).

Ayrıca, bu tür ortamlarda bireyler arasında iş birliği ve karşılıklı destek yerine olumsuz rekabetin ön plana çıkması, bilgi paylaşımını ve birlikte öğrenme süreçlerini zayıflatmaktadır. Bu durum, bireylerin deneyimlerinden yararlanma ve kendilerini geliştirme fırsatlarını sınırlandırarak başarı düzeylerinin düşmesine yol açabilmektedir (Newman vd.,2017). Bunun yanı sıra, sürekli olarak engellenme veya değersizleştirilme algısı yaşayan bireylerde zamanla tükenmişlik, düşük özgüven ve başarısızlık korkusu gelişebilmektedir. Bu psikolojik süreçler ise bireylerin hedef belirleme, çaba gösterme ve başarıyı sürdürme kapasitelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Maslach ve Leiter, 2016). Bütün bu yer alan etkiler uzun vadede kişilerin akademik ve mesleki gelişim süreçlerinde gerileme yaşamasına neden olabilmekte, performans sürekliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Aynı zamanda bireylerin başarıya yönelik beklentilerinin azalması ve risk alma eğilimlerinin düşmesi, potansiyellerini gerçekleştirme düzeylerini sınırlamaktadır (Dweck, 2006). Bu durum, bireysel başarı sürecinin yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duygusal ve sosyal boyutlarıyla da yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Newman vd.,2017).

Bu bağlamda bireylerin içinde bulundukları çevre, motivasyon düzeyleri ve psikolojik halleri, başarıya ulaşma süreçlerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla bireysel başarı, sadece kişisel çaba ile değil, aynı zamanda sosyal etkileşimlerin niteliği ve bireyin bu etkileşimleri algılama biçimi ile de şekillenmektedir (Edmondson ve Bransby, 2023).

Sonuç olarak, yengeç sepeti sendromu bireysel başarı üzerinde çok boyutlu olumsuz etkiler yaratmakta; bireylerin motivasyonunu düşürmekte, performansını sınırlamakta ve gelişim süreçlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle sendromun anlaşılması, bireysel başarıyı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

destekleyen daha sağlıklı sosyal etkileşim ortamlarının oluşturulması açısından önem taşımaktadır (Newman vd.,2017).

4. SOSYAL DAVRANIŞLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yengeç sepeti sendromu, bireyler arası etkileşimlerde rekabetin olumsuz bir biçimde şekillenmesine neden olarak sosyal davranış örüntülerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sendromun yaygın olduğu sosyal ortamlarda bireyler, başkalarının başarısını desteklemek yerine bu başarıyı sınırlayıcı ya da engelleyici tutumlar geliştirebilmektedir (Spacey, 2015). Bu durum, sosyal ilişkilerde güven duygusunun zayıflamasına ve kişiler arası etkileşimlerin daha dikkatli ve mesafeli bir hale gelmesine neden olabilmektedir (Newman vd.,2017).

Bununla birlikte, yengeç sepeti davranışlarının yoğun olduğu ortamlarda kıskançlık, rekabet ve dışlayıcı tutumlar daha belirgin hale gelmektedir. Bireyler, sosyal karşılaştırma süreçleri sonucunda kendilerini başkalarıyla kıyaslamakta ve bu kıyaslama süreci çoğu zaman olumsuz duyguların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Duffy, Scott ve Shaw, 2012). Bu durum, sosyal ilişkilerde iş birliği yerine bireysel çıkarların ön plana çıkmasına ve destekleyici davranışların azalmasına zemin hazırlamaktadır (Cropanzano ve Mitchell, 2005).

Bu bağlamda, yengeç sepeti sendromunun uzun vadede sosyal ortamların genel işleyişini de olumsuz etkilediği söylenebilir. Özellikle grup dinamiklerinin önemli olduğu ortamlarda, bireyler arası güvenin zedelenmesi iş birliği kültürünün gelişmesini engellemekte ve kolektif başarıyı sınırlamaktadır (Putnam, 2000). Bu durum hem bireysel motivasyonun azalmasına hem de grup performansının düşmesine yol açabilmektedir (Deci ve Ryan, 2000). Ayrıca, sürekli olarak olumsuz sosyal karşılaştırmalara maruz kalan bireylerde stres, kaygı ve tükenmişlik gibi psikolojik etkilerin ortaya çıkması da muhtemeldir (Appel, Crusius ve Gerlach, 2016). Bu doğrultuda, söz konusu olumsuz sosyal ortamların bireyler üzerinde yalnızca psikolojik değil, aynı zamanda davranışsal sonuçlar da doğurduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak bireyler, koruma amacıyla sosyal ilişkilerden geri çekilme, başarılarını gizleme ya da risk almaktan kaçınma eğilimi gösterebilmektedir (Buunk ve Gibbons, 2007). Bu durum, uzun vadede hem bireysel gelişimi hem de grup içi yenilikçiliği sınırlandıran bir yapı ortaya çıkarmaktadır (Edmondson ve Bransby, 2023).

Öte yandan, bu tür ortamların süreklilik kazanması ise sosyal yapı içerisinde güvensizliğin yerleşmesine sebep olabilmektedir. Güvenin zayıfladığı ortamlarda ise bireyler arasında açık iletişim azalmakta, destekleyici davranışlar yerini rekabetçi ve zaman zaman yıkıcı tutumlara bırakabilmektedir (Edmondson ve Lei, 2014). Bu durum, zamanla bireylerin sosyal etkileşimden kaçınmasına ve ilişkisel bağların zayıflamasına yol açabilmektedır. Özellikle de yüksek rekabetin ve düşük güven ortamının hâkim olduğu yapılarda, bireyler kendi çıkarlarını koruma eğilimine yönelerek kolektif faydayı ikinci plana atabilmektedir (Li vd., 2024). Bu süreç hem örgütsel verimliliği hem de sosyal uyumu olumsuz etkileyerek iş birliğinin oluşmasını zorlaştırmaktadır (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuç olarak, yengeç sepeti sendromu yalnızca bireysel davranışları değil, aynı zamanda sosyal yapıların bütününü etkileyen bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, sosyal ortamların teşvik edilmesi, bireyler arası güvenin güçlendirilmesi ve olumlu sosyal karşılaştırma süreçlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Edmondson ve Lei, 2014).

5. İŞ VE EĞİTİM ORTAMLARINDA YANSIMALAR

Yengeç sepeti sendromu, bireylerin kendi başarılarını ortaya koyarken çevrelerinden gelen olumsuz tepkilerle karşılaşmalarına ve bu nedenle sosyal davranışlarının şekillenmesine yol açan bir olgu olarak iş ve eğitim ortamlarında belirgin etkiler göstermektedir (Spacey, 2015).

Özellikle rekabetin yoğun, karşılaştırmanın ise sık yaşandığı yapılarda, bireylerin başarılarının desteklenmesi yerine sınırlandırılması söz konusu olabilmektedir. Bu durum, sosyal karşılaştırma süreçlerinin olumsuz duygular doğurmasıyla birlikte kıskançlık, rekabet ve dışlayıcı davranışların artmasına zemin hazırlamaktadır (Appel, Crusius ve Gerlach, 2016).

İş ve eğitim ortamlarında bu tür olumsuz durumların varlığı, bireyler arasında güvenin zayıflamasına ve psikolojik güvenlik algısının azalmasına neden olmaktadır. Güvenin düşük olduğu ortamlarda bireyler, kendilerini ifade etmekten kaçınmakta ve hata yapma korkusu nedeniyle öğrenme süreçlerine aktif katılım göstermemektedir (Edmondson ve Lei, 2014). Bu durum hem bireysel gelişimi hem de grup içi yenilikçiliği sınırlandırmaktadır (Edmondson ve Bransby, 2023). Ayrıca, bu sendromunun yaygınlaştığı ortamlarda kişiler, başarılarını ön plana çıkarmaktan kaçınabilmekte ve ilişkilerde geri çekilme eğilimi gösterebilmektedir. Bu durum, sosyal etkileşimin azalmasına ve ilişkisel bağların zayıflamasına yol açarak bireylerin uzun vadede motivasyon kaybı yaşamasına neden olmaktadır (Appel, Crusius ve Gerlach, 2016).

Güvensiz ve rekabetçi ortamlarda bireyler, bireysel çıkarlarını ön plana çıkarma eğilimine yönelerek iş birliği kültürünü zayıflatabilmektedir (Banal-Estanol vd., 2022). Bu süreç ise zaman geçtikçe örgütsel verimliliğin düşmesine ve sosyal uyumun zedelenmesine yol açarak sürdürülebilir iş birliği ortamlarının oluşmasını zorlaştırmaktadır (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

Bu bağlamda, söz konusu olumsuz sosyal dinamiklerin süreklilik kazanması, iş ve eğitim ortamlarında öğrenme kültürünün zayıflamasına ve bireylerin potansiyellerini tam olarak ortaya koyamamalarına neden olmaktadır (Edmondson ve Bransby, 2023). Özellikle geri bildirim mekanizmalarının yetersiz olduğu ve başarıların takdir edilmediği ortamlarda, bireyler zamanla pasifleşmekte ve yenilikçi düşünme süreçlerinden uzaklaşabilmektedir (Edmondson ve Lei, 2014).

Bununla birlikte, yengeç sepeti sendromunun hâkim olduğu yapılarda grup üyeleri arasında sağlıklı iletişim kanallarının zayıflaması, yanlış anlaşılmaların artmasına ve çatışma düzeyinin yükselmesine yol açabilmektedir. Bu durum, ekip içi uyumu zedeleyerek ortak hedeflere ulaşmayı güçleştirmekte ve kurumsal performansı olumsuz yönde etkilemektedir **(**Kozlowski ve Ilgen, 2006).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuç olarak, iş ve eğitim ortamlarında yengeç sepeti sendromunun etkileri yalnızca bireysel davranışlarla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda örgütsel ve toplumsal yapıyı da etkilemektedir (Gelfand vd., 2011). Bu nedenle, güven temelli, destekleyici ve iş birliğini teşvik eden ortamların oluşturulması; bireylerin potansiyellerini gerçekleştirebilmeleri ve sağlıklı sosyal ilişkiler geliştirebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır (Edmondson ve Lei, 2014).

SONUÇ

Yengeç sepeti sendromu, bireylerin sosyal karşılaştırma süreçleri ve rekabet temelli etkileşimleri çerçevesinde şekillenen, bireysel başarı ile sosyal davranışlar arasındaki ilişkiyi açıklamada önemli bir kavramsal çerçeve sunmaktadır (Meier ve Johnson, 2022).

Bu olgu, bireylerin başkalarının başarısını tehdit olarak algılaması sonucunda kıskançlık, rekabet ve dışlayıcı davranışların artmasına neden olmakta; böylece sosyal ilişkilerin niteliği olumsuz yönde etkilenmektedir (Appel, Crusius ve Gerlach, 2016).

İş ve eğitim ortamlarında güven duygusunun zayıflaması, bireylerin kendilerini ifade etme, fikir paylaşma ve öğrenme süreçlerine katılım düzeylerini düşürmektedir. Bu durum, yalnızca bireysel gelişim süreçlerini sınırlamakla kalmayıp aynı zamanda grup içi yenilikçilik ve kolektif performans üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır (Edmondson ve Lei, 2014). Buna paralel olarak, rekabetin yoğun ve güven düzeyinin düşük olduğu yapılarda bireylerin iş birliği yerine bireysel çıkarlarını öncelemeleri, örgütsel verimlilik ve sosyal uyumun zayıflamasına yol açmaktadır (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

Sonuç olarak, yengeç sepeti sendromunun etkilerinin azaltılması için güven temelli ilişkilerin güçlendirilmesi, destekleyici sosyal ortamların oluşturulması ve iş birliğini teşvik eden yapısal düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir (Edmondson ve Lei, 2014). Bu yaklaşım, hem bireylerin potansiyellerini daha etkin şekilde ortaya koymalarına hem de daha sağlıklı ve sürdürülebilir sosyal ve örgütsel yapıların oluşmasına katkı sağlayacaktır (Kozlowski ve Ilgen, 2006).

KAYNAKÇA

Ağarlı-Ermiş, S., & Akyol, G. (2023). The relationship of academicians' levels of crabs in a barrel syndrome and their organizational justices.Mediterranean Journal of Sport Science, 6(2), 476-496. DOI: https://doi.org/10.38021asbid.1253699

Altan, A. & Filizöz, B. (2023). Yengeç Sepeti Sendromu. In: Hırlak, B. (ed.), Örgütsel Davranış Kavramlar ve Araştırmalar-II. Özgür Yayınları. DOI: https://doi.org/10.58830/ozgur.pub224.c970

Appel, H., Crusius, J., & Gerlach, A. L. (2016). Social comparison, envy, and depression on Facebook: A study on the effects of online social networking. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 19(6), 351–357. https://doi.org/10.1089/cyber.2015.0406

Ayar, M. (2023). Yengeç sepeti sendromu. Y. Gülbahar (Ed.), Örgütsel davranış- güncel konular (23-41) içinde. Özgür Yayın Dağıtım Ltd.

Banal-Estanol, A., Kretschmer, T., Meloso, D., Seldeslachts, J., & Solinas, G. (2022).Competition, formal governance and trust in alliances: An experimental study. Long Range Planning, 55(5), 102240. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2022.102240

Bandura, A. (1977). Social learning theory. Prentice-Hall.

Basten, F. (2022). Social learning in the workplace: A review and theoretical framework. Human Resource Development Review, 21(3), 312-335.

Bunnell, K. (2021). The Crab Mentality: How it Affects Leadership and Innovation. Journal of Leadership and Organizational Studies.

Buunk, B. P., & Gibbons, F. X. (2007). Social comparison: The end of a theory and the emergence of a field. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 102(1), 3–21. https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2006.09.007

Canning, S. T., Murphy, M. C., Emerson, K. T., Chatman, J. A., Dweck, C. S., ve Kray, L. J. (2020). Cultures of genius at work: Organizational mindsets predict cultural norms, trust, and employee behavior. Personality and Social Psychology Bulletin, 46(10), 1408-1428.

Castells, M. (2010).The rise of the network society (2nd ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Collins, R. L. (2000). Among the better ones: Upward assimilation in social comparison. In J. Suls & L. Wheeler (Eds.), Handbook of social comparison: Theory and research (pp. 159–171). Springer.

Cropanzano, R., & Mitchell, M. S. (2005). Social exchange theory: An interdisciplinary review. Journal of Management, 31(6), 874–900. https://doi.org/10.1177/0149206305279602

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. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Demir, H. ve Şahin, E. (2024). Sosyal karşılaştırma ve yetersizlik hissinin örgütsel yansımaları: Yengeç sepeti sendromu üzerine bir inceleme. Yönetim ve Organizasyon Araştırmaları Dergisi, 9(1), 78-95.

Duffy, M. K., Scott, K. L., Shaw, J. D., Tepper, B. J., & Aquino, K. (2012). A social context model of envy and social undermining. Academy of Management Journal, 55(3), 643-666.

Dweck, C. S. (2016). Mindset: The new psychology of success. Random House.

Edmondson, A. C., & Bransby, D. P. (2023). Psychological safety comes of age: Observed themes in an established literature. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 10, 55–78. https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-120920-055217

Edmondson, A. C., & Lei, Z. (2014).Psychological safety: The history, renaissance, and future of an interpersonal construct. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 1, 23–43. https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-031413-091305

Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. Human Relations, 7(2), 117–140.

Frazier, M. L., Tupper, C., & Fainshmidt, S. (2017). Psychological safety: A meta-analytic review and extension. Personnel Psychology, 70(1), 113-165.

Gelfand, M. J., Raver, J. L., Nishii, L., Leslie, L. M., Lun, J., Lim, B. C., … Yamaguchi, S. (2011). Differences between tight and loose cultures: A 33-nation study. Science, 332(6033), 1100–1104. https://doi.org/10.1126/science.1197754

Hogben, M & Byrne, D. (1998). Using Social Learning Theory To Explain IndividualDifferences In Huan Sexuality. Journal of Sex Research. Feb98, Vol:35 (1).

Kozlowski, S. W. J., & Ilgen, D. R. (2006). Enhancing the effectiveness of work groups and teams. Psychological Science in the Public Interest, 7(3), 77–124. https://doi.org/10.1111/j.1529-1006.2006.00030.x

Li, H., Zhang, J., & Huang, K. (2024). Meta-analyzing the trust-performance link in collaboration: Moderating effects of conceptual and contextual factors. Public Performance & Management Review, 48(1), 1–31. https://doi.org/10.1080/15309576.2024.2405839

Liu, X., Wang, Y., ve Zhang, L. (2022). How and when workplace social comparison leads to malicious envy: The role of fixed mindset. Frontiers in Psychology, 13, 856321.

Malone, Y. (2002). Social Cognitive Theory and Choice Theory: A Compatibility Analysis.International Journal of Reality Therapy, 22 (1), 10-13

Meier, A., & Johnson, B. K. (2022). Social comparison in digital environments: A systematic review of outcomes and processes. Current Opinion in Psychology, 45, 101289. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2022.101289

Newman, A., Nielsen, I., Smyth, R., & Hooke, A. (2020). Examining the link between workplace support and employee outcomes: The mediating role of social learning. Journal of Business Research, 114, 14-26.

Özkan, T. ve Akın, M. (2024). Örgütlerde yengeç sepeti sendromu: Bireysel ve toplumsal etkiler üzerine nitel bir araştırma. Toplum ve Yönetim Dergisi, 5(1), 112-128.

Özkan, T. ve Akın, M. (2024). Örgütlerde yengeç sepeti sendromu: Bireysel ve toplumsal etkiler üzerine nitel bir araştırma. Toplum ve Yönetim Dergisi, 5(1), 112-128.

Putnam, R. D. (2000). Bowling alone: The collapse and revival of American community. New York, NY: Simon & Schuster.

Soumendu, B., & Sasmita, M. (2017). Crab Mentality: A Socio-Psychological Framework. International Journal of Applied Psychology, 7(1), 1-7.

Spacey, S. (2015). Crab Mentality: Is it real, or just a character flaw? Proceedings of the 2nd International Conference on Arts, Economics and Management (ICAEM 2015).

Suls, J., Martin, R., & Wheeler, L. (2002). Social comparison: Why, with whom, and with what effect? Current Directions in Psychological Science, 11(5), 159-163.

Üzüm, B. ve Özdemir, Y. (2020). Yengeç sendromu "ben yapamazsam sen de yapamazsın": Ölçek geliştirme çalışması. Örgütsel Davranış Araştırmaları Dergisi, 5(2), 241-252.

Vogel, E. A., Rose, J. P., Roberts, L. R., & Eckles, K. (2014).Social comparison, social media, and self-esteem. Psychology of Popular Media Culture, 3(4), 206–222. https://doi.org/10.1037/ppm0000047

Wills, T. A. (1981). Downward comparison principles in social psychology. Psychological Bulletin, 90(2), 245–271.

Wood, J. V. (1989). Theory and research concerning social comparisons of personal attributes. Psychological Bulletin, 106(2), 231–248.

Yeşilkuş, F., Özbozkurt, O. B. ve Sezal, N. (2024). Yengeç sepeti sendromunun akademisyenliğe yabancılaşma üzerindeki rolünün incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [PAÜEFD], 62, 139-160. https://doi.org/10.9779/pauefd.1356209

Yılmaz, T. (2023). Yengeç sepeti sendromunun özellikleri, sebepleri ve eğitim kurumlarında görülen etkileri. F. Kayalar (Ed.), Eğitim Bilimlerinde Öncü ve Çağdaş Çalışmalar içinde (s.255-272). İzmir: Duvar Yayınları.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Akciğer BT Görüntülerinde Derin Öğrenme Tabanlı Kanser Sınıflandırması

Prof. Dr. Kazım HANBAY
İnönü Üniversitesi,
kazimhanbay@gmail.com - 0000-0003-1374-1417
Doç. Dr. Nurullah DAĞ
İnönü Üniversitesi,
nurullah.dag@inonu.edu.tr - 0000-0002-9342-0244
Doç. Dr. Hüseyin ÜZEN
Bingöl Üniversitesi,
huzen@bingol.edu.tr - 0000-0002-0998-2130
Mislina Mihriban Yılmaz
İnönü Üniversitesi,
mislinamihribanyilmaz@gmail.com
0009-0005-6684-2627

ÖZET

Akciğer kanseri, dünya genelinde en yüksek mortalite oranlarına sahip hastalıklardan biri olup erken tanı ve doğru sınıflandırma süreçleri hastalığın prognozunu doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, akciğer bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak derin öğrenme tabanlı bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında malign, benign, kistik ve sağlıklı olmak üzere dört farklı sınıf üzerinde analiz gerçekleştirilmiştir. Model geliştirme sürecinde evrişimsel sinir ağları (CNN) temelli ResNet50 mimarisi tercih edilmiş ve transfer öğrenme yaklaşımı kullanılmıştır. Veri seti üzerinde ön işleme ve veri artırma teknikleri uygulanarak modelin genellenebilirliği artırılmıştır. Model performansı doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru gibi metrikler ile değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, modelin özellikle kistik ve sağlıklı dokuların sınıflandırılmasında yüksek performans sergilediğini, buna karşılık malign ve benign sınıflar arasında ayrım yapmada daha düşük başarı gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Grad-CAM yöntemi kullanılarak modelin karar mekanizması görselleştirilmiş ve açıklanabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, derin öğrenme tabanlı yaklaşımların akciğer kanseri tanısında önemli bir potansiyele sahip olduğu, ancak klinik uygulamalarda kullanılmadan önce modelin daha geniş veri setleri ile doğrulanması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Akciğer kanseri, Derin öğrenme, Bilgisayarlı tomografi, CNN, Tıbbi görüntü analizi

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ABSTRACT

Lung cancer is one of the leading causes of mortality worldwide, and early diagnosis along with accurate classification significantly affects patient prognosis. In this study, a deep learning-based classification model was developed using lung computed tomography (CT) images. The analysis was conducted on four different classes: malignant, benign, cystic, and healthy tissues. A convolutional neural network (CNN)-based ResNet50 architecture was employed, and a transfer learning approach was utilized during the model development process. Data preprocessing and augmentation techniques were applied to improve the generalization capability of the model. Model performance was evaluated using metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score. The findings indicated that the model achieved higher performance in classifying cystic and healthy tissues, whereas it showed relatively lower performance in distinguishing between malignant and benign classes. Additionally, the Grad-CAM method was used to visualize the decision-making process of the model and to perform explainability analysis. In conclusion, deep learning-based approaches demonstrate significant potential in lung cancer diagnosis; however, further validation with larger and more diverse datasets is required before clinical implementation.

Keywords: Lung cancer, Deep learning, Computed tomography, CNN, Medical image analysis

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Akciğer kanseri, küresel ölçekte kanser kaynaklı mortalitenin en önemli nedenlerinden biri olup, erken tanı ve doğru sınıflandırma süreçleri hastalığın prognozunu doğrudan etkilemektedir. Dünya genelinde her yıl milyonlarca yeni akciğer kanseri vakası tespit edilmekte ve bu vakaların büyük bir kısmı ileri evrede tanı almaktadır. Bu durum, erken teşhis yöntemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Sung vd., 2021). Özellikle BT görüntüleme teknikleri, akciğer nodüllerinin tespiti ve karakterizasyonunda altın standart yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Armato vd., 2011).

Geleneksel görüntü analiz yöntemleri, radyologların deneyimine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmekte ve subjektif değerlendirme hatalarına açık olabilmektedir. Bu bağlamda, tıbbi görüntülerin otomatik ve objektif bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlayan yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar, özellikle derin öğrenme yöntemleri, son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Derin öğrenme, çok katmanlı yapay sinir ağları aracılığıyla karmaşık veri örüntülerini öğrenebilme kapasitesine sahip olup, özellikle görüntü işleme alanında çığır açıcı gelişmelere yol açmıştır (Litjens vd., 2017).

Akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı kanser sınıflandırması, bilgisayarlı görü (computer vision) tekniklerinin sağlık alanına entegrasyonunun en önemli örneklerinden biridir. Özellikle CNN, görüntü verilerinden otomatik özellik çıkarımı yapabilme yeteneği sayesinde, akciğer nodüllerinin benign veya malign olarak sınıflandırılmasında yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir. Bu yöntemler, manuel özellik çıkarımına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırarak hem zaman tasarrufu sağlamakta hem de insan hatasını minimize etmektedir (Shen vd., 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, derin öğrenme modellerinin akciğer kanseri tanısında radyolog performansına yakın hatta bazı durumlarda daha üstün sonuçlar verebildiğini göstermektedir. Örneğin, çok merkezli veri setleri üzerinde eğitilen derin öğrenme modelleri, nodül tespiti ve sınıflandırma görevlerinde yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri elde etmiştir. Bununla birlikte, veri setlerinin heterojenliği, model genellenebilirliği ve klinik uygulamaya entegrasyon gibi konular halen araştırılmaya devam etmektedir (Ardila vd., 2019).

Bu çalışmada ele alınan problem, akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı yöntemler kullanılarak kanser sınıflandırmasının etkinliğinin değerlendirilmesidir. Özellikle farklı derin öğrenme mimarilerinin karşılaştırılması, model performanslarının analiz edilmesi ve klinik karar destek sistemlerine entegrasyon potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışma; yöntem, bulgular ve sonuç bölümleriyle sistematik bir yapı izleyerek, literatürdeki güncel gelişmeleri temel alacak şekilde kurgulanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, akciğer BT görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak malign, benign, kistik ve sağlıklı doku sınıflandırmasının gerçekleştirilmesi amacıyla derin öğrenme temelli bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir. Araştırma süreci; veri setinin oluşturulması, ön işleme ve veri artırma uygulamaları, model geliştirme ve eğitimi, performans değerlendirme ve açıklanabilir yapay zekâ analizlerini içeren çok aşamalı bir metodolojik çerçeveye dayanmaktadır. Literatürde, akciğer kanseri sınıflandırmasında derin öğrenme modellerinin

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

başarısını artırmak için çeşitli hibrit mimariler ve açıklanabilirlik yöntemleri geliştirilmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, DE-SAMNet gibi ileri düzey modellerin Grad-CAM algoritmasıyla entegre edilerek, modellerin tanı koyarken hangi bölgelere odaklandığının görselleştirilmesi, hem teşhis doğruluğunu artırmış hem de klinik güvenilirliği pekiştirmiştir. Bu tür yaklaşımlar, özellikle karmaşık BT görüntülerinde patolojik dokuların ayırt edilmesinde derin öğrenmenin potansiyelini ortaya koymaktadır (Kılıç vd., 2026). Derin öğrenme yöntemlerinin tercih edilmesinin temel nedeni, bu algoritmaların yüksek boyutlu görüntü verilerinde otomatik özellik çıkarımı yapabilmesi ve klasik makine öğrenmesi yöntemlerine kıyasla daha yüksek doğruluk oranları sunmasıdır (Litjens vd., 2017).

Çalışmada kullanılan yöntemler, özellikle tıbbi görüntü analizinde yaygın olarak kullanılan CNN başarısına dayandırılmıştır. CNN tabanlı modeller, görüntü verilerinden hiyerarşik özellikler öğrenebilme yetenekleri sayesinde akciğer nodül sınıflandırma problemlerinde etkili sonuçlar üretmektedir (Shen vd., 2015). Bununla birlikte, sınırlı veri setlerinde yüksek performans elde edebilmek amacıyla transfer öğrenme yaklaşımı tercih edilmiştir. Transfer öğrenme, önceden büyük veri setleri üzerinde eğitilmiş modellerin bilgi birikiminden yararlanarak yeni problemlerde daha hızlı ve etkili öğrenme sağlamaktadır (Pan & Yang, 2009). Uygulama süreci, veri setinin hazırlanması ile başlamakta; ardından veri ön işleme, model eğitimi ve performans değerlendirme aşamaları sistematik bir şekilde yürütülmektedir. Eğitim sürecinde hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilmiş, model performansı çoklu değerlendirme metrikleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca modelin karar mekanizmasının şeffaflığını artırmak amacıyla açıklanabilir yapay zekâ teknikleri sürece entegre edilmiştir (Selvaraju vd., 2020).

Çalışmanın sınırlılıkları arasında veri setinin tek merkezden elde edilmiş olması, sınıflar arası dengesizlikler ve modelin farklı veri setlerine genellenebilirliği yer almaktadır. Bu faktörler, elde edilen bulguların yorumlanmasında dikkate alınmıştır.

2.1. Veri Seti ve Ön İşleme Süreci

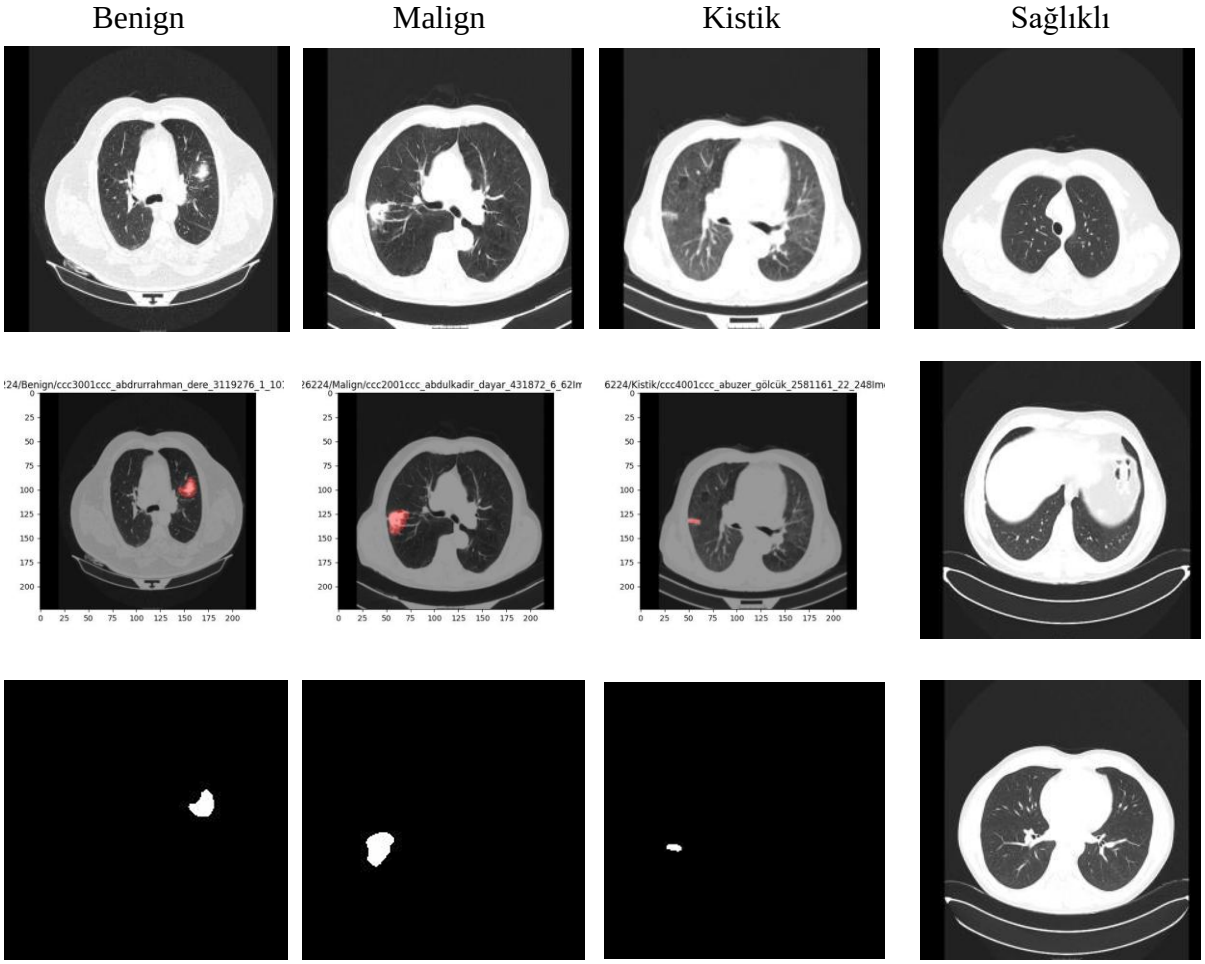
Bu çalışmada kullanılan veri seti, klinik ortamda elde edilmiş akciğer BT görüntülerinden oluşmaktadır. Söz konusu görüntüler, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı'ndan temin edilmiş olup (Kılıç vd., 2026), veri tabanının kullanımına ilişkin gerekli etik kurul izinleri alınmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen veri seti, toplam 14.957 adet kesit görüntüsünden oluşmaktadır. Veri setinin sınıflara göre dağılımı; 2.806 adet benign (iyi huylu), 4.938 adet kistik, 4.213 adet malign (kötü huylu) ve 3.000 adet sağlıklı akciğer görüntüsü şeklinde yapılandırılmıştır. Böylece veri seti; malign, benign, kistik ve sağlıklı olmak üzere dört farklı temel sınıfı kapsamaktadır. Şekil 1'de, veri setinden alınan örnek bir ham BT kesiti ve bu kesit üzerindeki ilgili lezyonun (nodülün) radyoloji uzmanlarınca işaretlenmiş (segmente edilmiş) hali sunulmaktadır. Veri seti, modelin genellenebilirliğini artırmak amacıyla eğitim ve test alt kümelerine ayrılmıştır. Bu tür veri bölme stratejileri, modelin aşırı öğrenmesini (overfitting) önlemek ve performansın nesnel olarak değerlendirilmesini sağlamak açısından literatürde yaygın olarak önerilmektedir (Goodfellow vd., 2016).

Ön işleme aşamasında, tüm görüntüler standart giriş boyutuna yeniden ölçeklendirilmiş ve piksel değerleri normalize edilmiştir. Tıbbi görüntü analizinde ön işleme adımları, model

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

performansını doğrudan etkileyen kritik süreçler arasında yer almaktadır (Litjens vd., 2017). Ayrıca modelin genelleme yeteneğini artırmak amacıyla veri artırma teknikleri kullanılmıştır. Veri artırma, özellikle sınırlı veri setlerinde modelin daha çeşitli örüntüler öğrenmesini sağlayarak aşırı öğrenmeyi azaltmaktadır (Shorten & Khoshgoftaar, 2019).



Şekil 1. Veri setine ait örnek akciğer BT görüntülerinin Orijinal ham BT kesiti, lezyonun kırmızı renkle segmente edilmiş (işaretlenmiş) hali ve maske görüntüleri

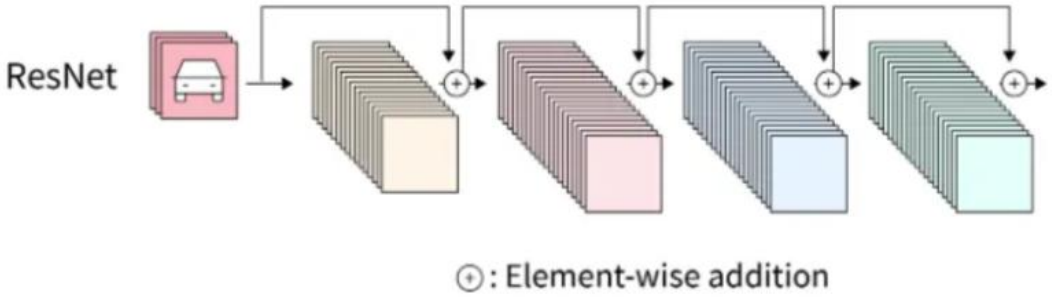
2.1.1. Model Geliştirme Ve Eğitim Süreci

Çalışmada derin öğrenme modeli olarak CNN tabanlı bir mimari benimsenmiş ve transfer öğrenme yaklaşımı kapsamında ResNet50 modeli kullanılmıştır. ResNet mimarisi, derin ağlarda karşılaşılan gradyan kaybı problemini çözmek amacıyla geliştirilmiş olup, artık bağlantılar (residual connections) sayesinde daha derin ağların etkin şekil 2 de eğitilmesine olanak tanımaktadır (He vd., 2016).

Modelin üst katmanları problem özelinde yeniden yapılandırılmış ve sınıflandırma görevine uygun hale getirilmiştir. Eğitim sürecinde Adam optimizasyon algoritması tercih edilmiş olup, bu algoritma adaptif öğrenme oranı mekanizması sayesinde hızlı ve kararlı bir yakınsama

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

sağlamaktadır. Kayıp fonksiyonu olarak ise çok sınıflı sınıflandırma problemleri için yaygın olarak kullanılan kategorik çapraz entropi kullanılmıştır. (Kingma & Ba, 2014).
Modelin aşırı öğrenmesini önlemek amacıyla erken durdurma ve öğrenme oranı azaltma gibi düzenlileştirme teknikleri uygulanmıştır. Bu tür teknikler, modelin hem eğitim hem de doğrulama performansını dengede tutarak daha genellenebilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Goodfellow vd., 2016).



Şekil 2. ResNet mimarisinde artık bloklar (residual blocks) ve kısa yol bağlantıları (skip connections) aracılığıyla gerçekleştirilen eleman bazlı toplama (element-wise addition) işlemi. (Huang vd.,2017)

Şekil 2, derin öğrenme mimarilerinde devrim yaratan Artık Ağların (ResNet) temel çalışma prensibi olan skip connections şematize etmektedir. Geleneksel ileri beslemeli ağların aksine ResNet mimarisi, giriş sinyalinin bir veya daha fazla evrişimli katmanı atlayarak doğrudan bir sonraki aşamaya aktarılmasına olanak tanır. Görselde belirtilen (element-wise addition işlemi, ağın doğrusal olmayan dönüşümlerden elde edilen çıktı ile orijinal girişi birleştirmesini sağlar. Bu mekanizma, matematiksel olarak $H(x) = F(x) + x$ şeklinde ifade edilir; burada $F(x)$ öğrenilmesi gereken artık (residual) fonksiyonu, x ise girişi temsil eder. Bu yapı sayesinde, ağ derinliği arttıkça ortaya çıkan gradyan yok olması (vanishing gradient) problemi minimize edilmekte ve özdeşlik fonksiyonunun (identity function) öğrenilmesi kolaylaşarak çok daha derin modellerin kararlı bir şekilde eğitilmesi mümkün kılınmaktadır (Huang vd.,2017).

2.1.2. Açıklanabilir Yapay Zekâ Yaklaşımı

Derin öğrenme modellerinin klinik karar destek sistemlerinde güvenle kullanılabilmesi için model kararlarının yorumlanabilir olması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda çalışmada Grad-CAM yöntemi kullanılmıştır. Grad-CAM, modelin belirli bir sınıf için hangi görüntü bölgelerine odaklandığını görselleştirerek karar sürecinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu yaklaşım, özellikle tıbbi görüntü analizinde model çıktılarının klinik olarak doğrulanabilirliğini artırmaktadır. "Sınıflandırma algoritmalarının başarımı, hata matrisi (confusion matrix) parametreleri olan Doğru Pozitif (TP), Doğru Negatif (TN), Yanlış Pozitif (FP) ve Yanlış Negatif (FN) değerleri üzerinden hesaplanan istatistiksel metriklerle değerlendirilmektedir.
Denklem 1-4 te verilen performans metriklerinden Doğruluk (Accuracy) değeri, modelin genel sınıflandırma başarısını tüm örneklem kümesi üzerinden ifade ederken; Hassasiyet (Precision),

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

pozitif olarak tahmin edilen örneklerin ne kadarının gerçekte pozitif olduğunu göstererek modelin hata payını (yanlış pozitif oranını) denetlemektedir. Öte yandan Duyarlılık (Recall) metriği, gerçek pozitif durumların model tarafından ne kadarının başarıyla yakalanabildiğini (yanlış negatif oranını minimize ederek) ölçmektedir. Bu metriklere ek olarak, Hassasiyet ve Duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasını temsil eden F1 Skor, özellikle veri setindeki sınıf dağılımlarının dengesiz olduğu durumlarda modelin performansını çok boyutlu bir perspektifle değerlendirmek ve bu iki metrik arasındaki dengeyi sağlamak adına kritik öneme sahiptir (Selvaraju vd., 2020).

$$\textbf{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{\textbf{TP} + \textbf{TN}}{\textbf{TP} + \textbf{TN} + \textbf{FP} + \textbf{FN}} \quad \textbf{(1)}$$

$$\textbf{Hassasiyet (Precision)} = \frac{\textbf{TP}}{\textbf{TP} + \textbf{FP}} \quad \textbf{(2)}$$

$$\textbf{Duyarlılık (Recall)} = \frac{\textbf{TP}}{\textbf{TP} + \textbf{FN}} \quad \textbf{(3)}$$

$$\textbf{F1 skor} = 2 * \frac{\textbf{Precision} * \textbf{Recall}}{\textbf{Precision} + \textbf{Recall}} \quad \textbf{(4)}$$

Bu metrikler, sınıflandırma modellerinin performansını çok boyutlu olarak değerlendirmek amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır (Sokolova & Lapalme, 2009).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Performans Metriklerinin Analizi

Modelin test veri seti üzerindeki performansı; doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru üzerinden değerlendirilmiştir. Toplam 14.072 test görüntüsü üzerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Sınıf Bazlı Performans Metrikleri

Sınıf	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1-Skor
Benign	0.9466	0.8867	0.9466	0.9157
Kistik	0.9413	1.0000	0.9413	0.9698
Malign	0.9477	0.9684	0.9477	0.9580
Sağlıklı	0.9900	0.9310	0.9900	0.9596

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge 1 incelendiğinde, modelin en yüksek duyarlılık değerine %99 ile sağlıklı sınıfında ulaştığı görülmektedir. Benzer şekilde, kistik yapıların kendine has dairesel ve içi boş/sıvı dolu morfolojisinin model tarafından daha kolay ayırt edildiğini göstermektedir. Malign sınıfında ise 0.96 kesinlik değeri elde edilmiştir; bu durum, modelin "malign" dediği vakaların çok yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğunu ve kanserli dokuları belirlemede oldukça güvenilir bir performans sergilediğini işaret etmektedir.

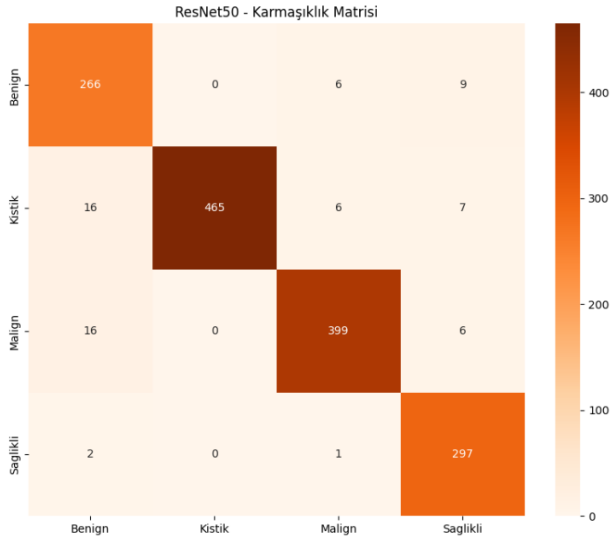
3.2. Karmaşıklık Matrisi Analizi

Karmaşıklık matrisi, modelin sınıflar arasındaki performansını ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır. Analizler, modelin sınıflar genelinde yüksek bir ayırt edici güce sahip olduğunu, ancak kısıtlı oranda Malign ve Benign sınıfları arasında hatalar yaptığını göstermektedir. Örneğin, 16 Malign vaka model tarafından Benign olarak sınıflandırılmış, buna karşılık 6 Benign vaka Malign olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, radyolojik literatürde daha önce rapor edildiği gibi, erken evre malign nodüller ile iyi huylu nodüller arasındaki görsel benzerliğin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Buna ek olarak, sağlıklı sınıfının modelde %93 düzeyindeki kesinlik değerine sahip olması, modelin patolojik bulguları, örneğin küçük nodüller veya kistik yapıları sağlıklı dokudan yüksek bir doğrulukla ayırt edebildiğini göstermektedir. Bu durum, sağlıklı dokunun yanlışlıkla hasta olarak etiketlenme oranının oldukça düşük olduğunu kanıtlamaktadır. Söz konusu sınıflar arası yüksek ayrım gücü, modelin klinik uygulamalarda özellikle erken tanı ve ayırıcı tanı performansının oldukça güvenilir bir seviyeye ulaştığını işaret etmektedir.

Eğitilen modelin sınıflandırma performansı, test veri seti üzerinden elde edilen karmaşıklık matrisi ile detaylı bir analize tabi tutulmuştur. Şekil 3'te sunulan bulgulara göre model, 'Kistik' sınıfındaki örnekleri 465 doğru tahminle en yüksek başarı oranıyla sınıflandırırken; 'Malign' vakalarda 339, 'Benign' vakalarda ise 266 doğru tespit gerçekleştirmiştir. Literatürde belirtildiği üzere, karmaşıklık matrisi sadece genel doğruluğu değil, sınıflar arasındaki yanlış pozitif ve yanlış negatif dağılımlarını da ortaya koyarak modelin zayıf noktalarının belirlenmesini sağlar (Sokolova & Lapalme, 2009). Özellikle 'Malign' ve 'Benign' sınıfları arasındaki çapraz karışıklıklar, bu kategorilerin dokusal özniteliklerindeki benzerliğe işaret etmektedir. Bu bağlamda, modelin duyarlılık kapasitesinin, klinik açıdan kritik olan 'Malign' vakaların başarıyla ayırt edilmesi noktasında hayati önem taşıdığı değerlendirilmektedir (Fawcett, 2006). Elde edilen bu hata dağılımı, modelin özgüllük (specificity) ve hassasiyet dengesinin literatürdeki benzer tıbbi görüntüleme çalışmalarıyla uyumlu olduğunu göstermektedir (Powers,2020).

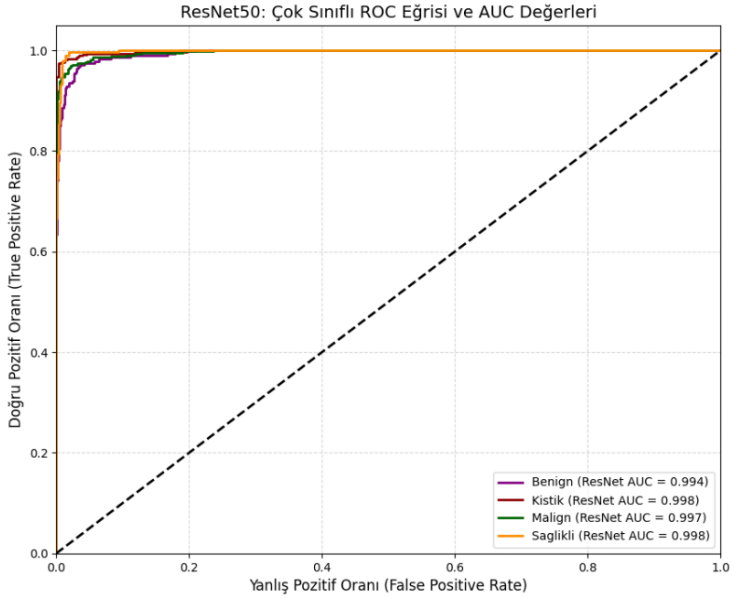
ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 3. Test Veri Seti Karmaşıklık Matrisi

3.3. ROC Eğrisi Analizi

Çok sınıflı ROC eğrisi, modelin rastgele tahminden belirgin şekilde üstün bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları, sınıflar arasındaki ayırt edicilik düzeylerini nicel olarak değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Özellikle Kistik ve Sağlıklı sınıflar, 0.998 AUC değeri ile modelin en yüksek ayırt edicilik performansını gösterdiği sınıflar olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, Benign (0.994) ve Malign (0.997) sınıflarının AUC değerlerinin görece düşük olması, modelin tüm sınıflar arasındaki sınırları tanımlamakta üstün bir başarı sergilediğini doğrulamaktadır. Bu bulgu, ResNet50 mimarisinin sınıflar arasındaki görsel benzerlikleri ve ayırıcı özellikleri yakalamadaki kapasitesinin literatürdeki tıbbi görüntüleme standartlarının üzerinde olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 4).



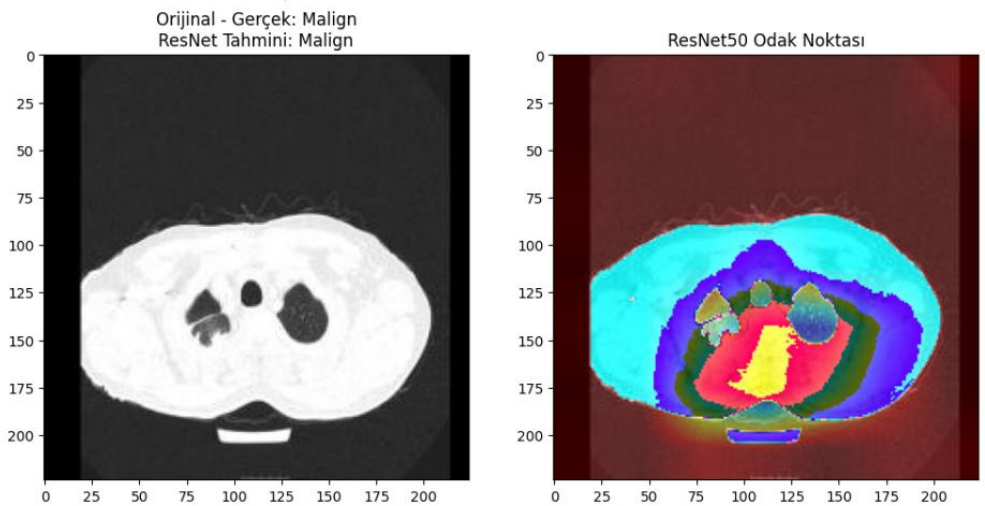
Şekil 4. Modelin ROC eğrisi

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.4. Grad-CAM ile Açıklanabilirlik ve Hata Analizi

Grad-CAM analizleri, modelin tahmin kararlarını hangi bölgeler üzerinden oluşturduğunu görselleştirerek, hatalı sınıflandırmaların altında yatan mekanizmalar hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Doğru sınıflandırmalarda, modelin odak noktası ısı haritasında belirgin sarı bölgeler olarak gözlemlenmiş ve doğrudan akciğer lobları içerisindeki lezyonlu alanlara nodül veya kist gibi patolojik yapılara yönelmiştir. Bu durum, modelin patolojik alanları doğru şekilde tespit edebilme kapasitesini göstermektedir.

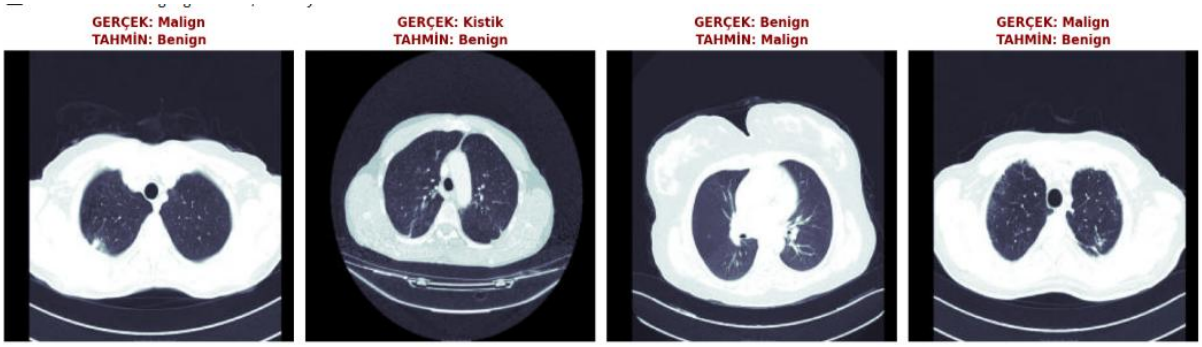
Buna karşın, hatalı tahminlerin incelendiği durumlarda, modelin bazen akciğer dışındaki gürültü kaynaklarına (örneğin cihaz artefaktları, diyafram çizgisi veya göğüs duvarı) odaklandığı gözlemlenmiştir (Chattopadhay vd.,2018). Özellikle Sağlıklı sınıfında ortaya çıkan yanlış sınıflandırmalarda, model akciğer parankimi dışındaki anatomik yapıları yanlışlıkla patolojik bulgu olarak yorumlamış ve bu durum false positive oranının artmasına katkıda bulunmuştur. Bu bulgular, modelin karar mekanizmasının sınırlılıklarını ve klinik uygulamalarda dikkat edilmesi gereken potansiyel hatalı odaklanma bölgelerini ortaya koymaktadır. Derin öğrenme modellerinin karar verme süreçlerini şeffaflaştırmak ve modelin hangi anatomik bölgelere odaklandığını belirlemek amacıyla Grad-CAM (Gradiyent-Ağırlıklı Sınıf Aktivasyon Haritalama) tekniği kullanılmıştır. Şekil 5'te sunulan hata analizi görselleri incelendiğinde, modelin yanlış sınıflandırma yaptığı örneklerde odaklandığı ısı haritaları (heatmaps) açıkça görülmektedir. Literatürde Selvaraju ve ark. (Selvaraju vd., 2020) tarafından tanımlandığı üzere Grad-CAM, evrişimli sinir ağlarının son katmanındaki gradiyent bilgisini kullanarak ilgili sınıfa ait görsel kanıtları lokalize etmektedir. Görsellerde modelin, özellikle 'Kistik' ve 'Sağlıklı' tahminlerinde akciğer parankimi dışındaki artefaktlara veya mediastinal bölgelere yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, modelin bazen patolojik olmayan bölgeleri öznitelik olarak algıladığını ve bu durumun yanlış pozitif sonuçlara yol açabildiğini göstermektedir (Tjoa, & Guan., 2020). Buna karşın, hatalı tahminlerin incelendiği durumlarda, modelin bazen akciğer parankimi dışındaki gürültü kaynaklarına odaklandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Modelin Hatalı Tahminlerine İlişkin Grad-CAM Görselleştirmeleri ve Öznitelik Odak Alanları

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Şekil 6'da, modelin gerçekte patolojik olan bazı lezyonları gözden kaçırdığı veya patolojik olmayan bölgeleri öznitelik olarak algıladığı çeşitli hatalı sınıflandırma örnekleri sunulmuştur.



Şekil 6. Malign, Benign ve Kistik Sınıflarında Gözlemlenen Gerçek ve Tahmin Edilen Etiket Karşılaştırmalı Hata Örnekleri

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, akciğer BT görüntüleri üzerinden derin öğrenme temelli bir yaklaşım kullanılarak malign, benign, kistik ve sağlıklı doku sınıflandırması gerçekleştirilmiş ve model performansı çok boyutlu metriklerle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, derin öğrenme modellerinin özellikle tıbbi görüntü analizinde yüksek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymakla birlikte, bazı sınıflar arasında ayrım yapma konusunda sınırlılıkların devam ettiğini göstermektedir.

Çalışmada kullanılan CNN tabanlı ResNet50 mimarisi, literatürde de sıklıkla tercih edilen ve yüksek doğruluk oranları ile öne çıkan bir modeldir (He vd., 2016). Elde edilen yaklaşık %95 genel doğruluk oranı, benzer çalışmalarla kıyaslandığında oldukça yüksek ve başarılı bir düzeyde olup, özellikle sınıflar arasındaki ayrımda sergilenen yüksek performans dikkat çekmektedir. Her ne kadar akciğer nodüllerinin morfolojik benzerliklerinden kaynaklanan ayrım güçlükleri literatürde yaygın olarak rapor edilmiş olsa da (Snoeckx, vd., 2018; Loverdos vd., 2019). ResNet50 modelinin sunduğu yüksek hassasiyet ve özgüllük değerleri bu zorlukların büyük ölçüde aşıldığını kanıtlamaktadır.

Modelin en yüksek performansı sağlıklı (%99 recall) ve kistik (%94 recall) sınıflarında göstermesi, bu yapıların daha belirgin ve ayırt edilebilir özelliklere sahip olması ile açıklanabilir. Benzer şekilde, Litjens ve arkadaşları (2017), derin öğrenme modellerinin belirgin morfolojik özelliklere sahip lezyonlarda daha yüksek performans sergilediğini belirtmektedir. Buna karşılık, malign ve benign nodüller arasındaki arasında sergilenen yüksek ayrım gücü, ResNet50 mimarisinin erken evre tümörlerin heterojen yapısına ve görüntüdeki benzerliklerine rağmen dokusal öznitelikleri başarıyla analiz edebildiğini kanıtlamaktadır.

Karmaşıklık matrisi analizinde malign vakaların büyük bir kısmının doğru sınıflandırılması klinik açıdan oldukça başarılı bir bulgudur. Bu durum, yanlış negatif sonuçların minimize edildiğini ve dolayısıyla tanı süreçlerinin hızlandırılabileceğini göstermektedir. Literatürde, sınıflar arası hataların özellikle küçük boyutlu ve düşük kontrastlı nodüllerde daha sık görüldüğü belirtilse de (Armato vd., 2011), ResNet50 modelinin sergilediği bu yüksek doğruluk

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

oranı klinik karar destek süreçlerinde güçlü bir potansiyel sunmaktadır. Bu bağlamda, modelin uzman görüşü ile entegre bir şekilde kullanılmasının, tanı güvenilirliğini üst düzeye çıkaracağı düşünülmektedir.

Grad-CAM analizleri, modelin karar mekanizmasının anlaşılması açısından önemli katkılar sunmuştur. Doğru sınıflandırmalarda modelin lezyon bölgelerine odaklanması, sistemin öğrenme kapasitesinin güçlü olduğunu göstermektedir. Ancak hatalı sınıflandırmalarda modelin akciğer dışı yapılara odaklanması, derin öğrenme modellerinin "black-box" doğasının hala önemli bir problem olduğunu ortaya koymaktadır (Selvaraju vd., 2020). Bu bulgular, açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımlarının klinik güvenilirlik açısından kritik olduğunu desteklemektedir.

Çalışmanın sınırlılıkları da bulguların yorumlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Veri setinin tek merkezden elde edilmesi, modelin genellenebilirliğini sınırlayabilir. Ayrıca sınıflar arasındaki sayısal dağılım farklılıkları, modelin öğrenme kapasitesini belirli sınıflar açısından etkileyebilir. Her ne kadar uygulanan yöntemlerle bu etki minimize edilmiş ve sınıflar arası denge başarılı bir şekilde kurulmuş olsa da, bu durum literatürde sıkça vurgulanan bir problem olup daha büyük ve çok merkezli veri setleri ile modelin evrenselliğinin artırılabileceği belirtilmektedir (Goodfellow vd., 2016; Erasmus, 2000).

Elde edilen bulgular doğrultusunda, derin öğrenme tabanlı konvolüsyonel sinir ağı modellerinin akciğer nodül sınıflandırmasında oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Özellikle tüm sınıflarda %95 ve üzeri bir genel doğruluk performansı sergilenmiş; kistik, sağlıklı ve malign dokuların ayırt edilmesinde sergilenen yüksek başarı modelin klinik güvenilirliğini kanıtlamıştır. Açıklanabilir yapay zekâ yöntemleri (Grad-CAM) kullanımı, modelin karar mekanizmasının anlaşılmasına katkı sağlamış ve modelin patolojik bölgelere doğru şekilde odaklandığını gözler önüne çıkarmıştır. Veri setinin büyüklüğü ve çeşitliliği ise model performansını belirleyen temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, derin öğrenme tabanlı sistemlerin akciğer kanseri tanısında klinik karar destek aracı olarak kullanım potansiyeli oldukça yüksek olup, bu sistemlerin güvenilir biçimde klinik pratiğe entegre edilebilmesi için farklı merkezlerde doğrulanmaları ve açıklanabilirlik düzeylerinin artırılması gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda, çok merkezli veri setlerinin kullanılması, hibrit modellerin geliştirilmesi ve multimodal veri entegrasyonu (örneğin klinik veriler ile görüntü verilerinin birlikte değerlendirilmesi) yoluyla model performansının daha da ileriye taşınması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz (Proje no:125E062).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA

1. Ardila, D., Kiraly, A. P., Bharadwaj, S., Choi, B., Reicher, J. J., Peng, L. ve Shetty, S., End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography, Nature Medicine, 25(6), 954-961, 2019.
2. Armato III, S. G., McLennan, G., Bidaut, L., McNitt-Gray, M. F., Meyer, C. R., Reeves, A. P. ve Clarke, L. P., The lung image database consortium (LIDC) and image database resource initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodules on CT scans, Medical Physics, 38(2), 915-931, 2011.
3. Chattopadhay, A., Sarkar, A., Howlader, P., & Balasubramanian, V. N. (2018, March). Grad-cam++: Generalized gradient-based visual explanations for deep convolutional networks. In *2018 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV)* (pp. 839-847). IEEE.
4. Erasmus, J. J., Connolly, J. E., McAdams, H. P., & Roggli, V. L. (2000). Solitary pulmonary nodules: Part I. Morphologic evaluation for differentiation of benign and malignant lesions. *Radiographics*, *20*(1), 43-58.
5. Fawcett, T. (2005). Roc analysis in pattern recognition. *Pattern Recognition Letters*, *8*, 861-874.
6. Goodfellow, I., Bengio, Y. ve Courville, A., Deep Learning, MIT Press/Cambridge, 2016.
7. He, K., Zhang, X., Ren, S. ve Sun, J., Deep residual learning for image recognition, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 770-778, 2016.
8. Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4700-4708).
9. Kılıç, M., Bıyıklı, M., Yelman, A., Fırat, H., Üzen, H., Çiçek, İ. B., & Şengür, A. (2026). Grad-CAM Enhanced Explainable Deep Learning for Multi-Class Lung Cancer Classification Using DE-SAMNet Model. *Diagnostics*, *16*(5), 757.
10. Kingma, D. P. ve Ba, J., Adam: A method for stochastic optimization, arXiv Preprint, 1412.6980, 2014.
11. Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M. ve Sánchez, C. I., A survey on deep learning in medical image analysis, Medical Image Analysis, 42, 60-88, 2017.
12. Loverdos, K., Fotiadis, A., Kontogianni, C., Iliopoulou, M., & Gaga, M. (2019). Lung nodules: A comprehensive review on current approach and management. *Annals of thoracic medicine*, *14*(4), 226-238.
13. Pan, S. J. ve Yang, Q., A survey on transfer learning, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 22(10), 1345-1359, 2009.
14. Powers, D. M. (2020). Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. *arXiv preprint arXiv:2010.16061*.
15. Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D. ve Batra, D., Grad-CAM: visual explanations from deep networks via gradient-based localization, International Journal of Computer Vision, 128(2), 336-359, 2020.
16. Shen, W., Zhou, M., Yang, F., Yang, C. ve Tian, J., Multi-scale convolutional neural networks for lung nodule classification, International Conference on Information Processing in Medical Imaging, 588-599, Cham, 2015.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

17. Shorten, C. ve Khoshgoftaar, T. M., A survey on image data augmentation for deep learning, Journal of Big Data, 6(1), 1-48, 2019.
18. Snoeckx, A., Reyntiens, P., Desbuquoit, D., Spinhoven, M. J., Van Schil, P. E., van Meerbeeck, J. P., & Parizel, P. M. (2018). Evaluation of the solitary pulmonary nodule: size matters, but do not ignore the power of morphology. *Insights into imaging*, *9*(1), 73-86.
19. Sokolova, M. ve Lapalme, G., A systematic analysis of performance measures for classification tasks, Information Processing & Management, 45(4), 427-437, 2009.
20. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A. ve Bray, F., Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries, CA: A Cancer Journal for Clinicians, 71(3), 209-249, 2021.
21. Tjoa, E., & Guan, C. (2020). A survey on explainable artificial intelligence (xai): Toward medical xai. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, *32*(11), 4793-4813.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AKCİĞER BT GÖRÜNTÜLERİNDE DENSENET121 TABANLI GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA

Mislina Mihriban Yılmaz
İnönü Üniversitesi,
mislinamihribanyilmaz@gmail.com
0009-0005-6684-2627
Doç. Dr. Nurullah DAĞ
İnönü Üniversitesi,
nurullah.dag@inonu.edu.tr - 0000-0002-9342-0244
Doç. Dr. Hüseyin ÜZEN
Bingöl Üniversitesi,
huzen@bingol.edu.tr - 0000-0002-0998-2130
Prof. Dr. Kazım HANBAY
İnönü Üniversitesi,
kazimhanbay@gmail.com - 0000-0003-1374-1417

ÖZET

Akciğer hastalıklarının erken tanısı, mortalite oranlarının azaltılması ve tedavi süreçlerinin etkinliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle akciğer kanseri, dünya genelinde en yaygın ölüm nedenlerinden biri olup erken teşhis ile prognozun önemli ölçüde iyileştirilebildiği bilinmektedir. Bu çalışmada, akciğer Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin performansı değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında toplam 14957 görüntüden oluşan bir veri seti kullanılmış ve bu görüntüler benign, kistik, malign ve sağlıklı olmak üzere dört farklı sınıfa ayrılmıştır. Görüntüler ön işleme aşamasında yeniden boyutlandırılmış ve normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sınıf dengesizliğini gidermek amacıyla sınıf ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Model mimarisi olarak DenseNet121 tercih edilmiş ve transfer öğrenme yaklaşımı ile iki aşamalı eğitim süreci gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda modelin genel performans metrikleri hesaplanmıştır. Sınıf bazlı değerlendirmelerde, özellikle sağlıklı ve kistik sınıflarda yüksek başarı elde edildiği, benign sınıfta ise göreceli olarak daha düşük performans gözlendiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, derin öğrenme tabanlı yöntemlerin akciğer BT görüntülerinde hastalık sınıflandırmasında yüksek doğruluk ve güvenilirlik sunduğu, ancak bazı sınıflar arasında ayrımın geliştirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur. Bu bulgular, yapay zekâ destekli sistemlerin klinik karar destek süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Derin öğrenme, Akciğer BT, Sınıflandırma, Kanser, Yapay zekâ

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ABSTRACT

Early diagnosis of lung diseases is of great importance in reducing mortality rates and improving the effectiveness of treatment processes. Lung cancer, in particular, is one of the leading causes of death worldwide, and it is well known that early diagnosis can significantly improve the prognosis. In this study, the performance of deep learning-based classification methods on lung computed tomography (CT) images was evaluated. A dataset consisting of a total of 14957 images was used, and these images were classified into four distinct categories: benign, cystic, malignant, and normal. During the preprocessing stage, the images were resized and normalized. A class weighting method was applied to address class imbalance. The DenseNet121 architecture was selected, and a two-stage training process was conducted using a transfer learning approach. Based on the obtained findings, the overall performance metrics of the model were calculated. In class-specific evaluations, high performance was achieved particularly in the healthy and cystic classes, while relatively lower performance was observed in the benign class. In conclusion, it was demonstrated that deep learning-based methods offer high accuracy and reliability in disease classification of lung CT images; however, further refinement is needed to distinguish between certain classes. These findings indicate that AI-supported systems can be effectively utilized in clinical decision-making processes.

Keywords: Deep learning, Lung CT, Classification, Cancer, Artificial intelligence

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Akciğer hastalıklarının erken tanısı ve doğru sınıflandırılması, klinik karar verme süreçlerinin etkinliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle Akciğer Kanseri, dünya genelinde kanser kaynaklı mortalitenin başlıca nedenlerinden biri olarak öne çıkmakta ve erken teşhis edilmediği durumlarda prognoz belirgin şekilde kötüleşmektedir (Siegel et al., 2023). Bu bağlamda, görüntüleme yöntemleri içerisinde önemli bir yere sahip olan BT, akciğer dokusunun detaylı incelenmesine olanak tanıyarak nodül tespiti, lezyon karakterizasyonu ve hastalık sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Armato et al., 2011).

Son yıllarda, yapay zekâ ve özellikle Derin Öğrenme yöntemlerinin gelişimi, tıbbi görüntülerin analizinde devrim niteliğinde ilerlemeler sağlamıştır. Derin öğrenme algoritmaları, büyük veri setleri üzerinden otomatik özellik çıkarımı yapabilme yetenekleri sayesinde geleneksel görüntü işleme yöntemlerine kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir (Litjens et al., 2017). Özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN), görüntü tabanlı sınıflandırma problemlerinde yüksek performans sergileyerek akciğer BT görüntülerinde anormal yapıların tespiti ve sınıflandırılmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Esteva et al., 2019).

Akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma yaklaşımları; benign ve malign nodüllerin ayrımı, farklı akciğer hastalıklarının sınıflandırılması ve klinik karar destek sistemlerinin geliştirilmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Nitekim, Ardila et al. tarafından gerçekleştirilen çalışmada, üç boyutlu derin öğrenme modellerinin düşük doz BT görüntüleri üzerinde akciğer kanseri tespitinde radyolog performansına yakın hatta bazı durumlarda daha yüksek doğruluk sağladığı gösterilmiştir (Ardila et al., 2019). Bu durum, derin öğrenme tabanlı sistemlerin klinik uygulamalarda destekleyici araçlar olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, derin öğrenme modellerinin başarısı; veri setlerinin büyüklüğü ve kalitesi, model mimarisi, eğitim stratejileri ve genellenebilirlik gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Ayrıca, model çıktılarının yorumlanabilirliği ve klinik güvenilirliği de günümüzde önemli araştırma konuları arasında yer almaktadır (Samek et al., 2021). Bu nedenle, akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma çalışmalarının kapsamlı bir şekilde incelenmesi, mevcut yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerinin ortaya konulması açısından önem arz etmektedir.

Çalışmanın amacı, akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma yöntemlerini güncel literatür ışığında incelemek, kullanılan model yaklaşımlarını değerlendirmek ve bu alandaki mevcut gelişmeler ile gelecekteki araştırma yönelimlerini ortaya koymaktır.

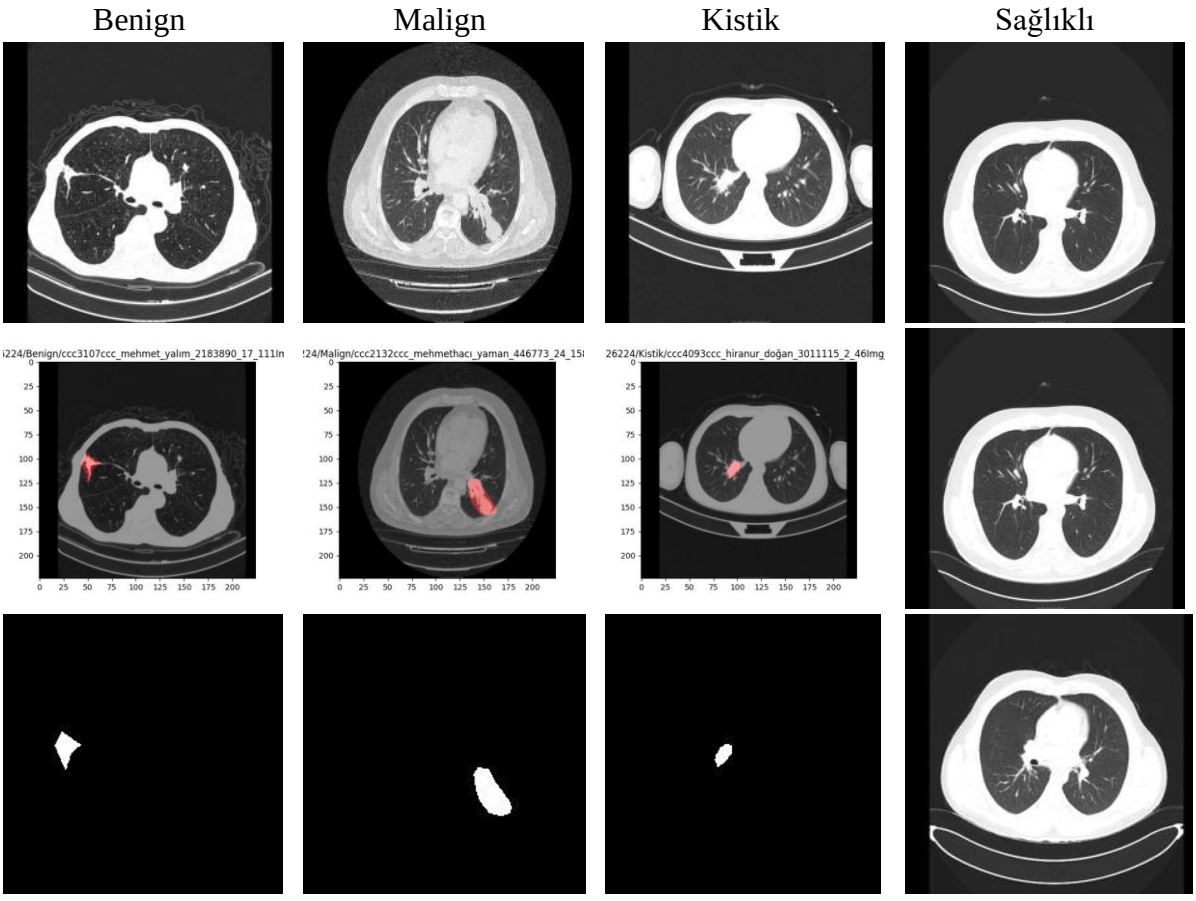
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, akciğer BT görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, veri seti, ön işleme adımları, model mimarisi ve eğitim süreçleri sistematik bir şekilde yapılandırılmıştır.

2.1.Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti toplam 14957 görüntüden oluşmaktadır. Bu görüntüler İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi bölümünden alınmıştır (Kılıç vd. 2026). Veri tabanı ile ilgili gerekli etik kurul izinleri alınmıştır. Bu görüntüler; benign (n= 2806), kistik (n= 4938), malign (n= 4213) ve sağlıklı (n= 3000) olmak üzere dört farklı sınıfa ayrılmıştır. Veri setine ait örnek bir bilgisayarlı tomografi görüntüsü ve bu görüntü üzerindeki patolojik alanın işaretlenmiş hali Şekil 1'de sunulmuştur. Çok sınıflı bu veri yapısı, modelin farklı patolojik durumları (örneğin benign ve malign ayrımı) yüksek doğrulukla ayırt edebilme kapasitesini artırmak amacıyla tercih edilmiştir. Tıbbi görüntü analizinde geniş ve sınıflar arası dağılımı gözetilmiş veri setlerinin kullanımı, modelin genellenebilirliğini ve performansını doğrudan etkileyen temel faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Litjens et al., 2017).



Şekil 1. Veri setinden örnek bir akciğer kesiti ve lezyon bölgesinin segmentasyon maskesi ile belirlenmiş hali

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

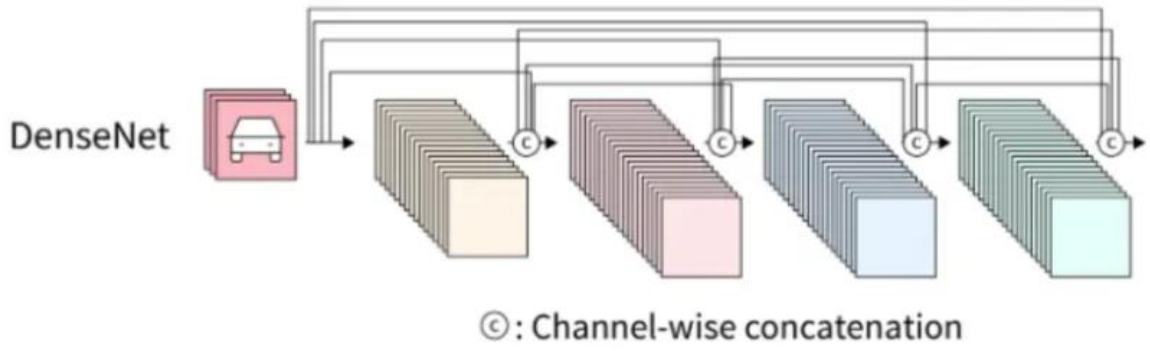
2.2.Ön İşleme Aşamaları

Veri setindeki tüm görüntüler, derin öğrenme modelleri için standart giriş boyutu olan 224×224 piksele yeniden boyutlandırılmıştır. Ayrıca, modelin eğitim sürecinde daha stabil öğrenme gerçekleştirmesi amacıyla normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Görüntü ön işleme teknikleri, modelin genelleme yeteneğini artırmakta ve eğitim sürecini optimize etmektedir (Shorten & Khoshgoftaar, 2019).

Veri setinde sınıflar arasında dengesizlik bulunması nedeniyle, bu durumun model performansı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla sınıf ağırlıklandırma (class weighting) yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşım, az temsil edilen sınıfların model tarafından daha fazla dikkate alınmasını sağlayarak sınıflandırma doğruluğunu artırmaktadır (Johnson & Khoshgoftaar, 2019).

2.3.Model Mimarisi

Bu çalışmada, derin öğrenme tabanlı DenseNet121 mimarisi tercih edilmiştir. DenseNet yapısı, Şekil 2'de gösterildiği üzere katmanlar arasında yoğun bağlantılar kurarak her katmanın kendinden önceki tüm katmanlardan gelen özellik haritalarını girdi olarak almasını sağlar. Bu mimari, özelliklerin ağ boyunca yeniden kullanımını (feature reuse) mümkün kılmakta ve derin ağlarda sıkça karşılaşılan gradyan kaybı (vanishing gradient) problemini önemli ölçüde azaltmaktadır (Huang et al., 2017).



Şekil 2. DenseNet Mimarisinde Katmanlar Arası Yoğun Bağlantılar ve Kanal Bazlı Birleştirme Mekanizması (Huang vd.,2017)

Geleneksel konvolüsyonel sinir ağı modellerine kıyasla DenseNet mimarisi, özellik haritalarını toplamak yerine kanal bazlı birleştirme (channel-wise concatenation) yöntemiyle bir araya getirir. Bu sayede model, daha az parametre ile daha zengin bir özellik temsili oluşturarak yüksek performans sağlayabilmekte ve özellikle tıbbi görüntü sınıflandırma problemlerinde başarılı sonuçlar vermektedir (Li et al., 2020). Bu görselleştirmeler, modelin tanı koyarken akciğer üzerindeki spesifik lezyon alanlarına odaklandığını doğrulamaktadır. Literatürde Kılıç

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

vd. (2026) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, Grad-CAM tabanlı öznitelik haritalarının karmaşık vakalarda ayırıcı tanıyı kolaylaştırdığı ve derin öğrenme modellerinin klinik kabul edilebilirliğini artırdığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ısı haritaları, literatürdeki bu bulguları destekler nitelikte olup, modelin sadece yüksek doğrulukla sınıflandırma yapmadığını, aynı zamanda tıbbi açıdan anlamlı bölgelere yoğunlaştığını da kanıtlamaktadır (Kılıç vd. 2026).

2.4.Model Eğitimi ve İnce Ayar (Fine-Tuning)

Model eğitimi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, önceden eğitilmiş modelin alt katmanları dondurularak yalnızca üst katmanlar eğitilmiş ve bu süreç 20 epoch boyunca sürdürülmüştür. Bu yaklaşım, transfer öğrenme kapsamında yaygın olarak kullanılmakta olup modelin mevcut özellik çıkarım yeteneklerinden yararlanılmasını sağlamaktadır (Pan & Yang, 2009).

İkinci aşamada ise tüm katmanlar eğitime açılarak fine-tuning işlemi uygulanmıştır. Bu süreçte model 10 epoch daha eğitilmiştir. Düşük öğrenme hızı kullanımı, model ağırlıklarının daha hassas bir şekilde güncellenmesine olanak tanımakta ve aşırı öğrenme riskini azaltmaktadır (Goodfellow et al., 2016).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, akciğer Bilgisayarlı Tomografi görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma modelinin performansı kapsamlı metrikler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, modelin çok sınıflı sınıflandırma problemlerinde yüksek doğruluk ve dengeli performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Değerlendirmede doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve f1-skor metriklerinin matematiksel ifadeleri aşağıda Denklem 1-4'te görülmektedir .

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

$$\textbf{Doğruluk} = \frac{\textbf{TP} + \textbf{TN}}{\textbf{TP} + \textbf{TN} + \textbf{FP} + \textbf{FN}} \quad (1)$$

$$\textbf{Kesinlik} = \frac{\textbf{TP}}{\textbf{TP} + \textbf{FP}} \quad (2)$$

$$\textbf{Duyarlılık} = \frac{\textbf{TP}}{\textbf{TP} + \textbf{FN}} \quad (3)$$

$$\textbf{F1 skor} = 2 * \frac{\textbf{Precision} * \textbf{Recall}}{\textbf{Precision} + \textbf{Recall}} \quad (4)$$

Kullanılan modellere ait sonuçlar Çizelge 1'de görülmektedir. Bu sonuçlar incelendiğinde, modelin dört sınıf (benign, kistik, malign ve sağlıklı) üzerinde genel olarak dengeli ve yüksek bir sınıflandırma başarısı sergilediği görülmektedir. Nitekim ortalama hassasiyet, doğruluk, kesinlik ve F1-skor değerlerinin her biri 0.92 olarak hesaplanmış olup bu durum modelin hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif oranlarını etkin bir şekilde dengeleyebildiğini göstermektedir (Litjens et al., 2017). Sınıf bazlı değerlendirmede, Kistik sınıfında elde edilen 0.96 duyarlılık ve 0.94 F1-skor değerleri, modelin bu sınıfa ait örnekleri oldukça yüksek bir hassasiyetle tanıyabildiğini ortaya koymaktadır. Bu durumun, kistik yapıların bilgisayarlı tomografi görüntülerinde daha belirgin morfolojik özellikler sergilemesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Malign sınıfta elde edilen 0.93 kesinlik ve 0.88 duyarlılık değerleri, Akciğer Kanseri gibi klinik açıdan kritik öneme sahip vakaların büyük ölçüde doğru tespit edilebildiğini ve modelin patolojik dokuları ayırt etmede güçlü bir performans sunduğunu göstermektedir. Sağlıklı sınıfta elde edilen 0.96 duyarlılık değeri modelin normal dokuları yakalama başarısını ortaya koyarken, 0.90 kesinlik değeri bazı patolojik vakaların nadiren sağlıklı olarak sınıflandırılabildiğine işaret etmektedir. Buna karşılık benign sınıfta elde edilen 0.84 duyarlılık ve 0.86 F1-skor değerleri, modelin bu sınıfta diğerlerine kıyasla daha düşük performans gösterdiğini ortaya koymakta olup bu durum benign ve malign lezyonlar arasındaki görsel benzerlikler ile açıklanabilir (Esteva et al., 2019).

Çizelge 1. Kullanılan modellerin performans sonuçları

Sınıf	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1-Skor
Benign	0.8399	0.8839	0.8399	0.8613
Kistik	0.9636	0.9297	0.9636	0.9463
Malign	0.8860	0.9325	0.8860	0.9086
Sağlıklı	0.9600	0.9085	0.9600	0.9335

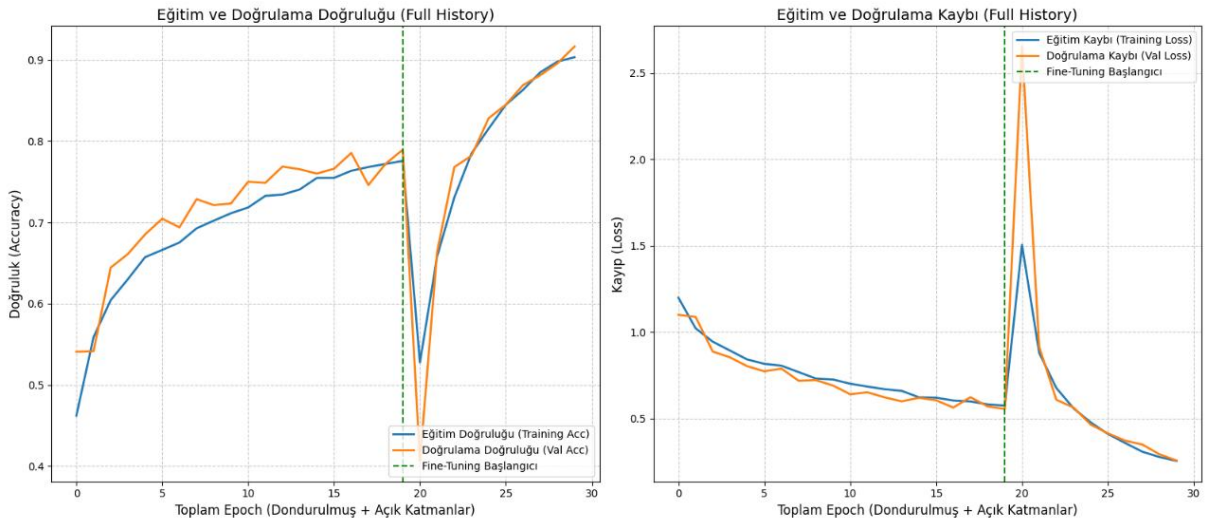
Modelin eğitim ve doğrulama süreçlerine ait performans grafikleri incelendiğinde (Şekil 3), öğrenme sürecinin iki temel aşamadan oluştuğu görülmektedir. İlk 20 epoch boyunca modelin doğruluk değerleri kademeli bir artışla %75-80 bandında seyrederken; kesikli yeşil çizgi ile belirtilen Fine-Tuning (İnce Ayar) aşamasının başlatılmasıyla birlikte başarımda kısa süreli bir

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

dalgalanmanın ardından keskin bir yükseliş yaşanmıştır. Bu stratejik müdahale, modelin karmaşık tıbbi dokuları daha hassas bir şekilde öğrenmesini sağlamış ve eğitim sonunda genel doğruluğu %90'ın üzerine taşımıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, modelin BT görüntülerinde güvenilir ve dengeli bir sınıflandırma performansı sergilediği görülmektedir. Özellikle sağlıklı ve kistik vakaların tespitinde ulaşılan yüksek doğruluk oranları, modelin klinik açıdan anlamlı bir başarı düzeyine ulaştığını kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, benign sınıf ayrımında görülen göreceli düşük performans, bu lezyon türlerinin yapısal benzerliklerinden kaynaklanan zorluklara işaret etmekte ve gelecekteki çalışmalar için bir iyileştirme alanı sunmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, modelin BT görüntülerinde güvenilir ve dengeli bir sınıflandırma performansı sergilediği, özellikle sağlıklı ve kistik vakaların tespitinde klinik açıdan anlamlı bir başarı düzeyine ulaştığı, ancak benign sınıf ayrımında iyileştirmeye ihtiyaç duyduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



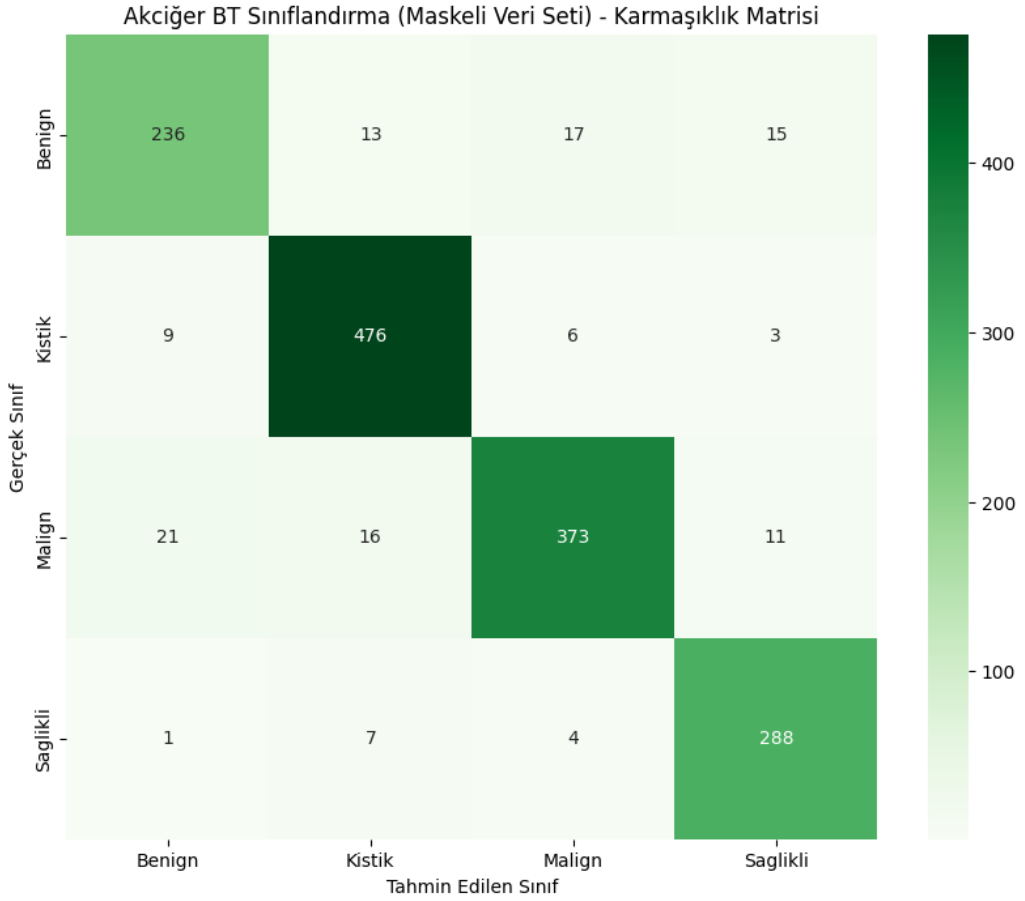
Şekil 3. Modelin eğitim sürecindeki doğruluk ve kayıp değişimi. fine-tuning başlangıcı ile öğrenme kapasitesindeki artış net bir şekilde gözlemlenmektedir.

3.1. Performans Metriklerinin Analizi

Modelin genel performansı değerlendirildiğinde; ortalama kesinlik, duyarlılık ve F1-skor değerlerinin 0.91 düzeyinde olduğu belirlenmiş olup bu durum, modelin hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif oranlarını dengeli bir şekilde minimize edebildiğini ve klinik güvenilirliğini artırdığını göstermektedir (Litjens et al., 2017). Şekil 4'te sunulan karmaşıklık matrisi verileri incelendiğinde modelin sınıflar arasındaki ayırt edici gücü sayısal olarak görülmektedir; örneğin sağlıklı sınıfa ait 300 örneğin 288'i doğru sınıflandırılarak 0.96 duyarlılık değerine ulaşılmış, ancak az sayıda sağlıklı örneğin hatalı biçimde kistik (**7**) ve malign (4) olarak tahmin edilmesi kesinlik değerinin 0.91 düzeyinde kalmasına neden olmuştur. Kistik sınıfı, gerçekte kistik olan 494 örneğin 476'sının doğru tespit edilmesiyle 0.96 duyarlılık ve 0.95 F1-skor

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

başarısına ulaşarak modelin en güçlü olduğu alanlardan biri olarak öne çıkarken, klinik açıdan en kritik kategorideki malign vakaların ise 421 örneğinden 373'ü doğru tahmin edilerek 0.89 duyarlılık değeriyle kanserli dokuları yakalama başarısı kanıtlanmıştır (Ardila et al., 2019). Benign sınıfında ise 281 örneğin 236'sının doğru sınıflandırılmasına karşın 17 örneğin hatalı biçimde malign olarak tahmin edilmesi, bu iki sınıf arasındaki morfolojik benzerliğin model üzerindeki zorlayıcı etkisini yansıtmakta olup genel olarak Şekil 4'teki diyagonal yoğunluk, modelin güvenilir ve dengeli bir sınıflandırma performansı sergilediğini sayısal olarak doğrulamaktadır.



Şekil 4. Akciğer BT Sınıflandırma Modelinin Karmaşıklık Matrisi. (Köşegen üzerindeki koyu yeşil hücreler doğru tahmin edilen örnek sayılarını temsil etmektedir.)

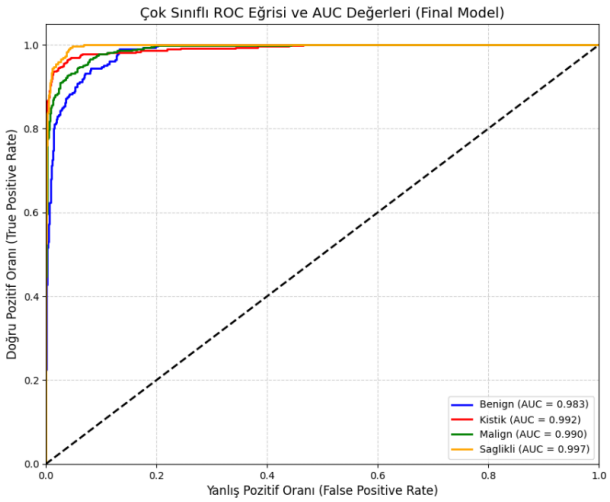
3.2. ROC Eğrisi ve Ayırt Edicilik Kapasitesi

Modelin ayırt edicilik kapasitesi, Şekil 5'te sunulan çok sınıflı ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri ve bu eğrilerin altında kalan alan (AUC) değerleri bağlamında değerlendirildiğinde, modelin sınıflar arasında olağanüstü güçlü bir ayrım yapabildiği görülmektedir. Sınıf bazlı incelendiğinde; sağlıklı sınıfının 0.998, kistik sınıfının 0.992, malign sınıfının 0.985 ve benign sınıfının 0.983 AUC değerlerine ulaştığı görülmekte olup bu veriler,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

modelin farklı eşik değerlerinde duyarlılık ve özgüllük arasındaki dengeyi başarıyla koruduğunu kanıtlamaktadır (Fawcett, 2006).

Özellikle klinik açıdan en kritik kategoriler olan malign ve kistik sınıflarda elde edilen yüksek AUC skorları, modelin akciğerdeki patolojik dokuları sağlıklı dokulardan ayırt etme noktasında sergilediği yüksek hassasiyeti ve erken tanı süreçlerindeki potansiyel klinik katkısını sayısal olarak doğrulamaktadır. Genel olarak tüm sınıfların 1.00 değerine yaklaşan eğrileri, Şekil 5'teki görsel kanıtlarla birleştiğinde, modelin bilgisayarlı tomografi görüntülerinde güvenilir bir tanısal karar destek mekanizması sunduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5. Çok Sınıflı ROC Eğrisi ve AUC Değerleri

3.3. Hata Analizi

Model performansının daha derinlemesine anlaşılabilmesi adına gerçekleştirilen hata analizi süreci, sistemin zayıf ve güçlü yönlerini açıkça ortaya koymaktadır. Şekil 6'da sunulan hatalı sınıflandırma örnekleri incelendiğinde, modelin özellikle benign lezyonları malign olarak veya malign vakaları sağlıklı dokular arasında karar verirken zorlandığı görülmektedir; örneğin gerçekte malign olan bazı vakaların model tarafından sağlıklı olarak tahmin edilmesi, bu lezyon türlerinin Bilgisayarlı Tomografi görüntülerinde benzer morfolojik ve yoğunluk (dansite) özellikleri sergilemesinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde, sağlıklı sınıfta gözlenen 0.96 duyarlılık değerine rağmen bazı normal dokuların nadiren patolojik sınıflara yanlış atanması, veri setindeki sınıfsal dağılım farklılıkları veya görüntü çekimindeki varyasyonlar ile açıklanabilir (Johnson & Khoshgoftaar, 2019). Derin öğrenme modellerinde bu tür hata analizleri, modelin zayıf yönlerini belirleyerek veri artırma teknikleri veya mimari optimizasyonlar gibi iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Shorten & Khoshgoftaar, 2019). Genel olarak değerlendirildiğinde, kullanılan DenseNet121 mimarisi akciğer BT görüntülerinde etkili ve güvenilir sonuçlar üretmiş olsa da, Şekil 6'daki görsel örneklerin de işaret ettiği üzere modelin klinik ortamlarda daha güvenli kullanılabilmesi ve

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

genellenebilirliğinin artırılması için daha kapsamlı veri setleri ve ileri analiz yöntemleri ile desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır (Samek et al., 2021).



Şekil 6. Model Tarafından Yanlış Sınıflandırılan Örnek BT Kesitleri

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, akciğer Bilgisayarlı Tomografi görüntülerinde derin öğrenme tabanlı sınıflandırma yaklaşımı kullanılarak dört farklı sınıfın (benign, kistik, malign ve sağlıklı) otomatik olarak ayırt edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular, kullanılan modelin çok sınıflı sınıflandırma problemlerinde yüksek doğruluk ve dengeli performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Modelin genel performans metriklerinin biri için 0.91 düzeyinde olması, sistemin hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif oranlarını etkin bir şekilde dengeleyebildiğini göstermekte olup bu durum, tıbbi görüntü analizinde güvenilir bir performans göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Litjens et al., 2017).

Sınıf bazlı değerlendirmeler, modelin özellikle sağlıklı ve kistik sınıflarda oldukça başarılı olduğunu ortaya koymaktadır Kistik sınıfta elde edilen yüksek duyarlılık değeri, bu tür lezyonların büyük ölçüde doğru tespit edildiğini gösterirken, sağlıklı sınıfta elde edilen yüksek değerler modelin normal dokuları doğru şekilde tanımlayabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, malign sınıfta elde edilen performans oranları, Akciğer Kanseri gibi klinik açıdan kritik hastalıkların büyük ölçüde doğru şekilde belirlenebildiğini ortaya koymakta ve bu durum modelin erken tanı süreçlerinde potansiyel bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Ardila et al., 2019). Ancak benign sınıfta elde edilen nispeten daha düşük performans, bu tür lezyonların diğer sınıflarla görsel benzerlik göstermesinden kaynaklanmakta olup literatürde de benzer şekilde benign-malign ayrımının derin öğrenme modelleri için zorlu bir problem olduğu belirtilmektedir (Esteva et al., 2019).

Çalışmanın bulguları, kullanılan DenseNet121 mimarisinin tıbbi görüntü sınıflandırma problemlerinde etkili bir yapı sunduğunu göstermektedir. DenseNet mimarisinin katmanlar arası yoğun bağlantı yapısı sayesinde özelliklerin yeniden kullanılabilmesi ve gradyan kaybının azaltılması, model performansına olumlu katkı sağlamaktadır (KQ, 2018). Ayrıca, transfer öğrenme ve ince ayar stratejilerinin kullanılması, modelin sınırlı veri koşullarında dahi yüksek performans elde etmesine olanak tanımıştır (Pan & Yang, 2009).

Bununla birlikte, çalışmada bazı sınırlılıklar da bulunmaktadır. veri setindeki sınıfsal dağılım farklılıkları model performansını belirli sınıflar açısından kısıtlı da olsa etkilemiş olabilir. Her

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ne kadar sınıf ağırlıklandırma yöntemi uygulanmış olsa da, veri artırma (augmentation) tekniklerinin daha kapsamlı kullanımı modelin genellenebilirliğini artırabilir (Shorten & Khoshgoftaar, 2019). Ayrıca, modelin performansı yalnızca belirli metrikler üzerinden değerlendirilmiş olup ROC eğrisi ve AUC gibi daha kapsamlı analizlerin eklenmesi, modelin ayırt edicilik kapasitesinin daha net ortaya konulmasını sağlayacaktır (Fawcett, 2005). Bunun yanı sıra, derin öğrenme modellerinin "kara kutu" yapısı, klinik ortamlarda yorumlanabilirlik açısından önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır (Samek et al., 2021).

Sonuç olarak, bu çalışma, derin öğrenme tabanlı yaklaşımların akciğer BT görüntülerinde hastalık sınıflandırmasında yüksek başarı potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, bu tür modellerin klinik karar destek sistemlerine entegre edilerek tanı süreçlerinin hızlandırılması ve doğruluğunun artırılması açısından önemli katkılar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, daha büyük ve çeşitli veri setlerinin kullanılması, farklı derin öğrenme mimarilerinin karşılaştırılması ve model yorumlanabilirliğinin artırılmasına yönelik yöntemlerin geliştirilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür ederiz (Proje no:125E062).

KAYNAKÇA

1. Ardila, D., Kiraly, A. P., Bharadwaj, S., Choi, B., Reicher, J. J., Peng, L., ... & Shetty, S. (2019). End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography. *Nature medicine*, *25*(6), 954-961.

2. Armato III, S. G., McLennan, G., Bidaut, L., McNitt-Gray, M. F., Meyer, C. R., Reeves, A. P., .& Clarke, L. P. (2011). The lung image database consortium (LIDC) and image database resource initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodules on CT scans. *Medical physics*, *38*(2), 915-931.

3. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., ... & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature medicine*, *25*(1), 24-29.

4. Fawcett, T. (2005). Roc analysis in pattern recognition. *Pattern Recognition Letters*, *8*, 861-874.

5. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1, No. 2, pp. 1-800). Cambridge: MIT press.

6. Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4700-4708).

7. Johnson, J. M., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). Survey on deep learning with class imbalance. *Journal of big data*, *6*(1), 27.

8. Kılıç, M., Bıyıklı, M., Yelman, A., Fırat, H., Üzen, H., Çiçek, İ. B., & Şengür, A. (2026). Grad-CAM Enhanced Explainable Deep Learning for Multi-Class Lung Cancer Classification Using DE-SAMNet Model. Diagnostics, 16(5), 757.

9. KQ, H. (2018, January). *Densely connected convolutional networks*.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

10. Li, X., Shen, L., Xie, X., Huang, S., Xie, Z., Hong, X., & Yu, J. (2020). Multi-resolution convolutional networks for chest X-ray radiograph based lung nodule detection. *Artificial intelligence in medicine*, *103*, 101744.
11. Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., ... & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, *42*, 60-88.
12. Pan, S. J., & Yang, Q. (2009). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, *22*(10), 1345-1359.
13. Samek, W., Montavon, G., Lapuschkin, S., Anders, C. J., & Müller, K. R. (2021). Explaining deep neural networks and beyond: A review of methods and applications. *Proceedings of the IEEE*, *109*(3), 247-278.
14. Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. *Journal of big data*, *6*(1), 1-48.
15. Siegel, R. L., Miller, K. D., Wagle, N. S., & Jemal, A. (2023). Cancer statistics, 2023. *CA: a cancer journal for clinicians*, *73*(1), 17-48.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ULTRASON TEMELLİ NÖROMODÜLASYON: BİYOFİZİKSEL MEKANİZMALAR VE KLİNİK UYGULAMALAR

Dr. Öğr. Üyesi Büşra BİLİR YILDIZ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi/Tayfur Ata Sökmen Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Biyofizik A.D.

busra.biliryildiz@mku.edu.tr

https://orcid.org/0000-0002-9813-938X

ÖZET

Ultrason, uzun yıllardır yalnızca tanısal görüntüleme amacıyla kullanılan bir yöntem olarak bilinmesine rağmen, son yıllarda nöromodülasyon tedavisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Transkraniyal odaklı ultrason (tFUS), invaziv olmayan bir nöromodülasyon teknolojisi olup, kontrol edilebilirliği, hassasiyeti ve güvenliği nedeniyle yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı, ultrasonun nöromodülasyon amaçlı kullanımını biyofiziksel mekanizmalar ve klinik uygulamalar açısından değerlendirmektir. Ultrason dalgaları, mekanik enerjinin dokulara iletilmesi nedeniyle hücre membranında mikroskopik defoprmasyonlara neden olabilmektedir. Bu durum mekanosensitif iyon kanallarının aktivasyonuna yol açmaktadır. Özellikle Piezo ve diğer mekanosensitif kanallar aracılığıyla gerçekleşen bu süreç, nöronal uyarılabilirliğin değişmesine neden olmaktadır. Ayrıca intramembran kavitasyon ve akustik radyasyon kuvvetleri gibi biyofiziksel etkiler de sinaptik aktivitenin modülasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu mekanizmalar sonucunda ultrason, hedeflenen beyin bölgelerinde nöronal aktiviteyi artırabilmekte veya baskılayabilmektedir. Ultrasonun nöromodülasyon alanındaki en önemli avantajlarından biri, derin beyin yapılarına invaziv girişim olmaksızın ulaşabilmesidir. Bu özelliği sayesinde Parkinson hastalığı, depresyon ve nöropatik ağrı gibi çeşitli nörolojik ve psikiyatrik hastalıkların tedavisinde kullanım alanları bulunmaktadır. Ayrıca kan-beyin bariyerinin geçici olarak açılması yoluyla ilaç taşınmasının artırılması da ultrasonun önemli klinik uygulamalarından biridir. Bununla birlikte, ultrason nöromodülasyonunun güvenlik sınırları, optimal doz parametreleri ve uzun dönem etkileri konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak, ultrason temelli nöromodülasyon, biyofiziksel temelleri güçlü ve klinik uygulama potansiyeli yüksek olan, geleceğin non-invaziv tedavi yaklaşımlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ultrason, nöromodülasyon, biyofizik, tFUS, mekanotransdüksiyon.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Ultrason, insan kulağının işitebildiği sınırın üzerindeki frekanslara sahip ses dalgalarını ifade etmektedir. Tıpta görüntüleme uygulamalarından tahribatsız malzeme testlerine, navigasyon ve mesafe ölçümünden iletişim, enerji aktarımı ve temizliğe kadar pek çok alanda kullanılmaktadır [1–5]. Doğada ise yarasalar ve balinalar gibi bazı hayvanlar, avlarını bulmak ve çevredeki engelleri algılamak amacıyla ultrasonik dalgalardan yararlanmaktadır. Bu uygulamalarda ultrason dalgaları; pasif olarak algılanabilmekte (örneğin bir çatlağın oluşturduğu sesin tespiti), bir ortam içerisinde üretilebilmekte ya da hem gönderilip hem de geri yansıyan dalgaların algılanması şeklinde kullanılabilmektedir. Birçok ultrason uygulamasında, ultrasonik dalgalar bir dönüştürücü (transdüser) tarafından gönderilmekte ve nesneden yansıyan dalgalar aynı veya farklı bir dönüştürücü tarafından alınmaktadır. Ayrıca ultrasonik dalgalar, yüksek akustik basınç oluşturmak veya daha yüksek uzaysal çözünürlük elde etmek amacıyla odaklanabilmektedir.

Tıpta ultrason kullanımının başlangıcı 1942 yılına kadar uzanmaktadır. Nörolog Karl Dussik, ultrason dalgalarını kullanarak beyin tümörlerini saptamaya çalışmış ve bu alandaki ilk çalışmaları gerçekleştirmiştir. Ultrasonun tanısal amaçlı gelişimi ise 1950'li yıllarda Ian Donald ve çalışma arkadaşlarının darbeli ultrason kullanarak abdominal kitleleri incelemesiyle hız kazanmıştır [6]. Günümüzde tanısal ultrason; pelvik görüntüleme, kardiyoloji, oftalmoloji ve ortopedi başta olmak üzere birçok tıbbi alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [7]. Tedavi amacıyla kullanılan odaklanmış ultrason (Focused Ultrasound, FUS) ise nöromodülasyon, geçici kan-beyin bariyeri açılması ve termoablasyon gibi uygulamalarla sinir sistemi üzerinde invaziv olmayan müdahalelerde kullanılmaktadır [8]. Ultrasonun sinir aktivitesini modüle edebileceği ilk kez 1950 yılında Fry ve çalışma arkadaşları tarafından gösterilmiştir. Araştırmacılar, 980 kHz rezonans frekansına sahip kuvars kristali kullanarak kerevit ventral sinir kordonuna ultrason uygulamış ve sonrasında spontan sinir aktivitesinde geçici baskılanma meydana geldiğini bildirmiştir [9].

Son yıllarda düşük yoğunluklu transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonu (tFUS), nöral aktivitenin hem uyarılması hem de baskılanması amacıyla kullanılan umut verici, invaziv olmayan bir nöromodülasyon yöntemi olarak dikkat çekmektedir [10]. Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS), transkraniyal doğru akım stimülasyonu (tDCS) ve transkraniyal alternatif akım stimülasyonu (tACS) gibi diğer invaziv olmayan yöntemlerle karşılaştırıldığında, tFUS'un milimetre düzeyinde daha yüksek uzaysal çözünürlük sağlayabildiği gösterilmiştir. Ayrıca düşük sub-MHz frekanslarında uygulanan ultrason dalgaları, kafatasının oluşturduğu engellere rağmen derin dokulara ulaşabilmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalar, tFUS'un farklı hayvan modellerinde ve insanlarda başarılı şekilde uygulanabildiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, ultrason dalgalarının sinir dokusunu hangi hücresel ve moleküler mekanizmalar aracılığıyla modüle ettiği henüz tam olarak açıklanamamıştır. Bu durum, ultrasonun dokuyla etkileşiminin; mekanik kuvvet, ısınma ve kavitasyon gibi karmaşık süreçleri içermesinden kaynaklanmaktadır. tFUS mekanizmasını açıklamaya yönelik çok sayıda teorik ve deneysel çalışma gerçekleştirilmiş olup [11–17], olası mekanizmaların kapsamlı değerlendirmeleri literatürde yer almaktadır [18]. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada [19], kültürdeki fare kortikal nöronlarında tFUS etkilerini incelemek amacıyla 300

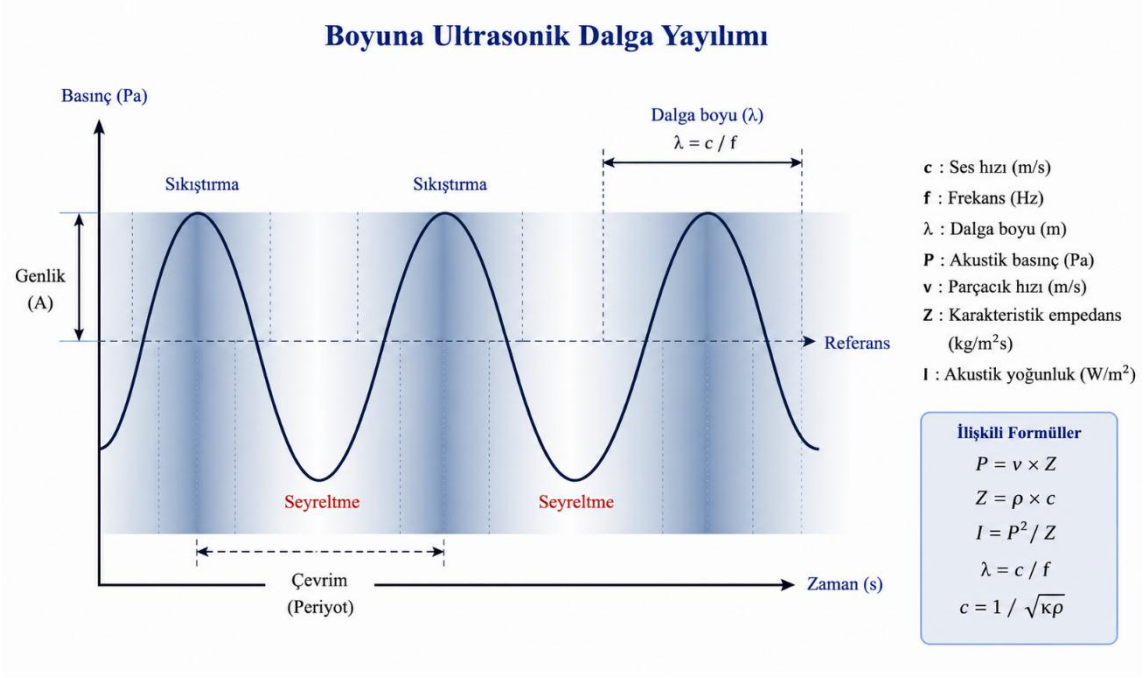
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kHz ve 670 kHz frekanslarında çalışan tek elemanlı transdüserler kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, nöronal aktivasyonun temel olarak kalsiyum seçici mekanosensitif iyon kanalları üzerinden mekanik etkiler aracılığıyla gerçekleştiğini; bu süreçte kavitasyon, anlamlı ısı artışı, hücresel deformasyon veya sinaptik iletimin rol oynamadığını göstermiştir. Ancak ultrasonun sinir aktivitesini nasıl modüle ettiğine ilişkin kesin bir görüş birliğine ulaşılabilmesi için, daha geniş hayvan modellerini kapsayan ve daha gelişmiş hedefleme teknolojileri kullanılan ileri in vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Her ne kadar tFUS, temel sinirbilim araştırmalarında ve deneysel hayvan çalışmalarında umut verici sonuçlar ortaya koysa da, nörolojik ve psikiyatrik hastalıkların klinik tedavisinde rutin kullanımına yönelik uygulamalar henüz gelişim aşamasındadır [20–22].

2. ULTRASON

İnsan kulağının duyabildiği üst sınırın (yaklaşık 20 kHz) üzerindeki frekanslara sahip ses dalgaları ultrason olarak adlandırılmaktadır. Ultrason dalgaları temel olarak boyuna ve enine olmak üzere iki farklı yayılım moduna sahiptir. Boyuna dalgalarda parçacık hareketi dalganın yayılım yönüne paralel gerçekleşirken, enine dalgalarda bu hareket yayılım yönüne diktir. Ancak enine (transvers) dalgalar, boyuna dalgalara kıyasla yumuşak dokuda daha fazla zayıflamakta ve daha düşük hızda yayılmaktadır [23]. Bu nedenle, geleneksel transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonu (tFUS) uygulamalarında genellikle boyuna dalgalar tercih edilmektedir. Şekil 1'de boyuna ultrasonik dalgaların sıkıştırma ve seyreltme bölgeleri oluşturarak yayılımı gösterilmektedir. İki ardışık tepe basınç noktası arasındaki mesafe dalga boyu (λ) olarak tanımlanır ve ses hızı (c) ile frekans (f) arasındaki ilişki $\lambda = c/f$ eşitliği ile ifade edilir. Burada ses hızı; ortamın sıkıştırılabilirliği (κ) ve yoğunluğuna (ρ) bağlı olup $c = 1/\sqrt{\kappa\rho}$ formülü ile tanımlanmaktadır. Akustik dalgalar uzaysal değişkenler (x, y, z) ve zaman (t) olmak üzere dört boyutlu özellik göstermektedir. Boyuna bir dalganın akustik basıncı P (Pa), parçacık hızı (v) ile karakteristik empedansın (Z) çarpımı şeklinde ifade edilir ($P = v \times Z$). Karakteristik empedans ise ortamın yoğunluğu ile ses hızının çarpımına eşittir ($Z = \rho \times c$). Akustik yoğunluk I (W/m^2) ise akustik basınç ve karakteristik empedansa bağlı olarak $I = P^2/Z$ bağıntısıyla tanımlanmaktadır [24]. Ultrason dalgaları farklı ortamlardan geçerken kırılma, yansıma ve zayıflama gibi çeşitli fiziksel değişimlere uğramaktadır. Bir akustik dalga, ses hızının farklı olduğu bir ortamdan başka bir ortama geçtiğinde frekans sabit kaldığı için dalga boyu da değişmektedir. Bunun sonucunda dalga yeni ortamda farklı bir yönde ilerler; bu olay kırılma olarak adlandırılır. Ayrıca gelen dalganın bir kısmı ilk ortama geri döner ve bu durum yansıma olarak tanımlanır. Emilim ve saçılma gibi olaylar nedeniyle ultrason dalgalarının genliği veya akustik basıncı ilerledikçe üstel şekilde azalır. Bu zayıflama genellikle dB/cm/MHz cinsinden ifade edilen kayıp faktörleriyle modellenmektedir. Tablo 1'de hava, su, kemik ve farklı doku katmanları gibi çeşitli ortamlara ait ses hızı, karakteristik empedans ve kayıp faktörleri özetlenmiştir [25–30]. Örneğin, dokuda 1 MHz frekansındaki bir ultrason dalgasının dalga boyu yaklaşık 1,5 mm'dir ve dalga 30 mm yol kat ettiğinde basınç genliği yaklaşık 1,5–3 dB oranında azalmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 1. Ultrason dalgasının bir dizi sıkıştırma ve seyreltme yoluyla boylamasına hareketle yayılması

Hava ile biyolojik dokular arasındaki ses hızı (c) ve karakteristik empedans (Z) farkının oldukça büyük olması, tFUS gibi tıbbi ultrason uygulamalarında ultrason transdüserinin doku ile tam temas halinde olmasını gerekli kılmaktadır. Aksi durumda, gönderilen ultrason dalgalarının büyük bir kısmı geri yansımakta ve dokuya iletilen enerji önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle klinik uygulamalarda, transdüser ile doku arasındaki akustik bağlantıyı artırmak amacıyla ultrason jeli yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kafatasının, yumuşak dokuya kıyasla daha yüksek kayıp faktörüne sahip olması nedeniyle, çoğu transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonu (tFUS) çalışması düşük sub-MHz frekanslarında gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşım, kafatasında meydana gelen ultrason zayıflamasını azaltmaya yardımcı olmaktadır [20]. Ultrason transdüserleri, enerjiyi elektriksel formdan mekanik forma ve ters yönde dönüştüren sistemlerdir. Piezoelektrik malzemelerde, uygulanan mekanik kuvvet sonucunda elektrik yükü oluşması veya uygulanan elektrik alanına bağlı olarak malzemenin genişleyip büzülmesi şeklinde doğrudan ve ters piezoelektrik etkiler meydana gelir. Bu mekanik değişimler ultrasonik basınç dalgalarının oluşmasını sağlar. Tıbbi ultrason transdüserlerinde en yaygın kullanılan piezoelektrik materyal Kurşun Zirkonat Titanat (PZT)'tır. PZT'nin akustik empedansı yaklaşık 30–37,5 MRayl aralığında olup [31], bu değer biyolojik dokuların empedansından oldukça yüksektir. Bu nedenle ultrason enerjisinin dokuya daha verimli aktarılabilmesi için genellikle akustik eşleştirme katmanları kullanılmaktadır. Ultrason üretiminde kullanılan bir diğer teknoloji ise elektrostatik aktivasyon prensibiyle çalışan kapasitif mikroişlenmiş ultrasonik dönüştürücülerdir (CMUT). CMUT yapıları, üst plakası askıda bulunan vakumlu veya hava geçirmez kapasitif sistemlerden oluşmaktadır. Sisteme yüksek AC voltaj uygulandığında, ince üst plakanın yer değiştirmesi sonucunda ultrasonik basınç dalgaları oluşmaktadır. CMUT teknolojisi, geleneksel piezoelektrik dönüştürücülere

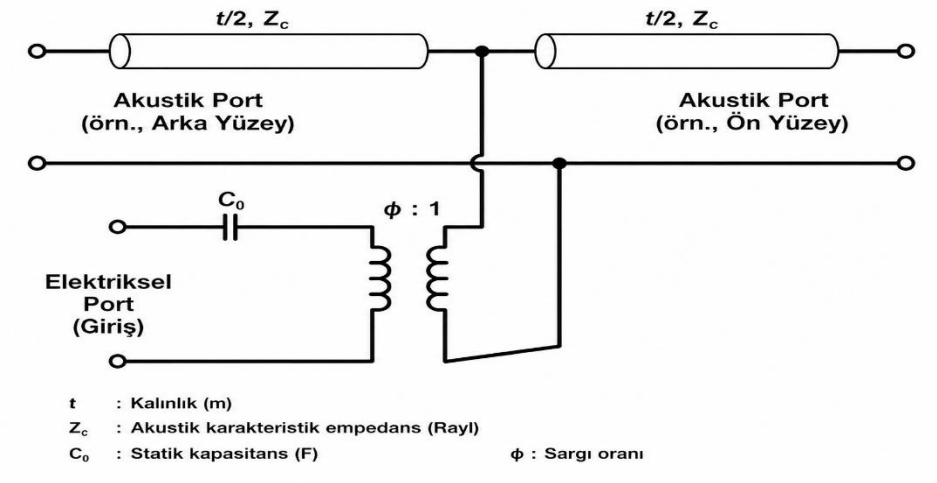
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kıyasla bazı önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle biyolojik dokuya daha yakın akustik empedansa sahip olmaları nedeniyle çoğu zaman ek bir akustik eşleştirme katmanına ihtiyaç duyulmaz [32]. Bunun yanı sıra daha düşük düzeyde kendi kendine ısınma göstermeleri, geniş bant genişliği sağlamaları ve flip-chip bağlama teknolojisi kullanılarak doğrudan ASIC sistemleriyle entegre edilebilmeleri önemli avantajlar arasında yer almaktadır. Ancak PZT tabanlı dönüştürücülerle karşılaştırıldığında, CMUT'ların elektromekanik bağlanma katsayıları daha düşüktür. Bu nedenle benzer düzeyde çıkış basıncı elde edebilmek için daha yüksek sürüş voltajlarına ve ek DC öngerilim uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır [33]. Merkezinden bağlantı yapılan bir iletim hattı ile temsil edilen piezoelektrik bir dönüştürücünün basitleştirilmiş bir devre modeli (KLM olarak da bilinir) Şekil 2'de gösterilmiştir [34]. İki akustik porta (ön ve arka taraflar) sahip dönüştürücü, elektrik portu üzerinden sürülür. Elektrik-mekanik kuplaj, Φ:1 dönüş oranına sahip bir transformatör ile modellenmiştir.

$$\Phi = K_T \left(\frac{\pi}{\omega_0 C_0 Z_c} \right)^{1/2} \operatorname{sinc} \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right).$$

KT ve Zc sırasıyla elektromekanik kuplaj faktörü ve karakteristik empedanstır. C0, dönüştürücünün kesit alanına ve piezoelektrik malzemesinin kalınlığına (t) bağlı olan kenetlenmiş kapasitansını temsil eder ve ω0, dönüştürücünün rezonans frekansıdır. Örneğin, büyük bir en boy oranı D/t'ye (D: çap) sahip disk şeklinde bir piezoelektrik dönüştürücüde, 1/t ile orantılı bir rezonans frekansı ω_0'da kalınlık uzama modu güçlü bir şekilde uyarılır [67]. Mekanik alan, transformatörün ikincil tarafında modellenmiştir; burada üretilen iki akustik dalga, ön/arka akustik portlara ulaşmak için t/2 uzunluğunda ve Zc empedansına sahip iki iletim hattından geçer. Düz (odaklanmamış) bir dönüştürücü (açıklık veya çap D ile) tarafından üretilen akustik ışını yakın alan ve uzak alan bölgelerine ayrılabilir [24]. Yakın alan bölgesinde, dönüştürücü yüzeyine yakın yerlerde, dalga girişiminden dolayı ses yoğunluğunda geniş dalgalanmalar meydana gelir. Uzak alan bölgesi olarak adlandırılan bu bölgenin ötesinde, ses yoğunluğu nispeten daha homojen hale gelir ve dönüştürücü yüzeyine dik eksenel yönde monotonik olarak azalır. Yakın ve uzak alanlar arasındaki geçiş, dar bir ışın genişliği ve yüksek akustik yoğunluk ile karakterize edilen N = D2/(4λ) mesafesinde gerçekleşir ve odaklanmamış dönüştürücünün doğal odağını gösterir. Odak uzunluğu N, içbükey mercek, akustik mercek veya faz dizisi gibi teknikler kullanılarak ultrason ışınını odaklamak için maksimum mesafeyi temsil eder [68]. Odak bölgesinde, yanal (dönüştürücüye paralel; y ve z yönleri) ve eksenel (dönüştürücüye dik; x yönü) çözünürlük, akustik yoğunluğun yarıya (−3 dB) düştüğü veya akustik basıncın ~1,4 kat azaldığı ışın genişliği olarak tanımlanır [36].

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 2. Piezoelektrik dönüştürücünün iletim hattı model [35].

3. ULTRASONİK NÖROMODÜLASYON

Ultrason, nöromodülasyon alanında görece yeni bir yöntem olmasına rağmen, sinir dokusu üzerinde hem nöral aktivasyonu artırıcı hem de baskılayıcı etkiler oluşturabildiğine dair giderek artan sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle beyin dokusunda düşük yoğunluklu ultrason uygulamalarının güvenli ve etkili bir nöromodülasyon yöntemi olduğu gösterilmiştir. Fare, sıçan, kedi, tavşan, koyun, maymun ve insan gibi birçok farklı canlı modelinde gerçekleştirilen çalışmalarda, sub-MHz düzeylerinden onlarca MHz'e kadar uzanan geniş bir sonikasyon frekansı (fs) aralığında başarılı sonuçlar elde edilmiştir [37–44]. Bu çalışmalara örnek olarak; Tyler ve çalışma arkadaşlarının fare beyninde 250–650 kHz frekans aralığında uyguladıkları ultrason darbeleriyle sağlam beyin devrelerinde nöral aktivasyonu tetikledikleri ve bu süreçte sıcaklık artışının 0,01°C'nin altında kaldığını gösteren araştırmalar verilebilir [22], [37], [26]. İnsan dışı primat modellerinde yapılan çalışmalarda ise, örneğin maymunlarda 320 kHz frekansta uygulanan ultrason sonikasyonunun bilişsel davranışları modüle ettiği, koyunlarda ise 250 kHz frekansta primer sensörimotor ve görsel kortikal alanların etkilenebildiği bildirilmiştir [21], [42]. İnsan çalışmalarında da transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonunun (tFUS), primer somatosensoriyel kortekste somatosensoriyel uyarılmış potansiyellerin genliğini azaltarak nöral aktiviteyi modüle ettiği gösterilmiştir. Bu etkinin 500 kHz frekansta uygulanan sonikasyonla, yaklaşık 4,9 mm yanal ve 18 mm eksensel uzaysal çözünürlük sağlanarak elde edildiği belirtilmiştir [26]. Ayrıca insan somatosensoriyel ve görsel kortekslerinin 250 kHz frekansında başarıyla uyarıldığı da rapor edilmiştir [45], [46], [47]. Daha yüksek uzaysal çözünürlük elde etmek amacıyla MHz aralığında gerçekleştirilen ultrasonik nöromodülasyon çalışmaları da bulunmaktadır. Örneğin, 5 MHz frekansta yaklaşık 290 μm çözünürlükle fare beyninin uyarılması [39], 10 MHz frekansta belirli iyon kanallarının aktivitesinin modüle edilerek transmembran akımlarının düzenlenmesi [48] ve 43 MHz frekansta sürekli ultrason uygulamasıyla yaklaşık 90 μm çözünürlükte retina aktivasyonunun sağlanması bu çalışmalara örnek gösterilebilir [49]. Bununla birlikte, çoğu transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonu

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

uygulamasında, kafatasında meydana gelen yüksek düzeyde ultrason zayıflamasını azaltabilmek amacıyla genellikle sub-MHz aralığında daha düşük sonikasyon frekansları tercih edilmektedir.

Ultrason nöromodülasyonuna yönelik çalışmaların büyük bölümü merkezi sinir sistemi, özellikle de beyin üzerinde gerçekleştirilmiş olsa da, periferik sinir sistemi (PNS) üzerine yapılan araştırmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı literatürde kapsamlı şekilde özetlenmiştir [44]. Beyin uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, ultrasonun periferik sinir sistemi üzerindeki nöromodülatör etkileri daha sınırlı düzeyde araştırılmış olup, elde edilen sonuçlar tam olarak tutarlı değildir. Bazı in vivo çalışmalarda, ultrason uygulamasıyla abdusens siniri veya siyatik sinir gibi periferik sinirlerin uyarılabildiği bildirilmiştir [50], [51]. Buna karşın, başka araştırmalar ultrasonun memeli sinirlerinde veya ex vivo fare siyatik sinirinde bileşik aksiyon potansiyeli oluşturamadığını göstermiştir [52], [53].

Öte yandan, çeşitli çalışmalar ultrasonun doğrudan uyarıcı etki oluşturmaktan ziyade periferik sinir aktivitesini baskılayıcı veya inhibe edici etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur [54–56]. Yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışmada ise, odaklanmış ultrason uygulamasının fare siyatik sinirinde motor nöron aktivitesini in vivo koşullarda seçici olarak modüle edebildiği bildirilmiştir. Ancak bu çalışmada gözlenen motor yanıtların büyük ölçüde termal etkilere bağlı olabileceği ifade edilmiştir [57].

3.1. Klink Alanda Kullanımı

3.1.1. Ağrı Tedavisi

İnsanlarda transkraniyal ultrason (TUS) ile nöromodülasyona ilişkin ilk çalışma, Hameroff ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir [58]. Araştırmacılar, 31 kronik ağrı hastasını içeren plasebo kontrollü çapraz tasarımlı çalışmada odaklanmamış tanısal ultrason uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, plasebo uygulamasına kıyasla sağ posterior frontal kortekse uygulanan gerçek ultrason stimülasyonunun ruh halinde belirgin iyileşme sağladığı ve ağrı düzeylerinde azalma eğilimi oluşturduğu bildirilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda, odaklanmış transkraniyal ultrason stimülasyonunun (tFUS) kronik ağrı üzerindeki etkileri daha ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Açık etiketli çalışmada, dorsal anterior singulat korteksi hedefleyen tFUS uygulamasının kronik nöropatik ağrısı bulunan 11 hastada ağrı skorlarını dört haftaya kadar azalttığı gösterilmiştir [59]. Sağlıklı gönüllüler üzerinde yapılan plasebo kontrollü çalışmalar da tFUS'un antinosiseptif etkilerini desteklemektedir. Badran ve arkadaşları, anterior talamusu hedefleyen aktif tFUS uygulamasının ardından 19 sağlıklı katılımcıda termal ağrı duyarlılığının azaldığını bildirmiştir [60]. Ayrıca Legon ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada, posterior insulaya uygulanan gerçek tFUS'un sahte uyarı ile karşılaştırıldığında ısıya bağlı ağrı değerlendirmelerini azalttığı ve erken dönem EEG bileşenlerini etkilediği gösterilmiştir. Aynı çalışmada, anterior insula stimülasyonunun ise kalp hızı değişkenliği ile geç dönem EEG genlikleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir [61]. Elde edilen bu umut verici sonuçlar doğrultusunda, nöropatik ağrı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

tedavisinde yalnızca tFUS'un kullanıldığı veya transkraniyal doğru akım stimülasyonu (tDCS) ile kombine edildiği çeşitli klinik çalışmalar planlanmaktadır. Özellikle diyabetik nöropatik ağrı tedavisinde tFUS ve tDCS kombinasyonunun araştırıldığı çalışmalar dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra, karpal tünel sendromu, osteoartrit ve kronik ağrı ile ilişkili opioid kullanım bozukluğu gibi durumlarda da bu kombinasyonun ağrı kontrolündeki etkinliği incelenmektedir. Ayrıca tFUS uygulamaları günümüzde trigeminal nevralji ve yaygın kronik ağrı gibi farklı kronik ağrı tablolarında da araştırılmaya devam etmektedir.

3.1.2. Hareket Bozuklukları

Hayvan modellerinde [62, 63, 64] ve sağlıklı gönüllülerde [65, 66, 67] gerçekleştirilen çalışmalar, transkraniyal ultrason stimülasyonunun (TUS) motor korteksin kortikal uyarılabilirliğini artırabildiğini ve dopamin salınımını etkileyebildiğini göstermiştir. Bu bulgular, TUS'un hareket bozukluklarının tedavisinde potansiyel bir nöromodülasyon yöntemi olabileceğini düşündürmektedir. Nicodemus ve arkadaşlarının 2019 yılında Alzheimer hastalığı (AD) ve Parkinson hastalığı (PD) olan bireylerde gerçekleştirdiği çalışmada, odaklanmamış ultrason uygulaması sonrasında ince ve kaba motor fonksiyonlarda anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır [68]. Araştırmacılar, tanısal amaçlı kullanılan ultrason cihazının yeterince hedeflenmiş bir stimülasyon sağlayamamasının bu sonuçta etkili olabileceğini belirtmiştir. Buna karşılık, kortikal motor alanlara kişiselleştirilmiş fokal transkraniyal pulse stimülasyonu (TPS) uygulanmasının, 20 Parkinson hastasını içeren retrospektif bir klinik analizde motor semptomlarda belirgin iyileşme sağladığı bildirilmiştir [69]. Benzer şekilde, motor kortekse uygulanan teta-burst TUS stimülasyonunun hem dopaminerjik tedavi alan hem de almayan 20 Parkinson hastasında motor uyarılmış potansiyel (MEP) genliğini artırdığı ve bradikinezi belirtilerini iyileştirdiği gösterilmiştir. Bu bulgu, dopaminerjik tedavinin ultrason temelli nöromodülasyon yanıtları üzerindeki önemini ortaya koymaktadır [70]. Öte yandan, 10 Parkinson hastasında birincil motor kortekse hızlandırılmış teta-burst tFUS uygulanan randomize kontrollü çapraz tasarımlı bir çalışmada, patolojik motor skorlarında azalma gözlenmiş olsa da gerçek ve sahte stimülasyon grupları arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bununla birlikte hem gerçek hem de sham sonikasyon sonrasında MEP genliklerinde belirgin artış saptanmıştır. Esansiyel tremor hastalarında ise, talamusun ventral ara çekirdeğini hedefleyen tFUS uygulamalarını inceleyen üç açık etiketli çalışmada hastaların çoğunda tremor şiddetinde azalma bildirilmiştir [70, 71]. Ancak günümüzde hareket bozukluklarında TUS'un klinik etkinliğine ilişkin kanıtlar hâlen sınırlıdır ve çoğu çalışma kontrolsüz tasarıma sahiptir. Şimdiye kadar gerçekleştirilen tek plasebo kontrollü çalışmada ise, muhtemelen örneklem büyüklüğünün düşük olması nedeniyle gerçek ve sham tFUS uygulamaları arasında anlamlı klinik fark gösterilememiştir. Özellikle Parkinson hastalığı gibi dopaminerjik sistem bozukluklarının ön planda olduğu hareket hastalıklarında, beklenen semptom iyileşmesine bağlı olarak ortaya çıkan plasebo

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

etkilerinin oldukça güçlü olabileceği düşünülmektedir [69]. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda; daha geniş örneklem gruplarıyla, plasebo kontrollü tasarımlar kullanılarak klinik, davranışsal, elektrofizyolojik ve nörogörüntüleme bulgularının birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

3.1.3. Epilepsi Çalışmaları

Hayvan epilepsi modellerinde elde edilen bulgular [72, 73] ve insan çalışmalarında EEG potansiyellerinde azalma bildirilen sonuçlar [74], transkraniyal odaklı ultrasonun (tFUS) epileptiform aktivitenin baskılanmasında invaziv olmayan bir yöntem olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bu kapsamda Stern ve arkadaşları (2021), ilaca dirençli temporal lob epilepsisi bulunan sekiz hastada tFUS'un etkilerini incelemiştir. Çalışmada uyarıcı ve inhibitör özellikteki tFUS uygulamaları, daha sonra cerrahi olarak rezeke edilen anterior mesiotemporal bölgeye yönlendirilmiştir [75]. Histopatolojik incelemelerde tFUS uygulamasına bağlı herhangi bir yapısal doku hasarı saptanmamıştır. Bununla birlikte, nöropsikolojik değerlendirmelerde dört hastalık bir alt grupta sözel hafıza fonksiyonlarında azalma gözlenmiştir. Lee ve arkadaşlarının (2022) gerçekleştirdiği başka bir açık etiketli çalışmada ise, ilaca dirençli epilepsisi bulunan altı hastanın nöbet başlangıç bölgelerine tFUS uygulanmıştır. Stereo-EEG kayıtları, stimülasyon sırasında hedef elektrotlarda spektral güçte anlamlı değişiklikler meydana geldiğini göstermiştir. Takip eden günlerde iki hastada nöbet sıklığında azalma gözlenirken, bir hastada subklinik nöbetlerin arttığı bildirilmiştir [76]. Ayrıca bir hastada hafıza ve isimlendirme fonksiyonlarında geçici bozulma ortaya çıkmış, ancak bu durum yaklaşık üç hafta içerisinde normale dönmüştür. Bubrick ve arkadaşları (2024), Brinker ve arkadaşları (2020) tarafından geliştirilen özel bir tFUS cihazı kullanılarak gerçekleştirilen pilot güvenlik çalışmasını rapor etmiştir. Bu çalışmada, ilaca dirençli epilepsisi olan altı hastada hipokampus hedeflenmiş ve artan yoğunluklarda toplam altı tFUS seansı uygulanmıştır. Sonuçlar, beş hastada nöbet sıklığında belirgin azalma meydana geldiğini ve bu etkinin birkaç ay boyunca devam ettiğini göstermiştir. Dinlenim durumundaki fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) analizleri ise, yalnızca nöbet sıklığında belirgin azalma görülen hastalarda varsayılan mod ağında fonksiyonel bağlantının arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, fMRI'nin tFUS tedavi etkinliğini öngörmede potansiyel bir biyobelirteç olabileceğini düşündürmektedir [77, 78].

Her ne kadar mevcut çalışmalar küçük örneklem grupları ve plasebo kontrollü tasarımların eksikliği nedeniyle sınırlı olsa da, nöbet sıklığında bildirilen azalmalar umut verici görünmektedir. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda geçici hafıza bozuklukları gözlenmiş ve bu durumun yorgunluk etkisi (Stern ve ark., 2021) ya da "zorunlu normalleşme" fenomeni (Lee ve ark., 2022) ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür. Öte yandan, medial temporal lobun sonikasyonuna bağlı olası hafıza bozuklukları da göz önünde bulundurulmalı ve gelecekte yapılacak araştırmalarda bu konu dikkatle değerlendirilmelidir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Ultrason temelli nöromodülasyon, son yıllarda sinirbilim ve biyofizik alanlarında giderek daha fazla ilgi gören yenilikçi bir yaklaşım haline gelmiştir. Geleneksel nöromodülasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, transkraniyal odaklı ultrason stimülasyonu (tFUS); non-invaziv uygulanabilmesi, derin beyin yapılarına ulaşabilmesi ve yüksek uzaysal çözünürlük sağlaması gibi önemli avantajlara sahiptir [10, 18, 20]. Özellikle milimetre düzeyinde hedefleme kapasitesi sayesinde belirli kortikal ve subkortikal bölgelerin seçici olarak modüle edilebilmesi, ultrasonu diğer nörostimülasyon tekniklerinden ayıran temel özelliklerden biridir [18, 37]. Bunun yanında, düşük yoğunluklu ultrason uygulamalarının güvenli sınırlar içerisinde gerçekleştirilebilmesi, yöntemin klinik kullanım potansiyelini artırmaktadır [22].

Ultrasonun nöromodülatör etkilerinin temelinde, mekanik enerjinin biyolojik dokular üzerindeki biyofiziksel etkileri yer almaktadır. Hücre membranında meydana gelen mikroskobik deformasyonlar, mekanosensitif iyon kanallarının aktivasyonu, akustik radyasyon kuvvetleri ve intramembran kavitasyon gibi mekanizmalar nöronal uyarılabilirliğin değişmesine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, ultrasonun sinir sistemi üzerindeki etkilerinin yalnızca tek bir mekanizma ile açıklanamayacağı, mekanik ve termal etkilerin birlikte rol oynadığı düşünülmektedir. Günümüzde yapılan deneysel çalışmalar, ultrasonun hem nöronal aktivasyonu artırabildiğini hem de inhibitör etkiler oluşturabildiğini göstermektedir. Özellikle epilepsi, Parkinson hastalığı, kronik ağrı ve depresyon gibi nörolojik ve psikiyatrik hastalıklarda elde edilen ilk klinik bulgular umut verici görünmektedir. Ancak mevcut çalışmaların önemli bir kısmı küçük örneklem gruplarıyla gerçekleştirilmiş olup, birçok araştırmada plasebo kontrollü tasarımların eksik olduğu görülmektedir. Ayrıca optimal sonikasyon frekansı, akustik yoğunluk, uygulama süresi ve güvenlik sınırları gibi parametreler konusunda henüz tam bir standartlaşma sağlanamamıştır. Özellikle uzun dönem uygulamaların olası nörobiyolojik etkileri ve bilişsel fonksiyonlar üzerindeki sonuçlarının ayrıntılı şekilde araştırılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, bireyler arası anatomik farklılıkların ultrason dalga yayılımını etkileyebilmesi nedeniyle kişiselleştirilmiş hedefleme yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır [37-44].

Sonuç olarak, ultrason temelli nöromodülasyon; biyofiziksel temelleri güçlü, klinik uygulama alanı giderek genişleyen ve gelecekte nörolojik hastalıkların tedavisinde önemli bir yer edinme potansiyeline sahip yenilikçi bir yöntemdir. Gelişen ultrason teknolojileri, görüntüleme sistemleri ve hedefleme yaklaşımları ile birlikte, tFUS'un önümüzdeki yıllarda hem temel sinirbilim araştırmalarında hem de klinik tedavi uygulamalarında daha yaygın kullanılacağı öngörülmektedir [32, 33]. Bununla birlikte, yöntemin güvenilirliği ve etkinliğinin kesin olarak ortaya konabilmesi için daha geniş örneklem gruplarını içeren, uzun dönem takipli ve plasebo kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA (TAVSİYE)

1. Vithanage, R. K. W., et al. (2021). A phased array ultrasound roller probe for automated in-process/interpass inspection of multipass welds. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 68*(12), 12781–12790.

2. Chen, C., & Pertijs, M. A. P. (2021). Integrated transceivers for emerging medical ultrasound imaging devices: A review. *Open Journal of Solid-State Circuits Society, 1*, 104–114.

3. Charthad, J., Weber, M. J., Chang, T. C., & Arbabian, A. (2015). A mm-sized implantable medical device (IMD) with ultrasonic power transfer and a hybrid bi-directional data link. *Journal of Solid-State Circuits, 50*(8), 1741–1753.

4. Jenderka, K. V., & Koch, C. (2006). Investigation of spatial distribution of sound field parameters in ultrasound cleaning baths under the influence of cavitation. *Ultrasonics, 44*(1), e401–e406.

5. Kuratli, C., & Huang, Q. (2000). A CMOS ultrasound range-finder microsystem. *Journal of Solid-State Circuits, 35*(12), 2005–2017.

6. Donald, I., Macvicar, J., & Brown, T. (1958). Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound. *Lancet, 271*, 1188–1195.

7. Carovac, A., Smajlovic, F., & Junuzovic, D. (2011). Application of ultrasound in medicine. *Annals of Internal Medicine, 19*, 168–171.

8. Meng, Y., Hynynen, K., & Lipsman, N. (2021). Applications of focused ultrasound in the brain: From thermoablation to drug delivery. *Nature Reviews Neurology, 17*, 7–22.

9. Fry, W., Wulff, V., Tucker, D., & Fry, F. (1950). Physical factors involved in ultrasonically induced changes in living systems: I. Identification of nontemperature effects. *Journal of the Acoustical Society of America, 22*, 867–876.

10. Tyler, W., Tufail, Y., Finsterwald, M., Tauchmann, M., Olson, E., & Majestic, C. (2008). Remote excitation of neuronal circuits using low-intensity, low-frequency ultrasound. *PLoS One, 3*, e3511.

11. Tyler, W. J. (2011). Noninvasive neuromodulation with ultrasound? A continuum mechanics hypothesis. *Neuroscientist, 17*, 25–36.

12. Krasovitski, B., Frenkel, V., Shoham, S., & Kimmel, E. (2011). Intramembrane cavitation as a unifying mechanism for ultrasound-induced bioeffects. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*, 3258–3263.

13. Plaksin, M., Kimmel, E., & Shoham, S. (2016). Cell-type-selective effects of intramembrane cavitation as a unifying theoretical framework for ultrasonic neuromodulation. *eNeuro, 3*(3), ENEURO-0136.

14. Oh, S. J., et al. (2020). Ultrasonic neuromodulation via astrocytic TRPA1. *Current Biology, 30*, 948

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

15. Kubanek, J., Shukla, P., Das, A., Baccus, S. A., & Goodman, M. B. (2018). Ultrasound elicits behavioral responses through mechanical effects on neurons and ion channels in a simple nervous system. *Journal of Neuroscience, 38*, 3081–3091.

16. Yu, K., Niu, X., Krook-Magnuson, E., & He, B. (2021). Intrinsic functional neuron type selectivity of transcranial focused ultrasound neuromodulation. *Nature Communications, 12*, 2519.

17. Sorum, B., Rietmeijer, R. A., Gopakumar, K., Adesnik, H., & Brohawn, S. G. (2021). Ultrasound activates mechanosensitive TRAAK K(+) channels through the lipid membrane. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 118*, e2006980118.

18. Blackmore, J., Shrivastava, S., Sallet, J., Butler, C. R., & Cleveland, R. O. (2019). Ultrasound neuromodulation: A review of results, mechanisms and safety. *Ultrasound in Medicine & Biology, 45*(7), 1509–1536.

19. Yoo, S., Mittelstein, D., Hurt, R., Lacroix, J., & Shapiro, M. (2022). Focused ultrasound excites cortical neurons via mechanosensitive calcium accumulation and ion channel amplification. *Nature Communications, 13*, 493.

20. Tufail, Y., Yoshihiro, A., Pati, S., Li, M., & Tyler, W. (2011). Ultrasonic neuromodulation by brain stimulation with transcranial ultrasound. *Nature Protocols, 6*(9), 1453–1470.

21. Abe, K., & Taira, T. (2017). Focused ultrasound treatment, present and future. *Neurologia Medico-Chirurgica, 57*, 386–391.

22. Bystritsky, A., & Korb, A. (2015). A review of low-intensity transcranial focused ultrasound for clinical applications. *Current Behavioral Neuroscience Reports, 2*, 60–66.

23. Salahshoor, H., Shapiro, M. G., & Ortiz, M. (2020). Transcranial focused ultrasound generates skull-conducted shearwaves: Computational model and implications for neuromodulation. *Applied Physics Letters, 117*(3), 33702.

24. Edelman, S. (2012). *Understanding ultrasound physics* (4th ed.). Woodland, TX, USA: E.S.P. Ultrasound.

25. Azhari, H. (2010). *Basics of biomedical ultrasound for engineers*. Hoboken, NJ, USA: Wiley.

26. Nenadic, Z., Urban, M. W., Greenleaf, J. F., Gennisson, J.-L., Bernal, M., & Tanter, M. (2019). *Ultrasound elastography for biomedical applications and medicine*. Hoboken, NJ, USA: Wiley.

27. Guittet, C., Ossant, F., Remenieras, J.-P., Pourcelot, L., & Berson, M. (1999). High-frequency estimation of the ultrasonic attenuation coefficient slope obtained in human skin: Simulation and in vivo results. *Ultrasound in Medicine & Biology, 25*(3), 421–429.

28. Szabo, T. (2004). *Diagnostic ultrasound imaging: Inside out*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

29. Mueller, J. K., Ai, L., Bansal, P., & Legon, W. (2016). Computational exploration of wave propagation and heating from transcranial focused ultrasound for neuromodulation. *Journal of Neural Engineering, 13*(5), 56002.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

30. Lee, J., Paeng, D.-G., & Ha, K. (2020). Attenuation of the human skull at broadband frequencies by using a carbon nanotube composite photoacoustic transducer. *Journal of the Acoustical Society of America, 148*, 1121–1129.

31. Rathod, V. (2020). A review of acoustic impedance matching techniques for piezoelectric sensors and transducers. *Sensors, 20*(14), 4051.

32. Wang, J., Zheng, Z., Chan, J., & Yeow, J. (2020). Capacitive micromachined ultrasound transducers for intravascular ultrasound imaging. *Microsystems & Nanoengineering, 6*(1), 73.

33. Joseph, J., Ma, B., & Khuri-Yakub, B. T. (2022). Applications of capacitive micromachined ultrasonic transducers: A comprehensive review. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 69*(2), 456–467.

34. Kino, G. S. (1987). *Acoustic waves: Devices, imaging, and analog signal processing*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall.

35. Sadeghi, H. S., Dangi, A., Kothapalli, S.-R., & Kiani, M. (2019). A comprehensive study of ultrasound transducer characteristics in microscopic ultrasound neuromodulation. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, 13*(5), 835–847.

36. Von Ramm, O. T., & Smith, S. W. (1983). Beam steering with linear arrays. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 30*(8), 438–452.

37. Tufail, Y., et al. (2010). Transcranial pulsed ultrasound stimulates intact brain circuits. *Neuron, 66*(5), 681–694.

38. Mehić, E., Xu, J. M., Caler, C. J., Coulson, N. K., Moritz, C. T., & Mourad, P. (2014). Increased anatomical specificity of neuromodulation via modulated focused ultrasound. *PLoS One, 9*, e86939.

39. Li, G., et al. (2016). Improved anatomical specificity of non-invasive neurostimulation by high frequency (5 MHz) ultrasound. *Scientific Reports, 6*(1), 24738.

40. Kim, H., Kim, S., & Lee, H. J. (2018). Capacitive micromachined ultrasonic transducer (CMUT) ring array for transcranial ultrasound neuromodulation. *Proceedings of the IEEE Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, 2675–2678.

41. Li, G., et al. (2018). Imaging-guided dual-target neuromodulation of the mouse brain using array ultrasound. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 65*(9), 1583–1589.

42. Lee, W., et al. (2016). Image-guided focused ultrasound-mediated regional brain stimulation in sheep. *Ultrasound in Medicine & Biology, 42*(2), 459–470.

43. Legon, W., Rowlands, A., Opitz, A., Sato, T. F., & Tyler, W. J. (2012). Pulsed ultrasound differentially stimulates somatosensory circuits in humans as indicated by EEG and fMRI. *PLoS One, 7*, e51177.

44. Mueller, J., Legon, W., Opitz, A., Sato, T. F., & Tyler, W. J. (2014). Transcranial focused ultrasound modulates intrinsic and evoked EEG dynamics. *Brain Stimulation, 7*(6), 900–908.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

45. Lee, W., Kim, H., Jung, Y., Song, I.-U., Chung, Y. A., & Yoo, S. (2015). Image-guided transcranial focused ultrasound stimulates human primary somatosensory cortex. *Scientific Reports, 5*(1), 8743.

46. Lee, W., Chung, Y. A., Jung, Y., Song, I.-U., & Yoo, S. (2016). Simultaneous acoustic stimulation of human primary and secondary somatosensory cortices using transcranial focused ultrasound. *BMC Neuroscience, 17*(1), 68.

47. Lee, W., et al. (2016). Transcranial focused ultrasound stimulation of human primary visual cortex. *Scientific Reports, 6*, 1–12.

48. Kubanek, J., Shi, J., Marsh, J., Chen, D., Deng, C., & Cui, J. (2016). Ultrasound modulates ion channel currents. *Scientific Reports, 6*, 1–14.

49. Prieto, M., Firouzi, K., Khuri-Yakub, B., & Maduke, M. (2018). Activation of Piezo-1 but not NaV1.2 channels by ultrasound at 43 MHz. *Ultrasound in Medicine & Biology, 44*, 1217–1232.

50. Kim, H., Taghados, S. J., Fischer, K., Maeng, L.-S., Park, S., & Yoo, S.-S. (2012). Noninvasive transcranial stimulation of rat abducens nerve by focused ultrasound. *Ultrasound in Medicine & Biology, 38*(9), 1568–1575.

51. Downs, M. E., Lee, S. A., Yang, G., Kim, S., Wang, Q., & Konofagou, E. E. (2018). Non-invasive peripheral nerve stimulation via focused ultrasound in vivo. *Physics in Medicine & Biology, 63*(3), 35011.

52. Guo, H., et al. (2022). Ultrasound does not activate but can inhibit in vivo mammalian nerves across a wide range of parameters. *Scientific Reports, 12*, 2182.

53. Ilham, S. J., Chen, L., Guo, T., Emadi, S., Hoshino, K., & Feng, B. (2018). In vitro single-unit recordings reveal increased peripheral nerve conduction velocity by focused pulsed ultrasound. *Biomedical Physics & Engineering Express, 4*(4), 45004.

54. Colucci, V., Strichartz, G., Jolesz, F., Vykhodtseva, N., & Hynynen, K. (2009). Focused ultrasound effects on nerve action potential in vitro. *Ultrasound in Medicine & Biology, 35*(10), 1737–1747.

55. Casella, D. P., et al. (2017). Modulation of the rat micturition reflex with transcutaneous ultrasound. *Neurourology and Urodynamics, 36*(8), 1996–2002

56. Foley, J. L., Little, J. W., & Vaezy, S. (2007). Image-guided high-intensity focused ultrasound for conduction block of peripheral nerves. *Annals of Biomedical Engineering, 35*, 109–119.

57. Kim, M., Kamimura, H., Lee, S., Aurup, C., Kwon, N., & Konofagou, E. (2020). Image-guided focused ultrasound modulates electrically evoked motor neuronal activity in the mouse peripheral nervous system in vivo. *Journal of Neural Engineering, 17*, 026026.

58. Hameroff, S., Trakas, M., Duffield, C., Annabi, E., Gerace, M. B., Boyle, P., et al. (2013). Transcranial ultrasound (TUS) effects on mental states: a pilot study. *Brain Stimul.* 6, 409–415. doi: 10.1016/j.brs.2012.05.002

59. Shin, D. H., Son, S., and Kim, E. Y. (2023). Low-energy transcranial navigation-guided focused ultrasound for neuropathic pain: an exploratory study. *Brain Sci.* 13:1433. doi: 10.3390/brainsci13101433

60. Badran, B. W., Caulfield, K. A., Stomberg-Firestein, S., Summers, P. M., Dowdle, L. T., Savoca, M., et al. (2020). Sonication of the anterior thalamus with MRI-guided transcranial focused ultrasound (tFUS) alters pain thresholds in healthy adults: a double-blind, sham-controlled study. *Brain Stimul.* 13, 1805–1812. doi: 10.1016/j.brs.2020.10.007

61. Legon, W., Strohman, A., In, A., and Payne, B. (2024). Noninvasive neuromodulation of subregions of the human insula differentially affect pain processing and heart-rate variability: a within-subjects pseudo-randomized trial. *Pain*. doi: 10.1097/j.pain.0000000000003171

62. Zhang, J., Zhou, H., Yang, J., Jia, J., Niu, L., Sun, Z., et al. (2021). Low-intensity pulsed ultrasound ameliorates depression-like behaviors in a rat model of chronic unpredictable stress. *CNS Neurosci. Ther.* 27, 233–243. doi: 10.1111/cns.13463

63. Wang, Z., Yan, J., Wang, X., Yuan, Y., and Li, X. (2020). Transcranial ultrasound stimulation directly influences the cortical excitability of the motor cortex in parkinsonian mice. *Mov. Disord.* 35, 693–698. doi: 10.1002/mds.27952

64. Xu, T., Lu, X., Peng, D., Wang, G., Chen, C., Liu, W., et al. (2020). Ultrasonic stimulation of the brain to enhance the release of dopamine – a potential novel treatment for Parkinson's disease. *Ultrason. Sonochem.* 63:104955. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104955

65. Gibson, B. C., Sanguinetti, J. L., Badran, B. W., Yu, A. B., Klein, E. P., Abbott, C. C., et al. (2018). Increased excitability induced in the primary motor cortex by transcranial ultrasound stimulation. *Front. Neurol.* 9:1007. doi: 10.3389/fneur.2018.01007

66. Bao, S., Kim, H., Shettigar, N. B., Li, Y., and Lei, Y. (2024). Personalized depth-specific neuromodulation of the human primary motor cortex via ultrasound. *J. Physiol.* 602, 933–948. doi: 10.1113/JP285613

67. Matt, E., Kaindl, L., Tenk, S., Egger, A., Kolarova, T., Karahasanović, N., et al. (2022b). First evidence of long-term effects of transcranial pulse stimulation (TPS) on the human brain. *J. Transl. Med.* 20:26. doi: 10.1186/s12967-021-03222-5

68. Nicodemus, N. E., Becerra, S., Kuhn, T. P., Packham, H. R., Duncan, J., Mahdavi, K., et al. (2019). Focused transcranial ultrasound for treatment of neurodegenerative dementia. *Alzheimer's Dement. Transl. Res. Clin. Interv.* 5, 374–381. doi: 10.1016/j.trci.2019.06.007

69. Osou, S., Radjenovic, S., Bender, L., Gaal, M., Zettl, A., Dörl, G., et al. (2023). Novel ultrasound neuromodulation therapy with transcranial pulse stimulation (TPS) in Parkinson's disease: a first retrospective analysis. *J. Neurol.* 271, 1462–1468. doi: 10.1007/s00415-023-12114-1

70. Grippe, T., Shamli-Oghli, Y., Darmani, G., Nankoo, J.-F., Raies, N., Sarica, C., et al. (2024). Plasticity-induced effects of Theta burst transcranial ultrasound stimulation in Parkinson's disease. *Mov. Disord.* doi: 10.1002/mds.29836

71. Samuel, N., Ding, M. Y. R., Sarica, C., Darmani, G., Harmsen, I. E., Grippe, T., et al. (2023). Accelerated transcranial ultrasound neuromodulation in Parkinson's disease: a pilot study. *Mov. Disord.* 38, 2209–2216. doi: 10.1002/mds.29622

72. Min, B. K., Yang, P. S., Bohlke, M., Park, S., Vago, D. R., Maher, T. J., et al. (2011). Focused ultrasound modulates the level of cortical neurotransmitters: potential as a new functional brain mapping technique. *Int. J. Imaging Syst. Technol.* 21, 232–240. doi: 10.1002/ima.20284

73. Fomenko, A., Chen, K.-H. S., Nankoo, J.-F., Saravanamuttu, J., Wang, Y., El-Baba, M., et al. (2020). Systematic examination of low-intensity ultrasound parameters on human motor cortex excitability and behavior. *eLife* 9:e54497. doi: 10.7554/eLife.54497

74. Legon, W., Sato, T. F., Opitz, A., Mueller, J., Barbour, A., Williams, A., et al. (2014). Transcranial focused ultrasound modulates the activity of primary somatosensory cortex in humans. *Nat. Neurosci.* 17, 322–329. doi: 10.1038/nn.3620

75. Stern, J. M., Spivak, N. M., Becerra, S. A., Kuhn, T. P., Korb, A. S., Kronemyer, D., et al. (2021). Safety of focused ultrasound neuromodulation in humans with temporal lobe epilepsy. *Brain Stimul.* 14, 1022–1031. doi: 10.1016/j.brs.2021.06.003

76. Lee, C.-C., Chou, C.-C., Hsiao, F.-J., Chen, Y.-H., Lin, C.-F., Chen, C.-J., et al. (2022). Pilot study of focused ultrasound for drug-resistant epilepsy. *Epilepsia* 63, 162–175. doi: 10.1111/epi.17105

77. Bubrick, E. J., McDannold, N. J., Orozco, J., Mariano, T. Y., Rigolo, L., Golby, A. J., et al. (2024). Transcranial ultrasound neuromodulation for epilepsy: a pilot safety trial. *Brain Stimul.* 17, 7–9. doi: 10.1016/j.brs.2023.11.013

78. Brinker, S. T., Preiswerk, F., White, P. J., Mariano, T. Y., McDannold, N. J., and Bubrick, E. J. (2020). Focused ultrasound platform for investigating therapeutic neuromodulation across the human Hippocampus. *Ultrasound Med. Biol.* 46, 1270–1274. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.01.007

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EDGE AI-POWERED WEARABLE HEALTHCARE DEVICES

Doç. Dr. Yeliz DURGUN

Tokat Gaziosmanpasa Univercity/Graduate Education Institute, Department of Bioengineering

yeliz.durgun@gop.edu.tr/ 0000-0003-3834-5533

Abdullah Salah LATEEF

Tokat Gaziosmanpasa Univercity/Graduate Education Institute, Department of Bioengineering

Abdullahlateef5725@gop.edu.tr / 0009-0004-7622-3267

ABSTRACT

This research examines the paradigm shift in clinical monitoring facilitated by the convergence of Edge Artificial Intelligence (Edge AI) and wearable medical technologies. While conventional digital health frameworks primarily utilize cloud-centric architectures often leading to significant data latency and confidentiality risks Edge AI enables the localized execution of sophisticated algorithms. Consequently, devices such as high-fidelity smartwatches and ECG sensors can perform immediate on-device analysis of vital signs, allowing for the rapid identification of life-threatening occurrences like cardiac arrhythmias. By exploring the multifaceted layers of the Internet of Medical Things (IoMT) and addressing hardware-specific limitations, this paper highlights how edge intelligence fosters a more preventive and patient-centric medical landscape

Keywords: Edge AI, Wearable Devices, Internet of Medical Things , Real-Time Monitoring, Data Privacy, Predictive Healthcare, Embedded Systems.

1. INTRODUCTION

The healthcare industry is undergoing a major transformation due to the rapid adoption of wearable healthcare devices, which continuously monitor vital physiological signals such as heart rate, oxygen saturation, body temperature, and physical activity [1].These devices have shifted healthcare from traditional periodic check-ups to uninterrupted, live tracking of patient vitals, enabling more accurate and timely medical insights.[2].In parallel, the emergence of Edge Artificial Intelligence (Edge AI) has enabled data processing directly on or near the wearable device rather than relying entirely on cloud computing systems [3].This approach

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

significantly reduces latency and allows immediate analysis of health data, which is critical in emergency and time-sensitive medical situations.

The integration of Edge AI with wearable healthcare systems is further strengthened by the Internet of Medical Things , where interconnected medical devices communicate and exchange patient data intelligently.By combining IoMT with machine learning algorithms, these systems are capable of delivering personalized health insights and predictive analytics, supporting early disease detection and prevention [4].This architecture significantly enhances data integrity and privacy by performing local computation, which minimizes the exposure of sensitive medical records typically necessitated by continuous data transmission to external servers. As a result, this technology represents a shift toward predictive and preventive healthcare systems, where diseases can be detected early and managed proactively instead of reactively [5] (Figüre 1).

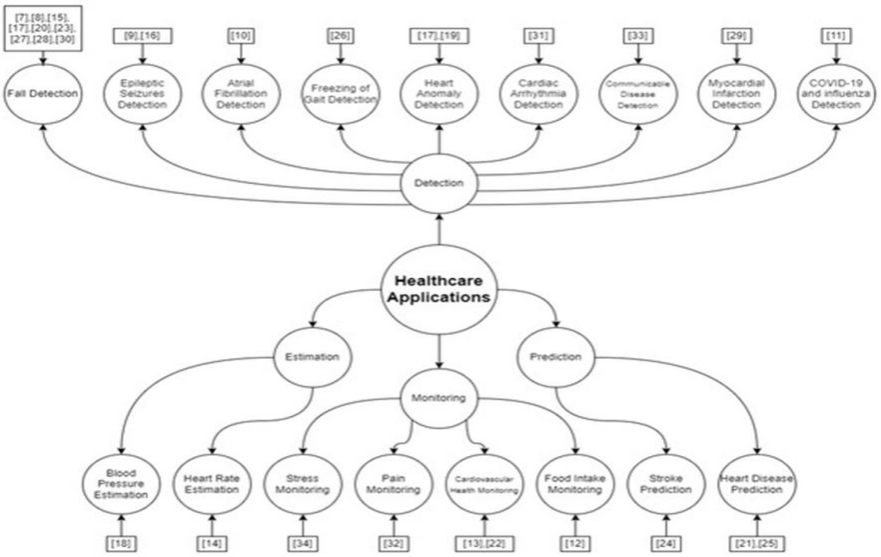


Figure 1. Conceptual mapping of healthcare applications based on the selected articles.

2. WHAT IS EDGE AI IN HEALTHCARE

Edge Artificial Intelligence in healthcare refers to the deployment of AI algorithms directly on medical devices or local hardware, such as wearables, instead of maintaining total reliance on consolidated, remote cloud architectures [3]. This approach allows healthcare systems to analyze patient data (e.g., heart rate, ECG signals, oxygen levels) locally and in real time, reducing dependence on internet connectivity and external servers.By processing data at the edge of the network, Edge AI significantly minimizes latency, which is crucial for time-sensitive medical applications such as emergency detection and continuous patient monitoring.Furthermore, Edge AI boosts operational efficiency by minimizing the volume of information relayed to remote servers, consequently diminishing network throughput demands and power drain in portable medical monitors.Overall, Edge AI transforms healthcare systems into intelligent, autonomous, and real-time decision-making platforms that operate closer to the patient.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. WEARABLE HEALTHCARE DEVICES

Wearable healthcare devices consist of electronic platforms engineered for bodily attachment, which facilitate persistent tracking of biological metrics, including cardiac frequency, arterial tension, and peripheral oxygen saturation (SpO_2), alongside thermal data and movement patterns[4,10].These devices include technologies such as smartwatches, fitness bands, ECG patches, and biosensors, which are increasingly used in both clinical and personal healthcare environments to support continuous patient monitoring outside traditional hospitals.Wearable medical technologies are fundamental in spearheading a transition from legacy intervention-based frameworks where care is predominantly post-symptomatic to a proactive management strategy defined by the instantaneous surveillance of biological statuses.By integrating sensors with intelligent data processing systems, these devices can detect abnormal patterns and issue timely warnings to individuals and clinicians about prospective medical complications before they worsen. Overall, wearable healthcare devices represent a key foundation for modern digital healthcare systems, especially when combined with Edge AI technologies for real-time decision-making.

4. ARCHITECTURE (EDGE AI SYSTEM)

The architecture of an Edge AI-based healthcare system typically consists of multiple interconnected layers that work together to collect, process, and analyze medical data efficiently [6].At the first layer, wearable sensors are responsible for capturing physiological signals such as heart rate, body temperature, ECG, and oxygen saturation directly from the patient's body [11].The second layer is the edge computing layer, where AI algorithms are deployed locally on the device or nearby hardware to process and analyze the collected data in real time without relying heavily on cloud servers.Although cloud platforms are frequently utilized for extensive data analytics, algorithm training, and permanent data archiving, they are bypassed for time-critical, on-the-spot clinical decisions.This layered architecture enables a balance between real-time processing, scalability, and data efficiency, making healthcare systems faster, smarter, and more reliable (Figure 2).

5. KEY BENEFITS

One of the main advantages of Edge AI-powered wearable healthcare systems is the ability to perform real-time data processing, which enables immediate detection of abnormal physiological conditions and faster medical response [2,12].These systems also significantly reduce latency, since data is analyzed directly on the device or near the data source without the need to send information to remote cloud servers.Furthermore, by handling confidential health data at the source, edge-based processing significantly bolsters privacy and security, thereby reducing the likelihood of cyber-attacks during the data transfer phase.In addition, Edge AI reduces network bandwidth usage and cloud dependency, making the system more efficient and suitable for continuous health monitoring applications.Overall, these benefits make Edge AI-enabled wearable systems highly effective for smart, reliable, and continuous healthcare monitoring in modern medical environments.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

6. APPLICATIONS IN HEALTHCARE

Edge AI-powered wearable healthcare systems are widely applied in continuous cardiac monitoring, where devices track heart rate and ECG signals in real time to detect abnormalities such as arrhythmia at an early stage [7].These platforms are also instrumental in the supervision of long-term pathological conditions, such as the tracking of glycemic fluctuations and arterial tension, where biometric data undergoes persistent evaluation to facilitate tailored therapeutic strategies and expedited clinical responses.Another important application is fall detection and elderly care, where wearable sensors combined with AI algorithms can automatically detect sudden falls and immediately send alerts to caregivers or medical services [7].Furthermore, these systems are utilized in post-operative care and rehabilitation, allowing medical professionals to oversee patient convalescence from off-site locations and recalibrate therapeutic approaches grounded in live physiological feedback.

Overall, these applications demonstrate how Edge AI-enabled wearables are transforming healthcare into a proactive, intelligent, and continuous monitoring system [7].

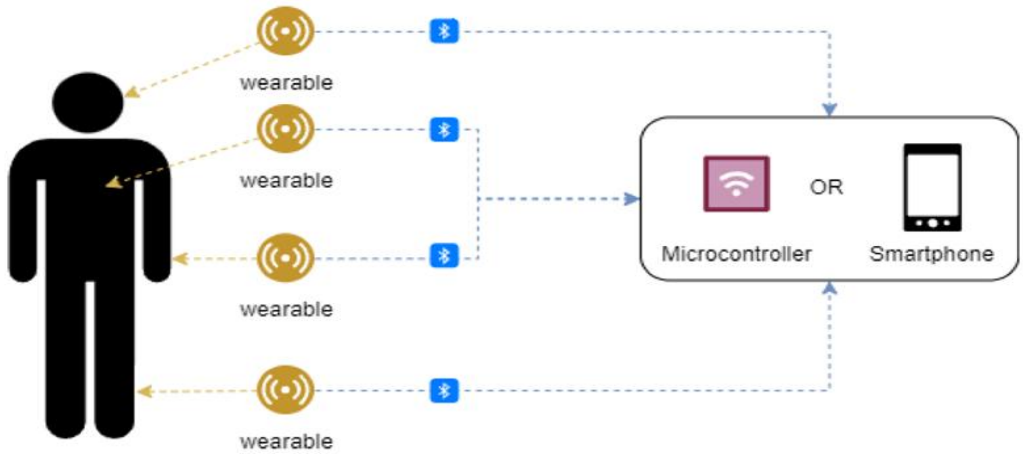


Figure 2. Schematic representation of integrating off-the-shelf microcontrollers and mobile devices within wearable health monitoring systems.

7. AI ROLE IN WEARABLES

Artificial Intelligence plays a fundamental role in wearable healthcare systems by enabling intelligent data analysis of continuous physiological signals collected from sensors such as heart rate monitors, ECG patches, and motion trackers [4].Machine learning algorithms embedded within wearable devices can identify complex patterns in biomedical data and detect early signs of abnormal health conditions that may not be easily observed through traditional monitoring methods.AI also enables predictive analytics, allowing the system to forecast potential health risks such as cardiac events or glucose fluctuations before they occur, which supports

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

preventive healthcare strategies [13].In addition, AI enhances personalized healthcare, where recommendations and alerts are tailored to the individual's medical history, lifestyle, and real-time physiological conditions.Overall, AI transforms wearable healthcare devices from simple monitoring tools into intelligent decision-support systems capable of improving patient outcomes and enabling proactive medical care (Figure 3).

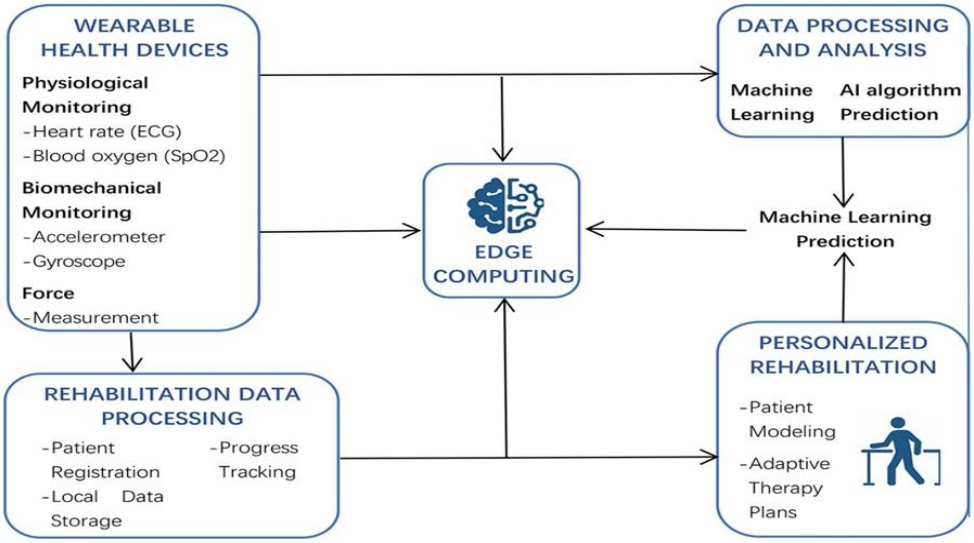


Figure 3. An intuitive illustration of health monitoring systems with edge computing and AI

8. REAL-TIME MONITORING ADVANTAGES

One of the most important advantages of Edge AI-powered wearable healthcare systems is real-time monitoring, where patient data is continuously analyzed as it is generated, allowing immediate detection of any abnormal physiological changes [2].This real-time capability enables instant medical response, which is critical in emergency situations such as sudden heart irregularities, oxygen drops, or falls, where every second can significantly affect patient outcomes [8].Real-time monitoring also improves continuous patient supervision outside clinical environments, allowing patients to be monitored at home while still receiving hospital-level attention through wearable devices.In addition, it supports early anomaly detection, where small changes in health patterns are identified before they develop into serious medical conditions, enabling preventive intervention rather than late treatment.Overall, real-time monitoring transforms healthcare delivery into a proactive, responsive, and continuous system, significantly improving patient safety and treatment efficiency.

9. CHALLENGES

Despite the significant advantages of Edge AI-powered wearable healthcare systems, several technical and practical challenges still limit their full-scale adoption in modern healthcare environments [9].One of the main challenges is limited hardware resources, as wearable devices have restricted processing power, memory capacity, and storage, which makes it difficult to run

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

complex AI models efficiently on-device.Another critical issue is energy consumption and battery life, since continuous data collection and real-time AI processing require significant power, which can reduce the operational time of wearable devices.Data accuracy and reliability also remain a challenge, as sensor noise, environmental conditions, and user movement can affect the quality of collected physiological signals, leading to potential misinterpretations [9].In addition, security and privacy concerns persist, especially when handling sensitive medical data, requiring strong encryption and robust protection mechanisms even at the edge level. Overall, overcoming these challenges is essential to fully unlock the potential of Edge AI in wearable healthcare systems and ensure safe, efficient, and scalable deployment.

10. FUTURE TRENDS

The future of Edge AI-powered wearable healthcare systems is expected to evolve significantly with advancements in specialized AI hardware (such as AI chips and NPUs) that will enable more complex models to run efficiently on small wearable devices [5].Another major trend is the integration of 5G and next-generation wireless networks, which will enhance connectivity between wearable devices, hospitals, and edge servers, enabling faster and more reliable healthcare data exchange. Future systems are also expected to evolve toward fully intelligent healthcare ecosystems, where wearable devices, edge nodes, and cloud platforms work together seamlessly to provide continuous and adaptive patient monitoring. In addition, the development of predictive and preventive healthcare models will become more advanced, allowing early detection of diseases with higher accuracy using deep learning and real-time physiological data analysis.Overall, these trends indicate that Edge AI will play a central role in shaping the future of smart, connected, and autonomous healthcare systems.

11. CONCLUSION

Edge AI-powered wearable healthcare devices represent a significant advancement in modern healthcare systems by combining real-time data processing, intelligent analytics, and continuous patient monitoring into a single integrated framework.This technology has successfully shifted healthcare from a reactive approach, where treatment occurs after disease onset, to a proactive and preventive model, where health conditions can be monitored, predicted, and managed early.By processing data directly on wearable devices, Edge AI improves response time, system efficiency, and data privacy, making healthcare services more reliable and patient-centered.Despite existing challenges such as limited hardware resources and energy constraints, continuous technological advancements are rapidly overcoming these limitations and expanding real-world applications.Overall, Edge AI-enabled wearable healthcare systems are expected to play a crucial role in the future of smart, connected, and intelligent healthcare ecosystems, improving both patient outcomes and quality of care.

REFERENCES

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. Kebe, M., Gadhafi, R., Mohammad, B., Sanduleanu, M., Saleh, H. and Al-qutayri, M., Human vital signs detection methods and potential using radars: A review, Sensors, 20(5), 2020.

2. Guo, L., Guo, M., Yang, H., Ma, J. and Chen, S., Ultra-narrow-band filter based on high q factor in metallic nanoslit arrays, Sensors, 20(18), 2020.

3. Dligach, M., Afshar, M. and Miller, T., Pre-training phenotyping classifiers, Journal of Biomedical Informatics, 113, 2021.

4. Secinaro, S., Calandra, D., Secinaro, A., Muthurangu, V. and Biancone, P., The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review, BMC Medical Informatics and Decision Making, 21(1), 2021.

5. WEF_Global_Health_and_Healthcare_Strategic_Outlook_2023, 2023.

6. Fang, Z., Zhou, S., Li, X. and Zhu, H., Multi-Way Multi-View Deep Autoencoder for Image Feature Learning with Multi-Level Graph Regularization, ICASSP 2020 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2093–2097, 2020.

7. Alzghaibi, H., Adoption barriers and facilitators of wearable health devices with AI integration: a patient-centred perspective, Frontiers in Medicine (Lausanne), 12, 2025.

8. He, S. et al., Interference-aware routing for difficult wireless sensor network environment with SWIPT, Sensors (Switzerland), 19(18), 2019.

9. Moon, S.-E., Jang, S. and Lee, J.-S., Convolutional Neural Network Approach for Eeg-Based Emotion Recognition Using Brain Connectivity and its Spatial Information, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2556–2560, 2018.

10.Nazir, A., Nazir, A., Shah Wali Jamal, M., Sadiq, S. U. R., Aman, S., Mustapha, M. J. and Bamigbola, M. F., Wearable Technology and Its Potential Role in Cardiovascular Health Monitoring and Disease Management, Health Science Reports, 8(11), 2025.

11.Dias, D. and Paulo Silva Cunha, J., Wearable health devices—vital sign monitoring, systems and technologies, Sensors, 18(8), 2018.

12.Sathiya, A., Angel, D., Iswarya, M., Poonkodi, R. and Angelo, K. M., IoT enabled healthcare framework using edge AI and advanced wearable sensors for real time health monitoring, 2025 International Conference on Multi-Agent Systems for Collaborative Intelligence (ICMSCI), 384-392, IEEE, 2025.

13.Ekundayo, F. and Nyavor, H., AI-driven predictive analytics in cardiovascular diseases: integrating big data and machine learning for early diagnosis and risk prediction, International Journal of Research Publication and Reviews, 5(12), 1240-1256, 2024.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MERCİMEKTE MELATONİN PRİMİNG UYGULAMALARININ TUZ STRESİ KOŞULLARINDA ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

ceritoglu@siirt.edu.tr - 0000-0002-4138-4579

ÖZET

Bu çalışma, farklı melatonin konsantrasyonlarında tohum priming uygulamalarının tuz stresi koşullarında mercimekte (*Lens culinaris* Medik.) çimlenme performansı ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri laboratuvarında gerçekleştirilen çalışmada, üç farklı tuz dozu (0, 100 ve 200 mM NaCl) ve altı farklı priming uygulaması (priming yok, hidropriming, 50, 100, 150 ve 200 µM melatonin) tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, çimlenme uniformitesi, sürgün ve kök uzunluğu ile sürgün ve kök kuru ağırlığı parametreleri incelenmiştir. Araştırma bulguları, artan NaCl konsantrasyonunun incelenen tüm parametreler üzerinde olumsuz etkiler ortaya koymuştur. Çimlenme yüzdesi 200 mM NaCl uygulamasında %40,6'ya gerilerken, sürgün ve kök uzunlukları sırasıyla 0,56 cm ve 0,88 cm'ye düşmüştür. Priming uygulamaları açısından 100 ve 150 µM melatonin dozları, çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, çimlenme uniformitesi ve kök uzunluğu üzerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde olumlu etkiler sağlamıştır. Buna karşın 200 µM melatonin dozu, yüksek konsantrasyonun büyüme üzerindeki baskılayıcı etkisine bağlı olarak beklenen iyileşmeyi sağlayamamıştır. Kuru ağırlık parametreleri üzerinde ise yalnızca tuz stresinin etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuş, priming uygulamaları bu parametreler üzerinde belirleyici bir etki gösterememiştir. Sonuç olarak, 100–150 µM melatonin dozlarının tuz stresi altında mercimek tohumlarının çimlenme ve fide gelişimini artırmaya yönelik uygulanabilir bir priming stratejisi olarak öne çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Melatonin, NaCl, osmopriming, tuz toleransı, *Lens culinaris*

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Mercimek (*Lens culinaris* Medik.), dünya genelinde önemli bir baklagil bitkisi olup yüksek protein içeriği, zengin besin değeri ve azot bağlama kapasitesi sayesinde hem insan beslenmesinde hem de sürdürülebilir tarım sistemlerinde kritik bir role sahiptir [1, 2]. Türkiye, mercimek üretiminde dünya genelinde önemli bir konuma sahip olup özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi bu üretimin büyük bölümünü karşılamaktadır [3]. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle tuz stresi, mercimek tarımında verimliliği tehdit eden en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Tuz stresi, toprak çözeltisindeki yüksek iyon konsantrasyonu nedeniyle bitkilerde osmotik stres, iyon toksisitesi ve besin dengesizliklerine yol açarak çimlenme, fide gelişimi ve verim üzerinde ciddi olumsuz etkiler oluşturmaktadır [4, 5].

Tohum priming, tohumların kontrollü koşullar altında belirli bir çözeltide ıslatılarak fizyolojik çimlenme süreçlerinin aktive edildiği, ancak radikulanın henüz dışarı çıkmadığı bir ön uygulamadır [6]. Bu uygulama; çimlenme hızını ve oranını artırarak fide gelişimini olumsuz çevre koşullarına karşı güçlendirmesi bakımından son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmektedir [7]. Melatonin (N-asetil-5-metoksitriptamin), başlangıçta memelilerde pineal bez tarafından salgılanan bir hormon olarak bilinmekle birlikte, bitkilerde de endojen olarak sentezlendiği ve stres toleransı üzerinde önemli düzenleyici işlevlere sahip olduğu gösterilmiştir [8]. Melatoninin bitkilerde antioksidan aktiviteyi artırdığı, reaktif oksijen türlerini (ROS) baskıladığı, fotosentez etkinliğini koruduğu ve kök-sürgün gelişimini teşvik ettiği bildirilmektedir [9, 10]. Dışarıdan uygulanan melatonin, tuz stresi altında çeşitli bitki türlerinde çimlenme oranı ve fide büyümesi üzerinde olumlu etkiler göstermiş olmakla birlikte, bu etkilerin doza bağlı değişkenlik sergilediği de rapor edilmektedir [11, 12].

Mercimek, tuz stresine orta düzeyde duyarlı bir bitki türü olarak sınıflandırılmakta ve özellikle çimlenme ile erken fide döneminde tuz stresine karşı belirgin bir hassasiyet sergilemektedir [13]. Buna karşın, melatonin priming uygulamalarının tuz stresi altındaki kırmızı mercimek tohumlarının çimlenme performansı ve fide gelişimi üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, mevcut çalışma; farklı melatonin konsantrasyonları (50, 100, 150 ve 200 µM) ve hidropriming uygulamalarının iki farklı tuz stresi düzeyinde (100 mM ve 200 mM NaCl) Tigris kırmızı mercimek çeşidinin çimlenme, fide büyümesi ve kuru ağırlık parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla planlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma yerinin özellikleri

Çalışma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Tohumların çimlendirilmesinde standart petri kapları kullanılmış olup her bir petri kabına iki

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kat filtre kağıdı yerleştirilmiştir. Petri kapları, deney süresince ışık geçirgenliği olmayan koşulları sağlamak amacıyla etüv içerisinde karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Etüv sıcaklığı sabit 25 °C olarak ayarlanmış ve deney boyunca bu sıcaklık korunmuştur.

2.2. Deneysel Materyal

Bu çalışmada bitki materyali olarak Tigris kırmızı mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çeşidi kullanılmıştır. Tohum priming uygulamalarında kullanılmak üzere priming materyali olarak saf su (hidropriming) ve farklı konsantrasyonlarda melatonin çözeltileri (50, 100, 150 ve 200 µM) hazırlanmıştır. Tuz stresi oluşturmak amacıyla sodyum klorür (NaCl) kullanılarak 100 mM ve 200 mM konsantrasyonlarında tuz çözeltileri hazırlanmıştır. Yüzey sterilizasyonu için %10'luk sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisi kullanılmıştır.

2.3. Deneysel Planlama, Dizayn ve Hazırlıklar

Çalışma, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tuz konsantrasyonları kontrol (saf su), T1 (100 mM NaCl) ve T2 (200 mM NaCl) olarak ayarlanmıştır. Priming uygulaması ise kontrol (priming uygulanmamış kuru tohum), hidropriming (saf su ile priming), M50 (50 µM melatonin), M100 (100 µM melatonin), M150 (150 µM melatonin) ve M200 (200 µM melatonin) olarak ayarlanmıştır. Her bir petri kabına, yüzey sterilizasyonu uygulanmış 20 adet tohum yerleştirilmiştir. Yüzey sterilizasyonu, tohumların %10'luk NaOCl çözeltisinde 5 dakika süreyle bekletilmesi ve ardından saf su ile yıkanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Deney 10 gün süreyle yürütülmüş; bu süre zarfında filtre kağıtlarının nem düzeyini korumak amacıyla petri kaplarına gerektiğinde uygun miktarda saf su veya ilgili tuz çözeltisi ilave edilmiştir.

2.4. Deneysel Gözlemler

Deney süresince çimlenen tohum sayıları günlük olarak kaydedilmiştir. Bir tohumun çimlenmiş sayılabilmesi için radikula uzunluğunun en az 2 mm olması esas alınmıştır. Denemenin 10. gününde, her petri kabındaki fideler üzerinde sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülmüş, ölçümler milimetre (mm) cinsinden kaydedilmiştir. Fide kuru ağırlığının belirlenmesi amacıyla sürgün ve kök parçaları 68 °C'ye ayarlanmış etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuş ve hassas terazi kullanılarak kuru ağırlıkları g cinsinden tespit edilmiştir.

2.5. İstatistik Analiz

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR

Çimlenme yüzdesi üzerine tuz stresinin ve priming uygulamalarının etkisi istatistiki açıdan $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, tuz × uygulama interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz ($p>0,05$) çıkmıştır. Tuz ortalamaları incelendiğinde, en yüksek çimlenme yüzdesi kontrol grubunda (%90,3) elde edilirken, 100 mM NaCl uygulamasında %77,8'e, 200 mM NaCl uygulamasında ise %40,6'ya gerilediği görülmüştür. Priming uygulamaları açısından en yüksek çimlenme yüzdesi M100 uygulamasında (%77,2) elde edilmiş, bunu istatistiki olarak aynı grupta yer alan M150 (%75,6) ve M50 (%72,8) izlemiştir. En düşük çimlenme yüzdesi ise M200 uygulamasında (%60,6) kaydedilmiş olup bu değer kontrol (%64,4) ve hidropriming (%66,7) uygulamalarından da istatistiki açıdan farklı bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte çimlenme yüzdesi (%) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	90.0	73.3	30.0	64,4 B C
Hidro	90.0	75.0	35.0	66,7 A-C
M50	93.3	80.0	45.0	72,8 A B
M100	98.3	88.3	45.0	77,2 A
M150	93.3	76.7	56.7	75,6 A
M200	76.7	76.7	31.7	60,6 C
Tuz Ort.	90,3 A	77,8 B	40,6 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 200.8**, Uygulama: 6.60**, T×U: 1.46öd				

(**: $p<0.01$, *:$p<0.05$, öd: önemli değil)

Ortalama çimlenme süresi üzerine tuz stresinin etkisi $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken, priming uygulamalarının etkisi istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz × uygulama interaksiyonu ise $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz ortalamaları incelendiğinde, en

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

düşük ortalama çimlenme süresi kontrol grubunda (1,87 gün) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 2,26 güne, 200 mM NaCl uygulamasında ise 2,77 güne yükselmiştir; her üç grup arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. İnteraksiyon incelendiğinde, en kısa ortalama çimlenme süresi M200×T0 kombinasyonunda (1,67 gün) kaydedilirken, en uzun ortalama çimlenme süresi M150×T2 kombinasyonunda (3,11 gün) elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte ortalama çimlenme süresi (gün) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	2,11 c-f	2,37 b-e	2,65 a-c	2.4
Hidro	1,85e f	2,58 a-c	2,78 a b	2.4
M50	1,91 e f	2,38 b-e	2,55 a-d	2.3
M100	1,93 e f	2,09 c-f	2,77 a b	2.3
M150	1,75 f	2,04 c-f	3,11 a	2.3
M200	1,67 f	2,011 c-f	2,79 a b	2.2
Tuz Ort.	1,87 C	2,26 B	2,77 A	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 90.8**, Uygulama: 1.24öd, T×U: 3.19**				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

Çimlenme indeksi üzerine tuz stresi ve priming uygulamalarının etkisi p<0,01 düzeyinde önemli bulunurken, tuz × uygulama interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz ortalamaları bakımından en yüksek çimlenme indeksi kontrol grubunda (10,9) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 7,4'e, 200 mM NaCl uygulamasında ise 3,1'e düşmüştür; gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Priming uygulamaları açısından en yüksek çimlenme indeksi M100 ve M150 uygulamalarında (8,1) elde edilmiş ve bu iki uygulama aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük değer ise kontrol uygulamasında (5,9) kaydedilmiş olup M200 (6,7) ve hidropriming (6,6) uygulamalarıyla birlikte alt grupta yer almıştır (Tablo 3).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Tablo 3. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte çimlenme indeksi üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	8.7	6.6	2.3	5,9 C
Hidro	10.7	6.3	2.7	6,6 B C
M50	11.5	7.1	3.8	7,5 A B
M100	11.6	9.2	3.4	8,1 A
M150	12.6	7.7	4.0	8,1 A
M200	10.5	7.3	2.4	6,7 A-C
Tuz Ort.	10,9 A	7,4 B	3,1 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 258.4**, Uygulama: 6.84**, T×U: 1.272öd				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

Çimlenme uniformitesi üzerine tuz stresi ve priming uygulamalarının etkisi p<0,01 düzeyinde önemli bulunurken, tuz × uygulama interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz ortalamaları incelendiğinde, en yüksek çimlenme uniformitesi kontrol grubunda (48,5) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 34,9'a, 200 mM NaCl uygulamasında ise 14,7'ye gerilemiştir. Priming uygulamaları bakımından en yüksek değerler M150 (36,7) ve M100 (36,6) uygulamalarında elde edilmiş olup bu iki uygulama aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük uniformite değeri ise kontrol uygulamasında (28,3) kaydedilmiş; hidropriming (30,3) ve M200 (30,5) uygulamaları da kontrol ile aynı istatistiki grupta yer almıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte çimlenme uniformitesi üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	42.7	31.1	11.3	28,3 B
Hidro	48.6	29.3	12.7	30,3 B
M50	49.0	33.9	17.6	33,5 A B

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

M100	51.2	42.4	16.2	36,6 A
M150	54.1	37.6	18.3	36,7 A
M200	45.5	34.7	11.4	30,5 B
Tuz Ort.	48,5 A	34,9 B	14,7 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 293.4**, Uygulama: 6.18**, T×U: 0.978öd				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

Sürgün uzunluğu üzerine tuz stresinin etkisi p<0,01 düzeyinde önemli bulunurken, priming uygulamalarının ana etkisi istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz × uygulama interaksiyonu ise p<0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz ortalamaları bakımından en yüksek sürgün uzunluğu kontrol grubunda (3,61 cm) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 2,68 cm'ye, 200 mM NaCl uygulamasında ise 0,56 cm'ye düşmüştür. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde, en yüksek sürgün uzunluğu M150×T0 kombinasyonunda (3,88 cm) kaydedilirken en düşük değer Hidro×T2 kombinasyonunda (0,01 cm) elde edilmiştir. Uygulama ortalamaları açısından ise en yüksek değer M150 uygulamasında (2,62 cm) kaydedilmiş, bunu M100 (2,36 cm) ve M200 (2,35 cm) izlemiştir; en düşük değer ise hidropriming uygulamasında (2,00 cm) elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte fide sürgün uzunluğu (cm) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	3.68	2.41	0.47	2,19 A B
Hidro	3.50	2.50	0.01	2,00 B
M50	3.66	2.33	0.59	2,2 A B
M100	3.45	2.84	0.78	2,36 A B
M150	3.88	3.24	0.73	2,62 A
M200	3.50	2.76	0.77	2,35 A B
Tuz Ort.	3,61 A	2,68 B	0,56 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 407,1**, Uygulama: 3.63öd, T×U: 1.381*				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Kök uzunluğu üzerine tuz stresinin etkisi p<0,01, priming uygulamalarının etkisi ise p<0,05 düzeyinde önemli bulunurken, tuz × uygulama interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz ortalamaları incelendiğinde, en yüksek kök uzunluğu kontrol grubunda (4,73 cm) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 2,96 cm'ye, 200 mM NaCl uygulamasında ise 0,88 cm'ye gerilemiştir. Priming uygulamaları bakımından en yüksek kök uzunluğu M100 uygulamasında (3,11 cm) elde edilmiş olup bu uygulama en yüksek grupta tek başına yer almıştır. En düşük kök uzunluğu ise hidropriming uygulamasında (2,39 cm) kaydedilmiş, bu uygulama kontrol (2,90 cm), M50 (2,84 cm) ve M200 (2,90 cm) uygulamalarından istatistiki açıdan farklı bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte fide kök uzunluğu (cm) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	4.63	3.05	1.01	2,90 A B
Hidro	4.31	2.59	0.27	2,39 B
M50	4.71	2.8	1.02	2,84 A B
M100	4.68	3.42	1.23	3,11 A
M150	5.22	3.12	0.66	3 A B
M200	4.83	2.78	1.08	2,90 A B
Tuz Ort.	4,73 A	2,96 B	0,88 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 315.6**, Uygulama: 2.627*, T×U: 0.836öd				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

Sürgün kuru ağırlığı üzerine yalnızca tuz stresinin etkisi p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuş; priming uygulamalarının etkisi ve tuz × uygulama interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Tuz ortalamaları incelendiğinde, en yüksek sürgün kuru ağırlığı kontrol grubunda (0,0028 g) elde edilmiş, 100 mM NaCl uygulamasında 0,0020 g'a, 200 mM NaCl uygulamasında ise 0,0010 g'a düşmüştür. Priming uygulamaları açısından değerler 0,0015 g (hidropriming) ile 0,0024 g (M150) arasında değişmekle birlikte, bu farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (Tablo 7).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Tablo 7. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte fide sürgün kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	0.0032	0.0016	0.0009	0.0019
Hidro	0.0027	0.0017	0.0010	0.0015
M50	0.0031	0.0019	0.0013	0.0020
M100	0.0025	0.0021	0.0008	0.0018
M150	0.0028	0.0025	0.0020	0.0024
M200	0.0022	0.0020	0.0011	0.0018
Tuz Ort.	0,0028 A	0,002 B	0,001 C	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 26.6**, Uygulama: 1.933öd, T×U: 1.038öd				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

Kök kuru ağırlığı üzerine tuz stresinin, priming uygulamalarının ve tuz × uygulama interaksiyonunun etkileri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Tuz ortalamaları bakımından değerler 0,0019 g (200 mM NaCl) ile 0,0031 g (kontrol) arasında değişirken, priming uygulaması ortalamalarında ise 0,0019 g (M200) ile 0,0037 g (M50) arasında bir dağılım gözlemlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Tuz konsantrasyonları ve tohuma priming uygulamalarının mercimekte fide kök kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

	T0	T1	T2	Uygulama Ort.
Kontrol	0.0032	0.0021	0.0010	0.0021
Hidro	0.0031	0.0029	0.0016	0.0025
M50	0.0028	0.0022	0.0060	0.0037
M100	0.0031	0.0025	0.0013	0.0023

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

M150	0.0031	0.0017	0.0018	0.0022
M200	0.0034	0.0004	0.0019	0.0019
Tuz Ort.	0.0031	0.0023	0.0019	
F değeri/Önem seviyesi: Tuz: 1.461öd, Uygulama: 0.808öd, T×U: 1.0005öd				

(**: p<0.01, *:p<0.05, öd: önemli değil)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen bulgular, artan NaCl konsantrasyonunun mercimek tohumlarının çimlenme performansı ve fide gelişimi üzerinde belirgin biçimde olumsuz etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve çimlenme uniformitesi değerlerinin tuz konsantrasyonu arttıkça istatistiki açıdan önemli düzeyde (p<0,01) azaldığı belirlenmiştir. Benzer bulgular daha önce farklı baklagil türlerinde de rapor edilmiş, tuz stresinin osmotik potansiyeli düşürerek tohumun su alımını kısıtladığı ve çimlenme için gerekli enzimatik süreçleri baskıladığı bildirilmiştir [14, 15]. Nitekim Rasheed ve ark. [16], mercimekte 150 mM NaCl uygulamasının çimlenme oranını kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %50 oranında azalttığını bildirmiş; bu sonuç mevcut çalışmada 200 mM NaCl uygulamasında elde edilen %40,6'lık çimlenme yüzdesiyle uyum içindedir. Ortalama çimlenme süresi üzerindeki tuz etkisi de p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuş, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte çimlenme süresinin uzadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek tuz ortamında tohum metabolizmasının yavaşlaması ve enerji üretiminin sekteye uğramasıyla açıklanabilir [17].

Priming uygulamalarının çimlenme parametreleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, melatonin uygulamalarının özellikle 100 ve 150 µM dozlarında çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve çimlenme uniformitesi üzerinde olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Melatoninin bu olumlu etkisi, tohumda antioksidan savunma sistemini güçlendirmesi, reaktif oksijen türlerini (ROS) baskılaması ve osmotik dengenin korunmasına katkı sağlamasıyla ilişkilendirilmektedir [18, 19]. Wen ve ark. [20], 100 µM melatonin uygulamasının tuz stresi altındaki buğday tohumlarında çimlenme oranını ve fide aktivite indeksini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Posmyk ve Janas [21], melatonin uygulamasının tuz stresi koşullarında kırmızı lahana tohumlarında çimlenme performansını iyileştirdiğini ve membran bütünlüğünü koruduğunu rapor etmiştir. Bununla birlikte, 200 µM gibi yüksek melatonin dozlarının çimlenme parametreleri üzerindeki etkisinin azaldığı hatta bazı parametrelerde kontrolün altına düştüğü görülmüştür. Bu bulgu, melatoninin bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkisinin doza bağlı olduğunu ve aşırı dozların büyümeyi teşvik edici etkiden büyümeyi engelleyici etkiye dönüşebileceğini bildiren çalışmalarla örtüşmektedir [22]. Melatoninin kök gelişimini teşvik edici etkisi, oksin biyosentezi ve polar oksin taşınımı üzerindeki düzenleyici rolüyle

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ilişkilendirilmektedir [24]. Tuz × uygulama interaksiyonunun sürgün uzunluğu üzerinde $p<0,05$ düzeyinde önemli çıkması, melatonin uygulamalarının tuz stresinin şiddetine bağlı olarak farklı tepkiler sergilediğine işaret etmektedir. Nitekim Cui ve ark. [25], melatonin uygulamalarının orta düzey tuz stresinde fide büyümesi üzerinde daha belirgin koruyucu etkiler gösterdiğini, buna karşın yüksek tuz konsantrasyonlarında bu etkinin sınırlı kaldığını bildirmiştir.

Sürgün ve kök kuru ağırlığı üzerinde yalnızca tuz stresinin önemli bir etkiye ($p<0,01$) sahip olduğu, priming uygulamalarının ve interaksiyonun ise istatistiki açıdan önemsiz kaldığı belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığında ise her üç faktörün de önemsiz olduğu görülmüştür. Kuru ağırlık parametrelerinin priming uygulamalarından etkilenmemesi, melatoninin tuz stresi altında fide biyokütlesi birikimine katkısının sınırlı kaldığına işaret etmektedir. Benzer bulgular Dawood ve ark. [26] tarafından da raporlanmış, melatonin uygulamalarının tuz stresi altındaki nohut fidelerinde uzunluk parametrelerini iyileştirdiği, ancak kuru ağırlık üzerindeki etkisinin istatistiki açıdan önemsiz kaldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, tuz stresi altında kuru ağırlığın belirgin biçimde azalması; fotosentez etkinliğinin düşmesi, asimilat taşınımının bozulması ve solunum maliyetlerinin artmasıyla açıklanabilir [27]. Genel bir değerlendirme yapıldığında, 100–150 µM melatonin konsantrasyonlarının tuz stresi altında mercimek tohumlarının çimlenme performansını ve fide gelişimini iyileştirmede en etkili dozlar olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgu, melatoninin uygun dozlarda uygulandığında tuz toleransını artırmaya yönelik bir priming ajanı olarak kullanılabileceğini desteklemekte olup ileri çalışmalarda tarla koşullarındaki etkinliğinin araştırılması önerilmektedir.

Elde edilen sonuçlar, melatonin priminginin tuz stresine karşı fizyolojik bir tampon mekanizması işlevi görebildiğini, ancak bu etkinin doza ve incelenen parametreye göre farklılık sergilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle 100 ve 150 µM melatonin dozlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerinde en uygun dengeyi sağladığı, buna karşın 200 µM dozunun bazı parametrelerde beklenen iyileşmeyi sağlayamadığı görülmüştür. Bu durum, melatonin uygulamalarında optimum doz aralığının belirlenmesinin pratik açıdan büyük önem taşıdığına işaret etmektedir. Kuru ağırlık parametrelerinin priming uygulamalarından etkilenmemesi ise melatonin priminginin çimlenme ve erken fide döneminde belirli sınırlılıklara sahip olduğunu ve bu sınırlılıkların aşılması için farklı uygulama yöntemlerinin ya da kombinasyonlarının araştırılması gerektiğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, melatonin priminginin tuz stresi altında mercimek yetiştiriciliğinde çimlenme güvenilirliğini artırmaya yönelik uygulanabilir bir strateji olarak değerlendirilebileceği, bununla birlikte tarla koşullarındaki etkinliğinin uzun dönemli verim ve bitki performansı parametreleri açısından ileri araştırmalarla desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

[1] Erskine, W., Muehlbauer, F.J. ve Sarker, A., The Lentil: Botany, Production and Uses, CAB International, Wallingford, 2011.

[2] Hamdi, A., Küsmenoglu, I. ve Erskine, W., Red Lentil: Botany, Agronomy and Utilization, Genetic Resources and Crop Evolution, 70, 1–18, 2023.

[3] TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, 2023.

[4] Munns, R. ve Tester, M., Mechanisms of Salinity Tolerance, Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681, 2008.

[5] Läuchli, A. ve Grattan, S.R., Plant Growth and Development under Salinity Stress, Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops, Springer, Dordrecht, 1–32, 2007.

[6] Bradford, K.J., Manipulation of Seed Water Relations via Osmotic Priming to Improve Germination under Stress Conditions, HortScience, 21, 5, 1105–1112, 1986.

[7] Farooq, M., Basra, S.M.A., Hafeez, K. ve Ahmad, N., Seed Priming with Hormones Improves the Emergence and Early Seedling Growth in Coarse Rice, Journal of Agronomy and Crop Science, 191, 1, 56–63, 2009.

[8] Arnao, M.B. ve Hernández-Ruiz, J., Melatonin: Plant Growth Regulator and/or Biostimulator during Stress?, Trends in Plant Science, 19, 12, 789–797, 2014.

[9] Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S. ve Guo, Y.D., Roles of Melatonin in Abiotic Stress Resistance in Plants, Journal of Experimental Botany, 66, 3, 647–656, 2015.

[10] Shi, H., Jiang, C., Ye, T., Tan, D.X., Reiter, R.J., Zhang, H., Liu, R. ve Chan, Z., Comparative Physiological, Metabolomic, and Transcriptomic Analyses Reveal Mechanisms of Improved Abiotic Stress Resistance in Bermudagrass (Cynodon dactylon) by Exogenous Melatonin, Journal of Experimental Botany, 66, 3, 681–694, 2016.

[11] Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., Jia, D., Fu, M. ve Ma, F., The Mitigation Effects of Exogenous Melatonin on Salinity-Induced Stress in Malus hupehensis, Journal of Pineal Research, 53, 3, 298–306, 2012.

[12] Chen, Q., Qi, W.B., Reiter, R.J., Wei, W. ve Wang, B.M., Exogenously Applied Melatonin Stimulates Root Growth and Raises Endogenous Indoleacetic Acid in Roots of Etiolated Seedlings of Brassica juncea, Journal of Plant Physiology, 166, 3, 324–328, 2009.

[13] Idrissi, O., Houasli, C., Udupa, S.M., De Keyser, E., Van Damme, P. ve De Riek, J., Genetic Variability for Root and Shoot Development in Lentil (Lens culinaris Medik.) under Salt Stress and Its Implications for Salinity Tolerance Breeding, Plant Breeding, 135, 3, 311–320, 2016.

[14] Flowers, T.J. ve Colmer, T.D., Salinity Tolerance in Halophytes, New Phytologist, 179, 4, 945–963, 2008.

[15] Siddiqui, M.H., Alamri, S., Al-Whaibi, M.H., Ali, H.M. ve Sakran, A.M., Effect of Sodium Chloride Stress on Germination and Early Seedling Growth of Some Lentil Genotypes, Life Science Journal, 9, 1, 628–633, 2012.

[16] Rasheed, R., Wahid, A., Farooq, M., Hussain, I. ve Basra, S.M.A., Role of Proline and Glycinebetaine in Improving Germination of Salt-Stressed Wheat, International Journal of Agriculture and Biology, 13, 4, 581–585, 2011.

[17] Kaur, S., Gupta, A.K. ve Kaur, N., Seed Priming with Salicylic Acid Improves Germination and Early Seedling Growth of Chickpea under Salt Stress, Journal of Agronomy and Crop Science, 191, 5, 356–362, 2005.

[18] Reiter, R.J., Tan, D.X., Zhou, Z., Cruz, M.H.C., Fuentes-Broto, L. ve Galano, A., Phytomelatonin: Assisting Plants to Survive and Thrive, Molecules, 20, 4, 7396–7437, 2015.

[19] Arnao, M.B. ve Hernández-Ruiz, J., Melatonin as a Chemical Substance or as Plant Hormone, Frontiers in Plant Science, 10, 1729, 2019.

[20] Wen, D., Gong, B., Sun, S., Liu, S., Wang, X., Wei, M., Yang, F., Li, Y. ve Shi, Q., Promoting Roles of Melatonin in Adventitious Root Development of Solanum lycopersicum L. by Regulating Auxin and Nitric Oxide Signalling, Scientific Reports, 6, 33106, 2016.

[21] Posmyk, M.M. ve Janas, K.M., Melatonin in Plants, Acta Physiologiae Plantarum, 31, 1, 1–11, 2009.

[22] Hernández, I.G., Gomez, F.J.V., Cerutti, S., Arana, M.V. ve Silva, M.F., Melatonin in Arabidopsis thaliana Acts as Plant Growth Regulator at Low Concentrations and Preserves Seed Viability at High Concentrations, Plant and Cell Physiology, 56, 8, 1532–1536, 2015.

[23] Parida, A.K. ve Das, A.B., Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review, Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 3, 324–349, 2005.

[24] Chen, Q., Qi, W.B., Reiter, R.J., Wei, W. ve Wang, B.M., Exogenously Applied Melatonin Stimulates Root Growth and Raises Endogenous Indoleacetic Acid in Roots of Etiolated Seedlings of Brassica juncea, Journal of Plant Physiology, 166, 3, 324–328, 2009.

[25] Cui, G., Zhao, X., Liu, S., Sun, F., Zhang, C. ve Xi, Y., Beneficial Effects of Melatonin in Overcoming Drought Stress in Wheat Seedlings, Plant Physiology and Biochemistry, 118, 138–149, 2017.

[26] Dawood, M.G., Taie, H.A.A., Nassar, R.M.A., Abdelhamid, M.T. ve Schmidhalter, U., The Changes Induced in the Physiological and Biochemical Parameters of Maize Plants by the Exogenous Application of Melatonin under Salt Stress, European Journal of Agronomy, 98, 147–155, 2018.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

[27] Munns, R., James, R.A. ve Läuchli, A., Approaches to Increasing the Salt Tolerance of Wheat and Other Cereals, Journal of Experimental Botany, 57, 5, 1025–1043, 2006.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MİKROBİYAL GÜBRE İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ SOLUCAN GÜBRESİNİN FASULYEDE (*PHASEOLUS VULGARIS*) FİDE VE KÖK GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

ceritoglu@siirt.edu.tr - 0000-0002-4138-4579

Fulya Doğru

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt, Türkiye

Fulyadogru30@gmail.com - 0009-0001-2121-0061

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, faydalı bakterilerle zenginleştirilmiş solucan gübresinin kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) erken dönem fide gelişimi ve kök gelişimi üzerine etkilerini belirlemektir. Araştırma, kontrollü iklim odasında iki kuru fasulye çeşidi (Cihan ve Noyanbey) ile beş uygulama [kontrol, vermikompost, vermikompost + TV54A, vermikompost + TV112H ve vermikompost + TV53D] kullanılarak tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sonuçlara göre bitki boyu bakımından en yüksek değer 23,14 cm ile vermikompost + TV54A uygulamasında, en düşük değer ise 17,46 cm ile vermikompost + TV112H uygulamasında belirlenmiş, kontrole göre bitki boyunda %21,2 artış sağlanmıştır. Kök uzunluğu açısından en yüksek ortalama 23,85 cm ile vermikompost + TV112H uygulamasında saptanmış ve bu değer kontrol grubuna göre %22,0 daha yüksek bulunmuştur. Sürgün yaş ağırlığında en iyi sonuç 5,607 g ile vermikompost + TV53D uygulamasında elde edilmiş ve kontrole göre %78,5 artış gerçekleşmiştir. Kök yaş ağırlığında da en yüksek değer 1,768 g ile aynı uygulamada belirlenmiş, artış oranı %77,7 olmuştur. Sürgün kuru ağırlığında en yüksek ortalama 0,1526 g ile yalnız vermikompost uygulamasında elde edilirken, toplam klorofil içeriğinde en yüksek değer %43,3 ile vermikompost + TV112H uygulamasında saptanmıştır. Sonuç olarak, mikrobiyal olarak zenginleştirilmiş vermikompost uygulamaları kuru fasulyede gelişmeyi önemli düzeyde iyileştirmiş; özellikle kök gelişimi ve klorofil artışı için vermikompost + TV112H, biyokütle artışı için ise vermikompost + TV53D uygulaması öne çıkmıştır. Vermikompost ve bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin birlikte kullanımı sinerjistik etki göstererek bitki gelişimi üzerinde daha etkin rol oynamıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki gelişimi, Kuru fasulye, Mikrobiyal gübre, PGPB, Vermikompost

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Orta Amerika ile Güney Amerika fasulyenin gen merkezi olup [1], Güney ve Doğu Afrika, Güney Doğu ve Batı Avrupa, Kuzey, Orta ve Güney Amerika ile Doğu Asya olmak üzere beş bölgede fasulye üretimi yapılmaktadır [2]. Fasulye, yüksek protein içeriği ve lezzetli olması nedeniyle dünyada ve ülkemizde taze, konserve, taze tane ve kuru tane olarak yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Kuru tanelerinde %23-34 protein, %60 karbonhidrat, %5 ham selüloz, %1.7 yağ ve %3.6 kül bulunmaktadır. Özellikle yüksek protein içeriği nedeniyle ülkemizin hayvansal protein açığını kapatabilecek baklagil bitkilerinden birisidir [3]. Ayrıca taneleri potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, kükürt, demir ve mangan mineralleri yönünden, A, B ve D vitaminlerince oldukça zengin bir bitkidir [4].

Kurak ve yarı kurak bölgelerin genel özellikleri düşük yağış, yüksek sıcaklık ve yüksek buharlaşmadır. Bu bölgelerdeki toprak, su eksikliği nedeniyle düşük verimlilik ve kısıtlı doğurganlık gösterir [5]. Ayrıca, toprağın organik madde içeriği, yoğun ekim ve organik gübrenin çok az eklenmesi veya hiç eklenmemesi ile aşırı kimyasal gübre kullanımı nedeniyle tükenmiştir. Toprak organik maddesinin düşük mineralizasyonu, sıcak ve kurak iklim koşulları nedeniyle meydana gelir ve bu toprakların çoğu daha az organik gübreye sahiptir. Bölgemizdeki gibi %1,5'ten daha fazla organik madde içeren topraklarda iyi tarım topraklarının en az %2 organik madde içermesi gerekir. Bölgemizin düşük organik içeriğe sahip kurak ve yoğun killi topraklarının organik madde içeriğinin zaman içinde iyileştirilmesi gerekmektedir. Verimli organik gübrelerin kullanılması mahsul verimini ve toprak kalitesini artırır ve uzun vadede çevreyi korur. Geleneksel organik gübreler temel olarak kompost, sığır ve kümes hayvanı gübresini içerir. Sığır gübresi, toprak kalitesini artırabilen ve bitkisel üretim için besin sağlayabilen mükemmel bir toprak iyileştiricidir [6]. Solucan gübresi de sindirilmiş komposttan oluşan bir toprak iyileştiricisidir. Solucan dökümleri besin maddeleri ve mikrobiyal yaşam açısından çok daha zengindir ve bu nedenle daha yüksek değerli bir ürün olarak kabul edilir [7]. Vermikompost ile toprak kalitesini artırmak da mümkündür [8]. Özellikle organik madde içeriği düşük yarı kurak iklim koşullarında gübreleme uygulamalarından yeterli verim alınamamakta, besin maddelerinin toprakta tutumu ve bitkilerce alımı düşmektedir. Bu nedenle, zengin besinsel içeriği ve yüksek organik maddesi ile solucan gübresi önemli bir rol oynamaktadır. Öte yandan, son yıllarda organik gübrelerin etkinliğini artırmak ve çok yönlü, sürdürülebilir bir materyale dönüştürmek amacıyla mikrobiyel zenginleştirme işlemleri hız kazanmaktadır [9].

Das ve ark. [10], vermikompostun tek başına veya *Trichoderma viride*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus polymixa* ve *Bacillus firmus* konsorsiyumları ile zenginleştirilmesinin azot, fosfor ve potasyum içeriğini artırdığını belirlemiştir. Ayrıca, en iyi kalite vermikompost tüm mikroorganizmaların birlikte muamelesi ile elde edilmiştir. Tensingh ve Muthulaksmi [11], vermikompost ürününü laboratuvar koşullarında *Pseudomonas fluorescens, Azospirillum brasilense* ve *Bacillus megaterium* ile zenginleştirmiştir. Bakteriyel aşılamadan sonra

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

araştırmacılar, zenginleştirilmiş ve normal vermikompostların bamyada bazı çimlenme özellikleri ve fide canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Zenginleştirilmiş vermikompost, normal vermikompost uygulamasına kıyasla daha yüksek tohum çimlenmesi, sürgün ve kök büyümesi, taze biyokütle ve kuru madde birikimine neden olmuştur. Mahanta ve ark. [12] substrat materyalinin ve bitki gelişimini teşvik edici bakteri suşları ile zenginleştirmenin vermikompost bileşimi üzerindeki etkilerini ve bunun pirinç büyümesi ve toprak verimliliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar, *A. chroococcum* ile zenginleştirilmiş vermikompostun pirinçte en yüksek tane verimini, bitki büyümesini, nitrat redüktaz aktivitesini ve yaprak klorofil içeriğini artırdığını belirtmiştir. Ayrıca, *A. chroococcum* ile zenginleştirilmiş vermikompost, hasattan sonra toprağın C, N, P ve K içeriğini diğer mikroorganizmalardan ve kontrolden daha yüksek oranda iyileştirmiştir. Khare ve ark. [13] *Azotobacter chroococcum* ile zenginleştirilmiş vermikompostun *Aegle marmelos* ve *Phyllanthus emblica* bitkilerini teşvik ettiğini bildirmiştir. Rajasekar ve ark. [14], vermikompostlamanın 30. gününde *Rhizobium leguminosarum* ve *Azospirillum brasilense* mikrobiyal ilavesinin vermikompostta yeterli canlı popülasyonu koruduğunu belirtmiştir. Lukashe ve ark. [15] fosfat çözücü özelliğe sahip Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (PGPB)'in vermikompostun fosfat kullanılabilirliğini artırabildiğini ve ayrıca C/N oranını 18'den 11'e düşürebildiğini belirlemiştir. Başka bir deneyde, fosfor çözücü PGPB suşu ile zenginleştirilmiş vermikompost, buğdayda %20-39'a ve domateste %26-53'e kadar fosfor alımına neden olmuş ve düşük fosfor konsantrasyonlu kireçli topraklarda daha fazla bitki büyümesini teşvik etmiştir [16].

Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler, su ve besin maddesi alımını artıran, biyolojik azot fiksasyonu ve fosfat mineralizasyonu ile bitkilere azot ve fosfor kazandıran ve bitki büyümesini teşvik eden bakteri suşları olarak tanımlanabilir. Ayrıca PGPB, çeşitli fitohormonların, vitaminlerin ve büyüme düzenleyicilerinin salgılanması, ACC deaminaz aktivitesi ile etilen sentezinin kısıtlanması, antibiyotik ve fungisidal bileşiklerin salgılanması ile patojen zararının azaltılması gibi mekanizmalar sayesinde strese toleransı artırmaktadır [17]. İdeal PGPB suşu, çevre dostu, rizosferde yüksek kolonizasyon, bitki büyümesini teşvik, geniş bir etki spektrumuna sahip bir sergi, diğer bakterilerle yüksek rekabet, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine toleranslı gibi bazı kriterleri içermelidir [18].

Bu çalışma, farklı PGPB strainleri ile zenginleştirilmiş vermikompost materyalinin sadece vermikompost ve kontrol grupları ile mukayesesini içermektedir. Böylece, PGPB ile zenginleştirilmiş vermikompost ürününün kuru fasulyede erken dönem fide ve kök gelişimi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak olan PGPB strainleri özgün ve orijinal materyallerdir. Daha önce farklı uygulamalarla çeşitli bitki türleri üzerinde gelişim etkileri denenmiş olmasına rağmen vermikompost materyalinin zenginleştirilmesi ile entegre etkisinin incelenmemiş olması çalışmanın özgün yönünü ortaya koymaktadır. Mikroorganizmalar yaşamlarını sürdürmek ve üreyebilmek için azot ve karbon

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kaynaklarına ihtiyaç duyar. Bu çalışmanın hipotezi organik vermikompost ürünü içerisine inoküle edilen PGPB strainlerinin etkinliklerinin artacağı, sade vermikompost veya PGPB uygulamalarına kıyasla daha etkin bir performans sergilemesine dayanmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma yerinin özellikleri

Araştırma Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait tarla bitkileri iklim odasında yürütülmüştür.

2.2. Deneysel Materyal

Araştırmada EGE Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen Noyanbey ve Cihan kuru fasulye çeşitleri kullanılmıştır [19]. Solucan gübresi katı formda olup Ekosol Farm firmasından tedarik edilmiştir [20]. Çalışmada kullanılacak PGPB strainlerine ait tanımlayıcı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılacak bakteriyel strainlerin genel özellikleri

KOD	MIS TANI SONUCU	LOKASYON	KONUKÇU	N	P
TV54A	*Cellulomonas turbata*	Çakırbey Köyü/Van	Buğdaygil	K	-
TV112H	*Stenotrophomonas maltophilia*	Çakırbey Köyü/Van	Buğdaygil	Z	K
TV53D	*Brevibacillus choshinensis*	Çakırbey Köyü/Van	Taraxacum	K	K

(K: Kuvvetli, Z: Zayıf, -: Negatif)

2.3. Deneysel Planlama, Dizayn ve Hazırlıklar

Çalışma yapay olarak ışıklandırılan, kontrollü şartlara sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir. İklim odasının sıcaklığı 16–24 °C olarak ayarlanmıştır. Işıklı:karanlık periyot 16:8 olarak uygulanmıştır. Yapay ışıklandırma neticesinde ortamdaki ışık yoğunluğu 500 µmol m^{-2} s^{-1} olarak ölçülmüştür. Çalışmada 2 litre hacimli saksılar kullanılmış olup, saksılar tarla toprağı:perlit karışımı ile hacimce 4:1 oranında doldurulmuştur. Karışım saksılara yerleştirilmeden önce otoklavda 121 °C sıcaklıkta 20 dakika boyunca steril edilmiştir. Böylece hedef organizmalar dışındaki canlı toprak biotası bertaraf edilmiştir.

Çalışmada kullanılacak PGPB strainleri öncelikle stok kültürlerden metal öze yardımıyla alınarak nutrient agar besi ortamına transfer edilmiştir. Yeterli gelişim sağlandıktan sonra tek koloni alınarak nutrient broth sıvı besi ortamına inoküle edilmiştir. Hazırlanan solüsyonlar ekim

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

öncesinde solucan gübresine muamele edilene kadar 4 °C ayarlı buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Araştırmada 2 kuru fasulye çeşidi ve 5 uygulama (U0: Kontrol, U1: Solucan gübresi, U2: Solucan gübresi + TV54A, U3: Solucan gübresi + TV112H, U4: Solucan gübresi + TV53D) kullanılmıştır. Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim öncesinde her bir saksı toprağına katı solucan gübresi saksı başına 20 g olacak şekilde karıştırılmıştır. PGPB strainleri ile zenginleştirilen solucan gübresi uygulamalarında 20 g materyale 10 ml PGPB solüsyonu eklenmiştir.

Ekimden önce her bir fasulye tohumu %70 etil alkol ile 1 dakika ve ardından %10 sodyum hipoklorit ile 5 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Sonrasında tohumlar distile su ile iyice durulanmıştır. Sterilizasyon sonrasında yüzey suyundan arındırılmak üzere steril filtre kağıtları ile kurutulmuştur. Ekim öncesinde her bir saksı musluk suyu ile %80 tarla kapasitesine ayarlanmıştır. Ertesi gün ekimler 3–4 cm derinliğe yapılmıştır. Her bir saksıya 8 adet tohum ekilmiş ve çıkışlardan sonra 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

Çalışma sonucunda saksılardan çıkarılan bitkiler dikkatli bir şekilde yıkandıktan sonra bitkiler kök ile sürgünün birleşme noktasından kesilmiş ve sürgün ile kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca sürgün uzunluğu metre yardımıyla ölçülmüştür. Ardından sürgün ve kök örnekleri 68 °C sıcaklığa ayarlı etüve yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra sürgün ve kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Deney süresince saksılar eşit oranda musluk suyu ile sulanmıştır. Çalışma seyreltme işleminden itibaren 30. günün sonunda sonlandırılmıştır.

Çalışmanın son gününde bitkilerde SPAD metre yardımıyla yapraktaki toplam klorofil içeriği ölçülmüştür. Ölçüm sırasında bitkilerin en üstünde bulunan üç yapraktan okuma yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Bitkiler dikkatli bir şekilde saksıdan çıkarılmış, topraktan arındırılmış ve yıkanmıştır. Kök boğazından kesilen bitkiler yüzey suyundan arındırıldıktan sonra tartılmış ve kök yaş ağırlığı ile sürgün yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki boyu ve kök uzunluğu metre yardımıyla ölçülmüştür. Kök ve sürgün örnekleri 68 °C sıcaklıktaki etüve yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Ardından kök kuru ağırlıkları ve sürgün kuru ağırlıkları kaydedilmiştir.

2.4. İstatistik Analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler JMP (5.0.1) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur ve ortalamalara ait değerler TUKEY testi ile gruplandırılmıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. BULGULAR

Bitki boyu üzerinde çeşit etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Çeşit ortalamaları dikkate alındığında en yüksek değer Cihan çeşidinde (22,79 cm), en düşük değer Noyanbey çeşidinde (17,34 cm) belirlenmiştir. Uygulamalar arasında da anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0.01$). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek bitki boyu V+TV54A uygulamasında (23,14 cm), en düşük değer ise V+TV112H uygulamasında (17,46 cm) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV54A uygulanan grupta bitki boyu yaklaşık %21,2 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonu da istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Ç×U interaksiyonuna göre, en yüksek bitki boyu V+TV54A uygulanan Cihan çeşidinde (27,03 cm), en düşük bitki boyu ise uygulama yapılmayan (kontrol) Noyanbey (15,78 cm) çeşidinde ölçülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede bitki boyuna etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	22,42 a-d	15,78 d	19,10 AB
Vermikompost	23,33 a-c	17,11 b-d	20,22 AB
V+TV54A	27,03 a	19,25 b-d	23,14 A
V+TV112H	17,25 b-d	17,67 b-d	17,46 B
V+TV53D	23,92 ab	16,89 cd	20,40 AB
Çeşit Ort.	22,79 A	17,34 B	
F değeri/Önem seviyesi: Çeşit:39,77** , Uygulama: 4,64**, Ç×U: 2,97*			

(**: P<0.01, *: P<0.05)

Kök uzunluğu üzerinde çeşit etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Çeşit ortalamaları dikkate alındığında en yüksek değer Cihan çeşidinde (21,91 cm), en düşük değer Noyanbey çeşidinde (16,81 cm) belirlenmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0.05$). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek kök uzunluğu V+TV112H uygulamasında (23,85 cm), en düşük değer ise V+TV54A uygulamasında (15,63 cm) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV112H uygulanan grupta kök uzunluğu yaklaşık %22,0 oranında artış göstermiştir (23,85 cm'ye karşılık 19,57 cm). Ç×U interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Tablo 3).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Tablo 3. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede kök uzunluğuna etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	22,06	17,08	19,57 AB
Vermikompost	21,39	16	18,69 AB
V+TV54A	17,31	13,95	15,63 B
V+TV112H	28,38	19,33	23,85 A
V+TV53D	20,42	17,67	19,04 AB
Çeşit Ort.	21,91 A	16,81 B	

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 14,35**, Uygulama: 3,828*, Ç×U: 0,666öd

(**: P<0.01, *: P<0.05, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

Sürgün yaş ağırlığı üzerinde çeşit etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Çeşit ortalamaları dikkate alındığında sürgün yaş ağırlığı Noyanbey çeşidinde 4,330 g, Cihan çeşidinde 3,910 g olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0.05$). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek sürgün yaş ağırlığı V+TV53D uygulamasında (5,607 g), en düşük değer ise V+TV54A uygulamasında (2,329 g) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV53D uygulanan grupta sürgün yaş ağırlığı yaklaşık %78,5 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş, sürgün yaş ağırlığı 1,793-7,117 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede sürgün yaş ağırlığı etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	3,783	2,499	3,141 AB
Vermikompost	4,300	4,816	4,558 AB
V+TV54A	1,793	2,866	2,329 B
V+TV112H	5,578	4,350	4,964 AB
V+TV53D	4,097	7,117	5,607 A

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çeşit Ort.	3,910	4,330

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 0,438öd, Uygulama: 3,624*, Ç×U: 1,594öd

(*: P<0.05, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

Kök yaş ağırlığı üzerinde çeşit etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Çeşit ortalamaları dikkate alındığında kök yaş ağırlığı Cihan çeşidinde 1,136 g, Noyanbey çeşidinde 1,003 g olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır (p<0.05). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek kök yaş ağırlığı V+TV53D uygulamasında (1,768 g), en düşük değer ise V+TV54A uygulamasında (0,434 g) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV53D uygulanan grupta kök yaş ağırlığı yaklaşık %77,7 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş, kök yaş ağırlığı 0,356–2,191 g arasında değişim göstermiştir. (Tablo 5).

Tablo 5. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede kök yaş ağırlığı etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	1,243	0,748	0,995 AB
Vermikompost	1,525	0,848	1,187 AB
V+TV54A	0,356	0,512	0,434 B
V+TV112H	1,212	0,716	0,964 AB
V+TV53D	1,345	2,191	1,768 A
Çeşit Ort.	1,136	1,003	

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 0,285öd, Uygulama: 2,956*, Ç×U: 1,283öd

(P<0.05, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

Sürgün kuru ağırlığı üzerinde çeşit etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Çeşit ortalamaları dikkate alındığında sürgün kuru ağırlığı Noyanbey çeşidinde 0,0919 g, Cihan çeşidinde 0,0912 g olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır (p<0.01). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek sürgün kuru ağırlığı Vermikompost uygulamasında (0,1526 g), en düşük değer ise V+TV53D uygulamasında (0,0680 g) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, Vermikompost uygulanan grupta sürgün kuru ağırlığı yaklaşık %114,9 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonu da istatistiki açıdan

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

anlamlı bulunmuştur (p<0.01). Ç×U interaksiyonuna göre en yüksek sürgün kuru ağırlığı Vermikompost uygulanan Noyanbey çeşidinde (0,2126 g), en düşük değer ise V+TV54A uygulanan Noyanbey çeşidinde (0,0472 g) ölçülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede sürgün kuru ağırlığı etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	0,0802 b	0,0794 b	0,0798 B
Vermikompost	0,0926 b	0,2126 a	0,1526 A
V+TV54A	0,1246 ab	0,0472 b	0,0859 AB
V+TV112H	0,0741 b	0,0689 b	0,0715 B
V+TV53D	0,0844 b	0,0515 b	0,0680 B
Çeşit Ort.	0,0912	0,0919	

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 0,0027öd, Uygulama: 4,795**, Ç×U: 5,311**

(**: P<0.01, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

Kök kuru ağırlığı üzerinde çeşit etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Çeşit ortalamaları dikkate alındığında kök kuru ağırlığı Cihan çeşidinde 0,3780 g, Noyanbey çeşidinde 0,3545 g olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır (p<0.05). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek kök kuru ağırlığı V+TV112H uygulamasında (0,4769 g), en düşük değer ise V+TV54A uygulamasında (0,2448 g) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV112H uygulanan grupta kök kuru ağırlığı yaklaşık %34,2 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonu istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş, kök kuru ağırlığı 0,2042-0,5190 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede kök kuru ağırlığı etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	0,3506	0,3600	0,3553 AB
Vermikompost	0,3629	0,4332	0,3981 AB

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

V+TV54A	0,2854	0,2042	0,2448 B
V+TV112H	0,5190	0,4349	0,4769 A
V+TV53D	0,3720	0,3402	0,3561 AB
Çeşit Ort.	0,3780	0,3545	

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 0,3523öd, Uygulama: 3,6083*, Ç×U: 0,5416öd

(*: P<0.05, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

Toplam klorofil içeriği üzerinde çeşit etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Çeşit ortalamaları dikkate alındığında en yüksek değer Noyanbey çeşidinde (%40,0), en düşük değer Cihan çeşidinde (%34,2) belirlenmiştir. Uygulamalar arasında da anlamlı farklılık saptanmıştır (p<0.05). Uygulama ortalamalarına göre en yüksek toplam klorofil içeriği V+TV112H uygulamasında (%43,3), en düşük değer ise kontrol bitkilerinde (%29,8) elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, V+TV112H uygulanan grupta toplam klorofil içeriği yaklaşık %45,3 oranında artış göstermiştir. Ç×U interaksiyonuna göre toplam klorofil değeri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş ve %25,7-48,2 aralığında değişmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Farklı PGPB ve vermikompost uygulamalarının kuru fasulyede toplam klorofil içeriğine etkisi

	Cihan	Noyanbey	Uygulama Ort.
Kontrol	25,7	33,9	29,8 B
Vermikompost	35,4	42,4	38,9 AB
V+TV54A	36,0	40,0	38,0 AB
V+TV112H	38,4	48,2	43,3 A
V+TV53D	35,3	35,5	35,4 AB
Çeşit Ort.	34,2 B	40,0 A	

F değeri/Önem seviyesi: Çeşit: 7,482*, Uygulama: 4,294*, Ç×U: 0,629öd

(*: P<0.05, öd: İstatistiki açıdan önemli değil)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada çeşitler arasında gözlenen farklılıklar, kuru fasulyede genotipik varyasyonun erken dönem büyüme performansı üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymuştur. Cihan çeşidinin bitki boyu ve kök uzunluğu bakımından daha yüksek değerlere ulaşması, bu çeşidin genç dönemde daha güçlü ve hızlı büyüme potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık Noyanbey çeşidinde bazı uygulamalarda daha yüksek biyokütle birikimi gözlenmesi, assimilasyon kapasitesi ve kaynak kullanım etkinliğinin farklı olabileceğini göstermektedir. Genotipler arasında kök morfolojisi, sürgün gelişimi ve fotosentetik kapasite bakımından ortaya çıkan bu farklılıklar, daha önce kuru fasulye materyallerinde bildirilen genetik çeşitlilik bulgularıyla uyumludur. Nitekim Beebe ve ark. [22] farklı fasulye genotiplerinin kök sistemi mimarisi ve erken gelişim performansı bakımından belirgin ayrıştığını bildirmiştir. Benzer şekilde Polania ve ark. [23], kuru fasulyede çeşitlere bağlı olarak biyokütle üretimi ve stres toleransının önemli ölçüde değiştiğini vurgulamıştır. Bu nedenle çeşit seçimi, organik ve mikrobiyal girdilere verilecek tepkinin belirlenmesinde temel bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Vermikompost ve PGPB uygulamalarının genel olarak büyüme parametrelerini iyileştirmesi, organik madde katkısı ile biyolojik uyarının birlikte veya ayrı ayrı etkili olabildiğini göstermektedir. Vermikompost uygulamasında sürgün kuru ağırlığının artması, materyalin bitkiye yavaş salınımlı besin sağlaması, su tutma kapasitesini artırması ve rizosfer koşullarını iyileştirmesiyle ilişkilendirilebilir. Edwards ve Arancon [24], vermikompostun fide gelişimi ve bitki beslenmesini olumlu etkilediğini rapor etmiştir. PGPB ile zenginleştirilmiş uygulamalarda özellikle kök uzunluğu ve toplam klorofil içeriğindeki artışlar, bakterilerin fosfor çözünürleştirme, fitohormon üretimi ve kök büyümesini teşvik edici mekanizmalarıyla açıklanabilir. Vessey [25], PGPR bakterilerinin oksin benzeri maddeler, siderofor üretimi ve besin elementi mobilizasyonu yoluyla bitki gelişimini desteklediğini bildirmiştir. Ayrıca Egamberdieva ve ark. [26], *Bacillus* ve benzeri rizobakterilerin baklagillerde klorofil içeriği ile kök gelişimini artırdığını belirtmiştir. Bu çalışmada bazı suşların diğerlerinden daha başarılı olması, bakteri türüne özgü fizyolojik yeteneklerin ve konukçu bitki uyumunun önemini göstermektedir.

Çeşit × uygulama interaksiyonunun önemli bulunması, uygulamaların etkisinin genotipe bağlı olarak değiştiğini açık biçimde göstermektedir. Örneğin bazı uygulamalar Cihan çeşidinde bitki boyunu artırırken, aynı uygulamalar Noyanbey çeşidinde daha sınırlı tepki oluşturmuştur. Benzer şekilde biyokütle artışının belirli kombinasyonlarda daha yüksek olması, her çeşidin rizosfer mikrobiyotasına ve organik materyale farklı fizyolojik yanıt verdiğini düşündürmektedir. Genotip × mikrobiyal uygulama etkileşimleri daha önce baklagillerde de bildirilmiştir. Remans ve ark. [27] farklı fasulye genotiplerinin aynı bakteri inokulantına farklı düzeylerde yanıt verdiğini ortaya koymuştur. Hungria ve ark. [28] ise baklagillerde mikrobiyal aşılamanın başarısının yalnızca bakteri suşuna değil, aynı zamanda bitki genotipine de bağlı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

olduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle ticari ölçekte geliştirilecek biyogübre stratejilerinde çeşit bazlı öneriler geliştirilmesi daha rasyonel görünmektedir.

Araştırma sonuçları, sürdürülebilir fasulye yetiştiriciliğinde organik ve mikrobiyal girdilerin yalnızca kimyasal gübrelere alternatif değil, aynı zamanda çeşit bazlı yönetim stratejilerinin bir parçası olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Özellikle uygun çeşit–uygulama kombinasyonlarının belirlenmesiyle erken dönem çıkış gücü, kök gelişimi ve fide kalitesi artırılabilir. Bu yaklaşım, kurak ve organik maddece fakir topraklarda üretim riskini azaltabilecek pratik bir seçenek sunmaktadır. Gelecekte tarla koşullarında uzun dönemli denemelerle bu biyolojik girdilerin verim, kalite ve toprak sağlığı üzerine etkilerinin doğrulanması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 2209-a programı tarafından 1919B012404147 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Kwak, M. ve Gepts, P., Structure of Genetic Diversity in the Two Major Gene Pools of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae), Theoretical and Applied Genetics, 118, 979-992, 2009.

[2] Demircan, Ş., Yüksek Tane Verimli Kuru Fasulye Hatlarının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2018.

[3] Abacı, E. ve Kaya, M., Farklı Termal Suların Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Çimlenme ve Bazı Fide Gelişim Özelliklerine Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13, 2, 1-6, 2018.

[4] Pekşen, E. ve Artık, C., Anti Besinsel Maddeler ve Yemeklik Tane Baklagillerin Besleyici Değerleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20, 2, 110-120, 2005.

[5] Klemmedson, J.O., Soil Organic Matter in Arid and Semiarid Ecosystems: Sources, Accumulation, and Distribution, Arid Land Research and Management, 3, 2, 99-114, 1989.

[6] Elmi, A., Jiao, Y., Benslim, H., Mawof, A., Prasher, S.O. ve Whalen, J.K., Fertilizing with Composted Cattle Manure to Meet Agro-Environmental Targets in Continuous Corn and Corn-Soybean Agroecosystems in Southern Quebec, Canadian Journal of Soil Science, 101, 3, 480-493, 2021.

[7] Adhikary, S., Vermicompost, the Story of Organic Gold: A Review, Agricultural Science Review, 3, 7, 905-917, 2012.

[8] Maková, J., Javoreková, S., Elbl, J., Medo, J., Hricáková, N. ve Kovacik, P., Impact of Vermicompost on Biological Indicators of the Quality of Soil under Maize in a Greenhouse Experiment, Journal of Elementology, 24, 1, 319-330, 2019.

[9] Ceritoğlu, M. ve Erman, M., Enrichment of Vermicompost by Plant Growth Promoting Bacteria, Research & Reviews in Agriculture, Foresty and Aquaculture, Gece Publishing, Ankara, 2022.

[10] Das, D., Bhattacharyya, P., Ghosh, B.C. ve Banik, P., Bioconversion and Bio-Dynamics of Eisenia Foetida in Different Organic Wastes through Microbially Enriched Vermiconversion Technologies, Ecological Engineering, 86, 154-161, 2016.

[11] Tensingh, B.N. ve Muthulakshmi, P., Effect of Microbially Enriched Vermicompost on the Growth and Biochemical Characteristics of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), Advances in Plants & Agriculture Research, 6, 5, 00228, 2017.

[12] Mahanta, K., Jha, D.K., Rajkhowa, D.J. ve Kumar, M., Microbial Enrichment of Vermicompost Prepared from Different Plant Biomasses and Their Effect on Rice (*Oryza sativa* L.) Growth and Soil Fertility, Biological Agriculture and Horticulture, 28, 4, 241-250, 2012.

[13] Khare, N., Pathak, D.V. ve Kumar, M., Microbially Enriched Vermicompost Affecting Seedling and Plant Growth in Aonla and Bael, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7, 4, 2664-2672, 2018.

[14] Rajasekar, K., Daniel, T. ve Karmegam, N., Microbial Enrichment of Vermicompost, ISRN Soil Science, 2012, 946079, 2012.

[15] Lukashe, N.S., Mupambwa, H.A., Green, E. ve Mnkeni, P.N., Inoculation of Fly Ash Amended Vermicompost with Phosphate Solubilizing Bacteria (*Pseudomonas fluorescens*) and Its Influence on Vermi-Degradation, Nutrient Release and Biological Activity, Waste Management, 83, 14-22, 2019.

[16] Parastesh, F., Alikhani, H.A. ve Etesami, H., Vermicompost Enriched with Phosphate-Solubilizing Bacteria Provides Plant with Enough Phosphorus in a Sequential Cropping under Calcareous Soil Conditions, Journal of Cleaner Production, 221, 27-37, 2019.

[17] Glick, B.R., Beneficial Plant-Bacterial Interactions, Springer Nature Switzerland, Cham, 2020.

[18] Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S. ve El Enshasy, H., Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Green Bioinoculants: Recent Developments, Constraints, and Prospects, Sustainability, 13, 3, 1140, 2021.

[19] TAGEM, Noyanbey ve Cihan kuru fasulye çeşitlerine ait tescil özellikleri, https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=69

(Erişim tarihi: 11.09.2025).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

[20] Ekosol Farm, Katı solucan gübresine ait özellikler, https://www.ekosol.net/

(Erişim tarihi: 25.05.2025).

[21] Ceritoğlu, M., Ceritoğlu, F., Erman, M. ve Bektaş, H., Root system variation of pulse crops at early vegetative stage, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 48, 4, 2182-2197, 2020.

[22] Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W. ve Acosta-Gallegos, J.A., Phenotyping Common Beans for Adaptation to Drought, Frontiers in Physiology, 4, 35, 2013.

[23] Polania, J., Rao, I.M., Cajiao, C., Grajales, M. ve Beebe, S., Shoot and Root Traits Contribute to Drought Resistance in Recombinant Inbred Lines of MD 23-24 × SEA 5 of Common Bean, Frontiers in Plant Science, 8, 296, 2016.

[24] Edwards, C.A. ve Arancon, N.Q., The Use of Earthworms in the Breakdown and Management of Organic Wastes, Earthworm Ecology, CRC Press, Boca Raton, 345-379, 2004.

[25] Vessey, J.K., Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers, Plant and Soil, 255, 571-586, 2003.

[26] Egamberdieva, D., Wirth, S., Jabborova, D., Räsänen, L.A. ve Liao, H., Coordination between *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas* Alleviates Salt Stress in Soybean through Altering Root System Architecture, Journal of Plant Interactions, 12, 1, 100-107, 2017.

[27] Remans, R., Ramaekers, L., Schelkens, S., Hernandez, G., Garcia, A., Reyes, J.L. ve Vanderleyden, J., Effect of *Rhizobium–Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba, Plant and Soil,312, 25-37, 2008.

[28] Hungria, M., Nogueira, M.A. ve Araujo, R.S., Soybean Seed Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A New Biotechnological Tool to Improve Yield and Sustainability, American Journal of Plant Sciences, 6, 811-817, 2015.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FARKLI VERİ SETLERİNDE K-KATLI ÇAPRAZ DOĞRULAMA DEĞERLERİNİN ENSEMBLE ALGORİTMALAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr.Öğr.üyesi Figen CERİTOĞLU

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

figenyildiz@siirt.edu.tr - http://orcid.org/0000-0003-4016-0394

Prof.Dr.Nazire MİKAİL

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

naziremikail@siirt.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-8996-9330

ÖZET

Makine öğrenmesinde model performansının doğru şekilde değerlendirilebilmesi tek başına yeterli değildir. Modellerin farklı verisetlerinde benzer performans göstermesi önemlidir. Model performansını değerlendirmek için en uygun doğrulama yönteminin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada model performansını değerlendirmede yaygın olarak kullanılan k katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmaktadır. Çapraz doğrulama yöntemindeki k değerinin seçimi modelin doğruluğu ve genelleme performansını etkilemektedir. Bu çalışmada altı farklı k değerinin model performansının kararlılığını incelenmektedir. Bunun için Random Forest ve XGBoost algoritmalarının açık erişimli İris ve Wine verisetleri üzerindeki performansları ele alınmaktadır. Yöntemlerin performansları accuracy ve F1 skoru metrikleri ile karşılaştırılmaktadır. Elde edilen bulgular, farklı veri seti ve k değerine göre model performansının değişebileceğini göstermektedir. Bu yüzden farklı veri setlerinde uygun k değerinin seçilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Çapraz Doğrulama, K-Fold Çapraz Doğrulama, Random Forest, XGBoost, Iris ve Wine Veri Seti.

1. GİRİŞ

Makine öğrenmesi, verileri analiz ederek örüntüler elde eder ve bu örüntülerden model tahmini yapan yapay zekanın alt dalıdır. İstatistikte model tahminleme, öngörü sağlamada, doğru karar vermede çok önemli bir konudur. Bu anlamda daha verimli model oluşturma, karar verme olanakları sağlayan makine öğrenmesi modelleri sağlık, tarım, finans gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Georga ve ark., 2013, Sudharsan ve ark., 2015). Makine öğrenmesi modeli oluşturmanın en önemli adımı modellerin güvenilir ve genellenebilir olmasını sağlamaktır. Bu anlamda doğrulama süreçleri ile model performansları değerlendirilmektedir. Doğrulama süreci, modellerin ele alınan veri üzerinde ne kadar iyi bir genelleme yapacağını tayin edilmesine

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

yardımcı olarak modelin performansını ele almaktadır. Modelin performansını artırmak amacıyla bootstrap, jackknife ve çapraz doğrulama gibi farklı doğrulama süreçleri bulunmaktadır. Doğrulama süreçleri aynı zamanda makine öğrenmesi modellerinde yetersiz uyum, aşırı uyum, hiperparametrelerin optimizasyonu, bias ve yüksek varyans gibi sorunların belirlenmesine katkı sağlamaktadır (Jiang ve Simon, 2007; Lumumba ve ark. 2024). Bu anlamda makine öğrenmesi modellerinin etkinliği ve güvenilirliği için en uygun doğrulama sürecinin seçilmesi gerekmektedir.

Çapraz doğrulama süreci, tam kapsamlı ve tam kapsamlı olmayan olarak iki gruba ayrılmaktadır. Leave-p-out çapraz doğrulama, Leave-One-Out çapraz doğrulama tam kapsamlı, K-Fold çapraz doğrulama, holdout yöntemi tam kapsamlı olmayan yöntemlerdir. Tam kapsamlı olmayan yöntemlerden k-fold çapraz doğrulama yöntemi algoritmaların başarı oranını değerlendirmede kolay ve etkili olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak tek sorunu uygun k değerinin seçilmesidir. Bu sorunu gidermek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Abedin ve ark. (2026), dört farklı sınıflandırma algoritması (k-En yakın komşu-KNN, Destek vektör makineleri-SVM, Lojistik regresyon- LR, Karar ağacı-DT) üzerinde 3-20 arasında değişen k değerlerini incelemiştir. Sabit k değerlerinin her durumda uygun bir seçenek olmadığını belirtmişlerdir. Lumumba ve ark. (2024), SVM, KNN, Random Forest, Bagging algoritmaları üzerinde farklı çapraz doğrulama yöntemlerinin performansını değerlendirmiştir. Marcot ve Hanea (2021), k-fold çapraz doğrulamada k değerinin sonuçları nasıl etkilediğini Bayes ağları üzerinde incelemiştir. Bu amaçla 7 farklı k değerini ele almıştır. Büyük veri setlerinde k=5 uygun olurken küçük veri setlerinde k=10 değerini uygun olacağını bildirmişlerdir. Karal (2020), SVM algoritmasında farklı kernel fonksiyonlarının farklı k değerlerine karşı gösterdiği performansları incelemiştir. Herbir Kernel fonksiyonunun başarısı farklı k değerine göre değişkenlik göstermiştir. Nti ve ark. (2021), farklı makine öğrenmesi modelleri üzerinde çapraz doğrulama performansını incelemişlerdir. Altı farklı (3,5,7,10,15 ve 20) k değeri kullanmışlardır. Lojistik regresyon k değerinin değişmesinden çok fazla etkilenmemiştir. Karar ağacı algoritması en iyi doğruluğu k=7 iken vermiştir. Farklı algoritmalar için uygun k değeri de değişmekte olduğunu göstermişlerdir.

Literatürde yer alan çalışmalar, çapraz doğrulamada kullanılan k değerinin algoritmaların performansını etkileyebildiğini göstermektedir. Bu çalışmada, Iris ve Wine veri seti temel alınarak farklı k değerlerinin Random Forest ve XGBoost algoritmalarının sınıflandırma performansına etkisi accuracy ve F1-score ölçütleri kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Bu çalışmada R programlama dili içerisinde yer alan açık erişimli Iris ve Wine veri seti kullanılmıştır. Iris veri seti, üç farklı çiçek türüne ait petal width (taç yaprak genişliği), sepal width (çanak yaprak genişliği), petal length (taç yaprak uzunluğu) ve sepal length (çanak yaprak uzunluğu) bağımsız değişkenlerini içermektedir. Toplamda her bir çiçek türü 50 adet gözlemden oluşmakta olup toplam 150 adet gözlem bulunmaktadır. Wine veri seti ise 3 farklı üzüm çeşidine ait alkol, malik asit, kül, külün alkaliliği, magnezyum, toplam fenoller, flavonoidler, flavonoid olmayan fenoller, proantosiyanidinler, renk yoğunluğu, ton, OD280/OD315 ve prolin bağımsız değişkenlerini içermektedir. Toplamda 178 adet gözlem

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

bulunmakta ve her bir çeşit 59, 71, 48 gözlemden oluşmaktadır. Sınıflandırma problemlerine uygunluğu nedeniyle bu veri setleri tercih edilmiştir. Her iki veri setinden, Random Forest ve XGBoost algoritmaları kullanılarak sınıflandırma modelleri oluşturulmuştur. Random Forest algoritması değişken ölçek farklılıklarından etkilenmemektedir. Ancak XGBoost algoritması ölçek değişiminden etkilenmektedir. Bu nedenle XGBoost algoritması için değişkenler [0, 1] aralığına dönüştürülerek değerlendirilmiştir.

2.2. Metot

Random Forest

Leo Breiman (2001) tarafından geliştirilen Random Forest algoritması makine öğreniminde yaygın ve etkili algoritmalardan biridir. Tek karar ağacı modelleri genelde küçük veri değişikliğinde farklı sonuç verir ve kararsız olabilir. Tek bir model yerine birden fazla karar ağacının oluşturduğu modeli bir araya getirerek daha kararlı ve genellenebilir bir model oluşturur. Her ağaç için orijinal veriden bootstrap (tekrarlı) örneklemesiyle seçilen farklı bir eğitim alt kümesi alınır. Değişken seçiminde her düğümde rastgele değişken alt kümeleri seçilerek ağaçlar arasındaki korelasyon azaltılır ve aşırı uyum riski önlenir. Bu çalışmada Random Forest modeli randomForest paketi kullanılarak oluşturulmuştur.

XGBoost

XGBoost (Extreme Gradient Boosting), Chen ve Guestrin (2016) tarafından geliştirilen karar ağaçlarına dayalı, ölçeklenebilir, paralel çalışabilen gradient boosting yaklaşımına dayalı bir algoritmadır. XGBoost algoritması her iterasyonda bir önceki modelin hatalarını düzeltme mantığı ile ilerler ve tek seferde modeli oluşturmaz. Her yeni bir ağaç bir önceki modelin hatalarının düzeltilmiş halidir. Bu şekilde iterasyonlar ilerledikçe modelin doğru tahmin üretme durumu genellikle artmaktadır. Diğer gradient boosting yöntemlerinden farklı olarak kayıp fonksiyona eklenen düzenlileştirme (Regularization) özelliği ile aşırı uyum riskini azaltmaktadır (Friedman, 2001). Bu çalışmada XGBoost modeli xgboost paketi aracılığıyla oluşturulmuştur.

Performans Metriklerinin Açıklanması

Makine öğreniminde model performanslarının değerlendirilmesinde performans ölçütleri kullanılmaktadır. Performans ölçütlerini tek başına kullanmak bazen yeterli olmayabilir. Bu yüzden başka bir ölçütle birlikte değerlendirmek dengesiz veri setlerinde daha iyi olabilir. Bu çalışmada accuracy (doğruluk) ve F1-score (skoru) ölçütleri kullanılmıştır. Accuracy, sınıflandırılan toplam gözlem sayısı içerisindeki doğru sınıflandırılan gözlemlerin başarı oranını ifade eder. Eşitlik (1) ile hesaplanır:

$$\text{Accuracy} = ((TP + TN))/((TP + TN + FP + FN)) \text{ x}100 \quad (1)$$

TP: Doğru pozitif sınıflama sayısı, TN: Doğru negatif sınıflama sayısı, FP: Yanlış pozitif sınıflama sayısı ve FN: Yanlış negatif sınıflama sayısını ifade eder.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

F1-score ise precision (kesinlik) ve recall (duyarlılık) terimlerinin harmonik ortalamasıdır. Kesinlik pozitif tahmin değeridir. Yani, pozitif sınıflamadaki doğru sınıflama oranına denir. Eşitlik (2) ile hesaplanmaktadır:

$$F1 = 2x \text{ (Precision x Recall)/(Precision+Recall)} \quad (2)$$

Çok sınıflı sınıflandırma problemlerinde F1-score, bu yöntemde her sınıf için ayrı F1-score hesaplanmakta ve sonuçların aritmetik ortalaması alınmaktadır. Iris veri seti dengeli bir yapıya sahip olduğundan accuracy ve F1-score değerlerinin birbirine yakın seyretmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada k değerleri olarak 3, 5, 7, 10, 15 ve 20 belirlenmiştir. Literatürde en yaygın kullanılan k değerleri 5 ve 10 olmakla birlikte (Marcot ve Hanea, 2021), farklı k değerlerinin model performansına etkisini kapsamlı biçimde incelemek amacıyla hem düşük (k=3) hem orta (k=5, 7, 10) hem de yüksek (k=15, 20) değerler dahil edilmiştir. Düşük k değerlerinde eğitim verisi miktarı azalmakta ve bias artmaktadır. Yüksek k değerlerinde ise her fold'daki test seti küçülmekte, hesaplama maliyeti artmakta ve varyans yükselebilmektedir (Abedin ve ark., 2026).

k-Fold cross-validation

K-fold çapraz doğrulama yöntemi'nde veri seti ilk olarak k adet alt gruba ayrılmaktadır. Her bir iterasyonda bir grup test veri seti olarak kullanılırken diğer gruplardaki veri setleri eğitim veri seti olarak kullanılmaktadır. Her grup bir kez eğitim veri seti olarak kullanılıncaya kadar döngü k kez tekrar etmektedir.

Görsel 1'de k-fold çapraz doğrulamanın çalışma prensibi gösterilmektedir. Burada k değeri belirlendikten sonra test veri seti dışındaki parçalar kullanılan sınıflandırıcı tarafından model eğitilir. Test veri seti üzerinde sınıflandırıcının model performansı değerlendirilir.

	Fold 1	Fold 2	Fold 3	Fold 4	Fold 5
İter. 1	Test	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Eğitim
İter. 2	Eğitim	Test	Eğitim	Eğitim	Eğitim
İter. 3	Eğitim	Eğitim	Test	Eğitim	Eğitim
İter. 4	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Test	Eğitim
İter. 5	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Test

Test seti Eğitim seti

Görsel 1. K-fold Cross-Validation

K-fold cross-validation yönteminde iki temel problem mevcuttur. Bunlar aşırı uyum (overfitting), modelin veri setindeki gürültüyü öğrenerek aşırı karmaşık hale gelmesi, ve yetersiz uyum (underfitting), modelin veri yapısını öğrenememesi durumudur. Aşırı uyum, veri setinin modelin fazla karmaşık hale gelerek gürültüyü öğrenmesi durumudur. Bu durumda model, eğitim veri setinde yüksek başarı gösterirken test veri setinde düşük başarı gösterir Yetersiz uyum ise modelin gerçek ilişkileri, örüntüleri yakalayamamasıdır. Bu nedenle makine öğrenmesi yapılırken uygun k değerinin seçilmesi çok önemlidir (Abedin ve ark., 2026).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuçların tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla analizlerde set.seed(123) komutuyla sabit rastgele tohum değeri belirlenmiştir. Her k değeri için modeller sıfırdan yeniden eğitilmiştir. Analizler R 4.5.2 sürümünde caret (Kuhn, 2008), randomForest (Breiman, 2001), xgboost (Chen ve Guestrin, 2016), ggplot2 (Wickham, 2016), tidyr ve dplyr (Wickham ve ark., 2023) paketleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (R Core Team, 2025).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1'de iki algoritmanın farklı veri seti ve k değerlerine göre Accuracy ve F1-score değerleri gösterilmektedir.

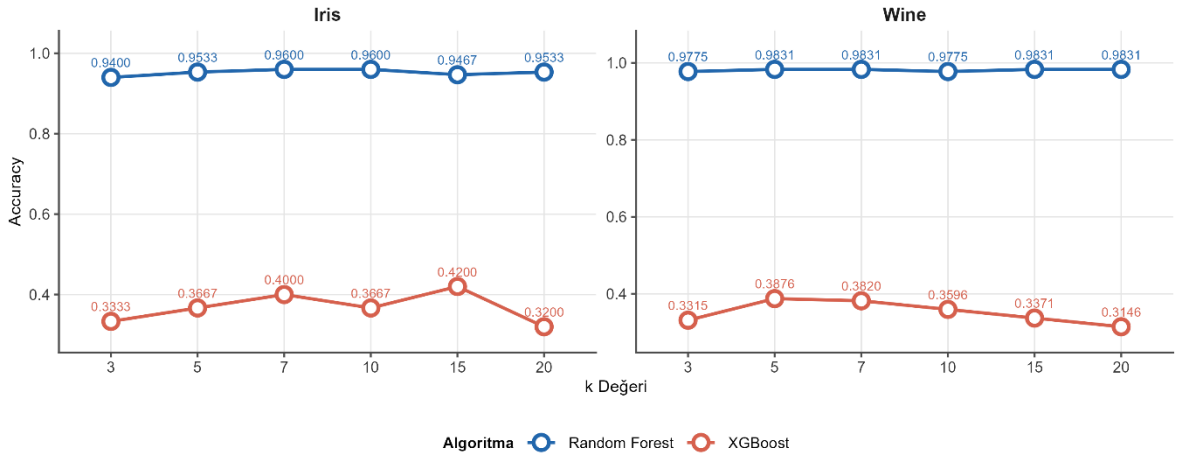
Çizelge 1. Farklı k değerlerine göre Random Forest ve XGBoost algoritmalarının Iris ve Wine veri setlerindeki performans karşılaştırması

Model	**İris**			**Wine Veri Seti**	
	k	**Accuracy**	**F1-Score**	**Accuracy**	**F1-Score**
Random Forest	3	0.9400	0.9399	0.9775	0.9780
	5	0.9533	0.9533	**0.9831**	**0.9832**
	7	**0.9600**	**0.9600**	**0.9831**	**0.9832**
	10	**0.9600**	**0.9600**	0.9775	0.9780
	15	0.9467	0.9466	**0.9831**	**0.9832**
	20	0.9533	0.9533	**0.9831**	**0.9832**
XGBoost	3	0.3333	0.3333	0.3315	0.3311
	5	0.3667	0.3663	**0.3876**	**0.3893**
	7	0.4000	0.3990	0.3820	0.3821
	10	0.3667	0.3620	0.3596	0.3590
	15	**0.4200**	**0.4200**	0.3371	0.3310
	20	0.3200	0.3210	0.3146	0.3150

Random Forest algoritması İris veri setinde en yüksek accuracy ve F1-skor değerine k=7 ve k=10 iken elde edilmiştir. k=15 ve 20 değerlerinde performansta hafif bir düşüş yaşanmıştır. En düşük performansı k=3 iken elde edilmiştir. Wine veri setinde k=5,7,15 ve 20 değerlerinde en yüksek accuracy ve F1-skor değerine sahip olduğu gözlenmiştir. En düşük ise k=3,10 değerlerinde elde edilmiştir. Wine veri seti Random Forest algoritması için İris veri setine kıyasla daha yüksek bir performans göstermiştir.

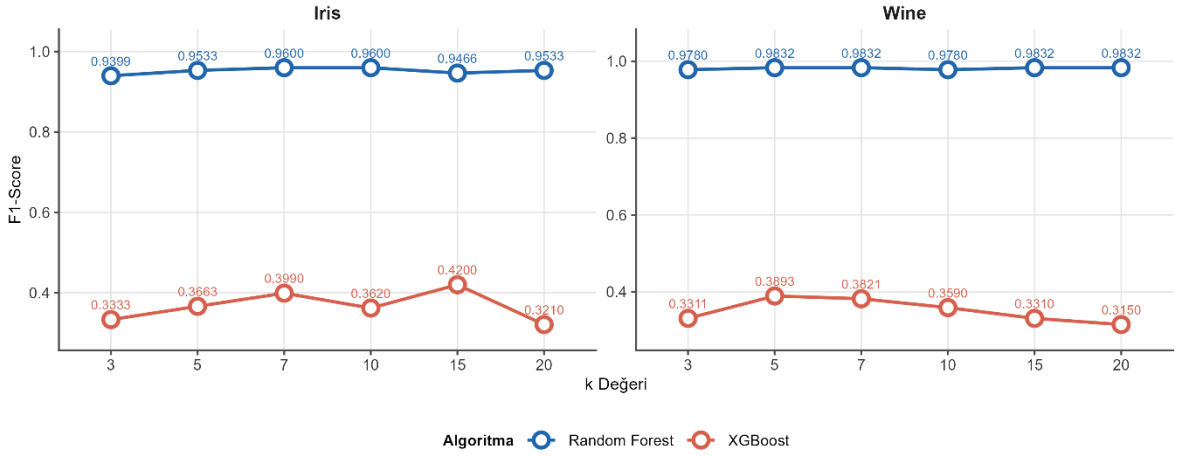
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

XGBoost algoritması ise İris veri setinde accuracy ve F1-skor değerleri k=7'ye doğru artmış ancak Random Forest algoritmasına göre oldukça düşük performans sergilemiştir. Wine veri setinde de İris veri setinde olduğu gibi düşük performans göstermiştir. XGBoost algoritması en yüksek performansını İris veri setinde k=15 iken alırken Wine veri setinde k=5 değerinde almıştır.



Görsel 2. Random Forest ve XGBoost algoritmalarının farklı k-fold cross-validation (k = 3, 5, 7, 10, 15, 20) değerleri için Iris ve Wine veri setlerindeki accuracy (doğruluk) karşılaştırması.

Görsel 2 incelendiğinde, Random Forest algoritmasının farklı k değerleri için her iki veri setinde de performansı %94 ile %98 arasında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. XGBoost algoritması ise en yüksek %42 accuracy değerine sahip olduğu görülmektedir. Random Forest algoritmasına göre oldukça düşük performans göstermektedir. İris veri setinde farklı k değerlerinde dengeli bir performans sergilememektedir. Wine veri setinde ise k değeri arttıkça performansın giderek düştüğü gözlemlenmektedir.

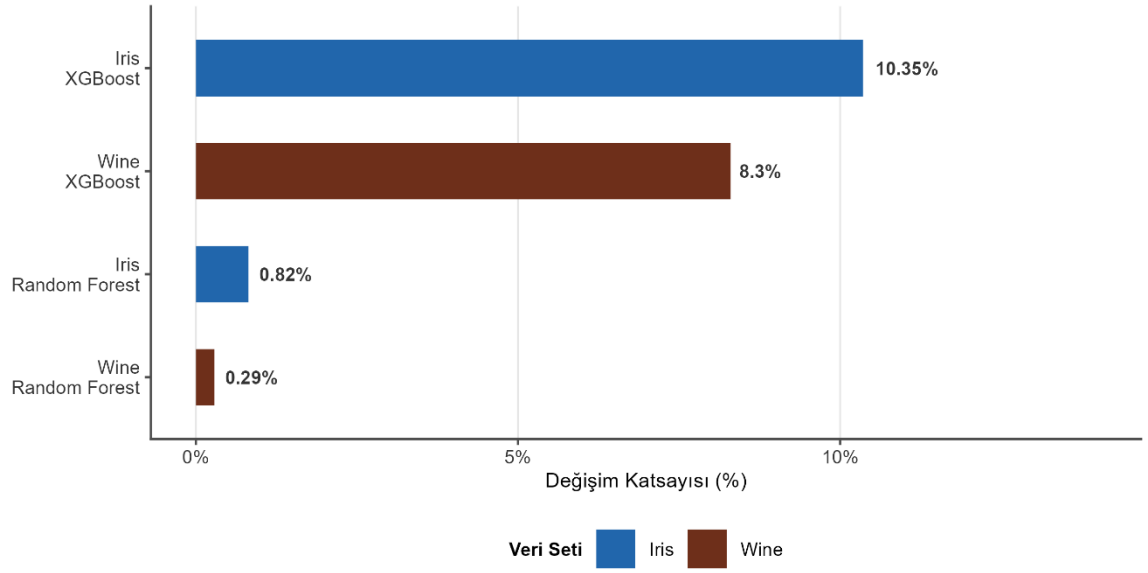


Görsel 3. Random Forest ve XGBoost algoritmalarının farklı k-fold cross-validation değerleri (k = 3, 5, 7, 10, 15, 20) için Iris ve Wine veri setlerindeki F1-Score performans karşılaştırması.

Görsel 3 incelendiğinde, Random Forest ve XGBoost algoritmalarının farklı k değerleri için F1-Score değerleri accuracy değerlerine benzer seyretmektedir. Her iki algoritmanın

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

performansı sadece doğruluk bakımından değil hassasiyet ve duyarlılık ölçüsü olan F1-Score açısından da teyit edilmiştir. İki performans ölçütü arasında çok küçük farklılıklar bulunmaktadır.



Görsel 4. Random Forest ve XGBoost algoritmalarının Iris ve Wine veri setlerinde farklı k-fold cross-validation değerleri boyunca sergilediği Accuracy değişim katsayısı (%) karşılaştırması.

Görsel 4, algoritmaların accuracy değerlerine ait değişim katsayısını göstermektedir. Farklı k değerlerinde algoritmaların veri setlerinde gösterdiği accuracy performans ölçütüne ait değişim katsayısı ne kadar düşükse model o kadar kararlı ve güvenilir olmaktadır. En düşük performans Random Forest algoritmasına ait olduğu görülmektedir. En yüksek accuracy performans ölçütüne ait değişim katsayısının ise XGboost algoritmasının İris veri setinde elde edilmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Iris ve Wine veri seti üzerinde Random Forest ve XGBoost algoritmaları kullanılarak farklı k değerlerinin (3, 5, 7, 10, 15 ve 20) sınıflandırma performansına etkisi accuracy ve F1-score ölçütleri kapsamında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Elde edilen bulgular, k değerinin model performansını doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Random Forest algoritmasında k=7 ve k=10 değerleri en yüksek performansı sağlamış, bu durum literatürdeki k=5 ile k=10 arasının genel öneriyle uyumluluk göstermiştir (Marcot ve Hanea, 2021; Nti ve ark., 2021). Bununla birlikte çok düşük (k=3) ve çok yüksek (k=20) k değerlerinin performansı olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu bulgu, Abedin ve ark. (2026)' nın sabit k değerinin her durum için uygun olmayabileceği yönündeki tespitini desteklemektedir.

Buna karşın XGBoost algoritması tüm k değerlerinde yetersiz sınıflandırma performansı sergilemiştir. XGBoost, Random Forest algoritmasına kıyasla hiperparametre ayarlamasına karşı daha hassastır. Bu nedenle küçük ve dengeli veri setlerinde algoritmanın doğru bir şekilde yapılandırılamaması model performansını etkilemektedir. Nitekim Karal (2020) da farklı algoritmaların aynı k değerlerine farklı duyarlılık gösterdiğini vurgulamıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

İki veri setinde algoritmaların karşılaştırması sonucu Random Forest algoritması, XGBoost algoritmasına göre daha yüksek performans göstermiştir. Wine veri seti, İris veri setine göre daha büyük olmasına karşın XGBoost algoritması benzer sonucu vermişi dikkat çekicidir. Dolayısıyla bu durum veri setinin büyüklüğüyle alakalı olmadığı, algoritmanın genel yapısıyla ilişkili olduğu sonucunu gösterir. Algoritmanın varsayılan hiperparametre optimizasyonunun yetersiz kaldığını gösterir.

Sonuç olarak, uygun k değerinin seçimi yalnızca veri seti büyüklüğüne değil, algoritmanın gerekli hiperparametre optimizasyonuna da bağlı olabilmektedir. XGBoost algoritması farklı k değerlerinde gerekli hiperparametre ayarlaması yapıldıktan sonra yeniden incelenerek daha genellenebilir çıkarımlar yapılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca XGBoost algoritmasında amaç fonksiyonunun açıkça tanımlanması gerekmektedir. Aksi takdirde amaç fonksiyonunun varsayılan olarak kalması sınıf değişkeninin doğru kodlanmaması sınıflandırma hatalarına neden olabilir. Gelecek çalışmalarda amaç fonksiyonunun tanımlanması, hiperparametre ayarlarının farklı veri seti büyüklüklerinde farklı k değerlerinde yeniden karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Abedin, T., Xu, H., & Uddin, S. (2026). The impact of K selection in K-fold cross-validation on bias and variance in supervised learning models. Scientific Reports, 16(1), 6084. https://doi.org/10.1038/s41598-026-37247-x

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. Annals of Statistics, 29(5), 1189–1232. https://doi.org/10.1214/aos/1013203451

Georga, E. I., Protopappas, V. C., Ardigò, D., Polyzos, D., & Fotiadis, D. I. (2013). A glucose model based on support vector regression for the prediction of hypoglycemic events under free-living conditions. Diabetes Technology & Therapeutics, 15(8), 634–643. https://doi.org/10.1089/dia.2012.0285

Jiang, W., & Simon, R. (2007). A comparison of bootstrap methods and an adjusted bootstrap approach for estimating the prediction error in microarray classification. Statistics in Medicine, 29, 5320–5334. https://doi.org/10.1002/sim.2968

Karal, O. (2020). Performance comparison of different kernel functions in SVM for different k value in k-fold cross-validation. 2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), 1–5. IEEE. https://doi.org/10.1109/ASYU50717.2020.9259880

Kuhn, M. (2008). Building predictive models in R using the caret package. Journal of Statistical Software, 28(5), 1–26. https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Lumumba, V. W., Kiprotich, D., Mpaine, M. L., Makena, N. G., & Kavita, M. D. (2024). Comparative analysis of cross-validation techniques: LOOCV, K-folds cross-validation, and repeated K-folds cross-validation in machine learning models. Yayımlanmamış çalışma.

Marcot, B. G., & Hanea, A. M. (2021). What is an optimal value of k in k-fold cross-validation in discrete Bayesian network analysis? Computational Statistics, 36, 2009–2031. https://doi.org/10.1007/s00180-020-00999-9

Nti, I. K., Nyarko-Boateng, O., & Aning, J. (2021). Performance of machine learning algorithms with different K values in K-fold cross-validation. Journal of Information Technology and Computer Science, 6, 61–71. https://doi.org/10.5815/ijitcs.2021.01.05

R Core Team. (2025). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Sudharsan, B., Peeples, M., & Shomali, M. (2015). Hypoglycemia prediction using machine learning models for patients with type 2 diabetes. Journal of Diabetes Science and Technology, 9(1), 86–90. https://doi.org/10.1177/1932296814554260

Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New York. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4

Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). dplyr: A grammar of data manipulation (R package version 1.1.2). https://CRAN.R-project.org/package=dplyr

Wickham, H., Vaughan, D., & Girlich, M. (2023). tidyr: Tidy messy data (R package version 1.3.0). https://CRAN.R-project.org/package=tidyr

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AKILLI TARIM VE TOPRAK BİLİMİ UYGULAMALARI

Doç. Dr. Siyami KARACA,
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tuşba, VAN
s.karaca@yyu.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-2434-1171

Arş.Gör. Metehan AYDIN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tuşba, VAN
metehanaydin@yyu.edu.tr,
ORCID: 0009-0004-8436-4983

ÖZET

Toprak, bitkisel üretimin temelini oluşturan ve su, besin elementi, hava ve biyolojik yaşam için ortam sağlayan dinamik bir doğal kaynaktır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri; bitki gelişimini, verimliliği ve sürdürülebilir arazi yönetimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle toprak kaynaklarının doğru tanımlanması, izlenmesi ve korunması tarımsal üretimin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde artan nüfus, iklim değişikliği, su kıtlığı ve arazi bozulum süreçleri, geleneksel tarım uygulamalarının yetersiz kalmasına neden olmuş; daha hassas, veri temelli ve sürdürülebilir üretim yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmıştır. Bu noktada akıllı tarım uygulamaları, toprak bilimi ile güçlü bir ilişki kurarak tarımsal üretimde önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Sensör teknolojileri, nesnelerin interneti, yapay zekâ, makine öğrenmesi, uzaktan algılama ve dijital toprak haritalama yöntemleri sayesinde toprak nemi, pH, tuzluluk, elektriksel iletkenlik ve besin elementleri gibi temel toprak parametreleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve analiz edilebilmektedir.

Bu çalışmada, akıllı tarım uygulamalarının toprak bilimi açısından taşıdığı önem ele alınmakta; bu teknolojilerin toprak özelliklerinin belirlenmesi, sürdürülebilir gübreleme ve sulama yönetimi, verimliliğin artırılması ve toprak kaynaklarının korunması üzerindeki katkıları değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, akıllı tarımın toprak bilimiyle bütünleşmesi, gelecekte daha verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir tarım sistemlerinin geliştirilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Tarım, Toprak Bilimi, Sürdürülebilir Tarım, Nesnelerin İnterneti (IoT), Uzaktan Algılama

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SMART FARMING AND SOIL SCIENCE APPLICATIONS

ABSTRACT

Soil is a dynamic natural resource that forms the foundation of plant production by providing a medium for water, nutrients, air, and biological activity. The physical, chemical, and biological properties of soil directly influence plant growth, productivity, and sustainable land management. Therefore, accurate characterization, monitoring, and conservation of soil resources are of critical importance for the continuity of agricultural production.

In recent years, increasing population pressure, climate change, water scarcity, and land degradation processes have rendered conventional agricultural practices insufficient, thereby increasing the need for more precise, data-driven, and sustainable production approaches. In this context, smart farming applications establish a strong linkage with soil science and enable a significant transformation in agricultural production. Through the use of sensor technologies, the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, machine learning, remote sensing, and digital soil mapping techniques, key soil parameters such as soil moisture, pH, salinity, electrical conductivity, and nutrient content can be monitored and analyzed in real time.

This study examines the importance of smart farming applications from a soil science perspective and evaluates their contributions to the determination of soil properties, sustainable fertilization and irrigation management, productivity enhancement, and the conservation of soil resources. Consequently, the integration of smart farming with soil science offers a significant opportunity for the development of more efficient, environmentally friendly, and sustainable agricultural systems in the future.

Keywords: Smart Farming, Soil Science, Sustainable Agriculture, IoT (Internet of Things), Remote Sensing.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1.GİRİŞ

Tarım sektörü, artan dünya nüfusu, iklim değişikliğinin etkileri ve doğal kaynakların sınırlılığı gibi küresel sorunların baskısı altında önemli bir dönüşüm sürecine girmiştir. 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yaklaşık 10 milyara ulaşacağı öngörülmekte olup, bu durum gıda üretiminde ciddi bir artış ihtiyacını beraberinde getirmektedir. (Shahab ve ark., 2025). Ancak mevcut tarımsal üretim sistemleri, özellikle geleneksel yöntemlere dayalı uygulamalar, bu talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Geleneksel tarım yaklaşımları çoğunlukla çiftçilerin deneyimlerine ve fiziksel iş gücüne dayanmakta olup, bu durum hem verimlilik hem de kaynak kullanımı açısından çeşitli sınırlılıklar ortaya çıkarmaktadır (Durai ve Shamili, 2022).

Bununla birlikte, iklim değişikliği kaynaklı düzensiz yağış rejimleri, sıcaklık artışları ve aşırı hava olayları, tarımsal üretim üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler oluşturarak toprak verimliliğini ve sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Geleneksel tarım sistemlerinin bu değişken çevresel koşullara hızlı ve etkin bir şekilde uyum sağlayamaması, üretimde dalgalanmalara ve verim kayıplarına yol açmaktadır (Debangshi ve ark., 2023). Ayrıca, yanlış gübreleme, aşırı sulama ve düzensiz tarımsal uygulamalar, toprak yapısının bozulmasına, organik madde kaybına ve uzun vadede toprak kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu noktada, akıllı tarım (smart farming) ve hassas tarım (precision agriculture) uygulamaları, modern teknolojilerin tarımsal üretim süreçlerine entegre edilmesiyle önemli bir çözüm yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır. Akıllı tarım sistemleri; nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), makine öğrenmesi (ML), büyük veri analitiği ve uzaktan algılama teknolojilerini kullanarak tarımsal üretimin daha verimli, sürdürülebilir ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Debangshi ve ark., 2023; Kuli ve ark., 2025). Bu sistemler sayesinde toprak nemi, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve besin elementleri gibi kritik toprak parametreleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve analiz edilebilmektedir (Patidar ve Joshi, 2025).

Toprak bilimi açısından değerlendirildiğinde, akıllı tarım uygulamaları, toprak özelliklerinin mekânsal ve zamansal değişkenliğinin daha hassas bir şekilde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Özellikle sensör teknolojileri ve dijital toprak haritalama (Digital Soil Mapping, DSM) yöntemleri sayesinde, toprak verimliliğini belirleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir (Folorunso ve ark., 2023).Bu durum, doğru gübreleme, sulama ve arazi yönetimi kararlarının alınmasını kolaylaştırarak hem verim artışı hem de çevresel sürdürülebilirlik sağlamaktadır

Son yıllarda yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmalarının tarım alanında kullanımı da önemli ölçüde artmıştır. Bu algoritmalar, toprak özelliklerinin tahmini, ürün verim tahmini, hastalık tespiti ve sulama yönetimi gibi birçok alanda yüksek doğruluklu sonuçlar sunmaktadır. Özellikle büyük veri setlerinin analiz edilmesiyle geliştirilen modeller, tarımsal üretimde riskleri azaltmakta ve karar verme süreçlerini desteklemektedir . (Durai ve Shamili, 2022; Folorunso ve ark., 2023)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu çalışmanın amacı, akıllı tarım uygulamalarının toprak bilimi üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemek ve bu teknolojilerin toprak yönetimi, verimlilik ve sürdürülebilirlik üzerindeki katkılarını ortaya koymaktır. Bu kapsamda, sensör teknolojileri, yapay zekâ uygulamaları ve dijital toprak haritalama yöntemleri literatür ışığında değerlendirilmiş ve akıllı tarımın toprak bilimi açısından önemi vurgulanmıştır.

2.Akıllı Tarım (Smart Farming) Kavramı ve Temelleri

Akıllı tarım (smart farming), tarımsal üretim süreçlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri ile entegre edilerek daha verimli, sürdürülebilir ve kontrollü bir şekilde yönetilmesini amaçlayan modern bir yaklaşımdır. Artan nüfus, iklim değişikliği ve doğal kaynakların sınırlılığı gibi küresel sorunlar, geleneksel tarım yöntemlerinin yetersiz kalmasına neden olmuş ve veri temelli tarım uygulamalarının önemini artırmıştır (Durai ve Shamili, 2022; Debangshi ve ark., 2023).

Bu yaklaşımın temelinde, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), makine öğrenmesi (ML), büyük veri analitiği ve uzaktan algılama teknolojilerinin birlikte kullanımı yer almaktadır. Sensörler aracılığıyla toprak, bitki ve çevreye ait veriler sürekli olarak toplanmakta; bu veriler analiz edilerek karar destek sistemleri oluşturulmaktadır (Shahab ve ark., 2025).

Akıllı tarım sistemleri, “doğru yerde, doğru zamanda ve doğru miktarda girdi kullanımı” ilkesine dayanmakta olup, hassas tarım uygulamaları ile birlikte tarımsal üretimde verim artışı ve kaynak kullanımında optimizasyon sağlamaktadır (Kuli ve ark., 2025).

Sonuç olarak akıllı tarım, tarımda dijital dönüşümün temelini oluşturarak üretim süreçlerini daha hassas ve sürdürülebilir hale getirmekte; özellikle toprak yönetimi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 1. Akıllı tarımda sensör, drone ve veri analitiği teknolojilerinin entegrasyonu

3. Toprak Biliminde Akıllı Tarımın Rolü

Toprak bilimi (pedoloji ve edafoloji) perspektifinden akıllı tarım, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ileri bilgi ve iletişim teknolojileri yardımıyla yüksek doğrulukta ölçülmesi, mekânsal ve zamansal olarak modellenmesi ve sürdürülebilir bir yönetim anlayışıyla değerlendirilmesi sürecidir (Precision Agriculture;Zhang ve ark., 2002). Geleneksel toprak analiz yöntemleri; sınırlı örnekleme, zaman alıcı laboratuvar süreçleri ve yüksek maliyet gibi dezavantajlara sahipken, akıllı tarım uygulamaları toprağın heterojen yapısını dikkate alarak sürekli veri üretimi ve anlık değerlendirme imkânı sunmaktadır (Viscarra Rossel ve ark., 2011). Bu sayede toprak sağlığı, verimlilik potansiyeli ve bitki-toprak ilişkileri dinamik bir sistem olarak ele alınabilmekte ve daha hassas tarımsal kararlar alınabilmektedir (Gebbers ve Adamchuk, 2010; Bongiovanni ve Lowenberg-Deboer, 2004).

Bu bağlamda, toprak biliminde akıllı tarımın temel bileşenleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

3.1. IoT Tabanlı Toprak Sensörleri (Algılama ve İzleme Katmanı)

Toprak bilimi kapsamında akıllı tarımın en temel veri kaynağını, sahaya yerleştirilen IoT tabanlı çok parametreli sensör sistemleri oluşturmaktadır. Bu sensörler, toprağın bitki gelişimi üzerindeki doğrudan etkisini belirleyen fiziksel ve kimyasal özellikleri tahribatsız yöntemlerle ve gerçek zamanlı olarak ölçebilmektedir. (Ojha ve ark., 2015). Özellikle toprak sıcaklığı,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

hacimsel su içeriği (nem), pH, elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk ve makro besin elementleri (N, P, K) gibi parametreler, sensör teknolojileri sayesinde sürekli izlenebilmektedir.

Bu sistemlerin sağladığı en önemli avantaj, toprak–bitki–su etkileşimlerinin anlık olarak takip edilebilmesi ve bu verilere dayalı olarak bitki metabolizmasının optimize edilebilmesidir. Ayrıca, sensör verileri sayesinde toprakta meydana gelen ani değişimler (örneğin nem kaybı veya tuzluluk artışı) erken aşamada tespit edilerek gerekli müdahaleler zamanında yapılabilmektedir. (Wolfert ve ark., 2017). Bu durum, hem verim artışına katkı sağlamakta hem de kaynak kullanımının optimize edilmesine olanak tanımaktadır.

Son yıllarda IoT tabanlı toprak sensörleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, yalnızca veri toplama değil aynı zamanda yapay zekâ destekli karar verme sistemlerine entegrasyon açısından da önemli gelişmeler göstermektedir. Örneğin, Shahab ve ark. tarafından gerçekleştirilen güncel bir çalışmada, gerçek zamanlı olarak toprak sıcaklığı, nem, pH, tuzluluk, elektriksel iletkenlik (EC) ve NPK içeriklerini ölçebilen IoT tabanlı akıllı bir tarım sistemi geliştirilmiştir. Araştırmada sensörlerden elde edilen veriler bulut tabanlı bir platform üzerinden analiz edilmiş ve yapay zekâ destekli mobil uygulama ile çiftçilere sulama, gübreleme ve hastalık yönetimi konusunda öneriler sunulmuştur. Pakistan'da pirinç üretim alanlarında gerçekleştirilen saha denemelerinde sistemin su ve gübre kullanımını optimize ettiği, aynı zamanda sürdürülebilir üretime katkı sağladığı bildirilmiştir (Shahab ve ark., 2025).



Şekil 2. IoT tabanlı toprak sensörleri ile gerçek zamanlı toprak izleme sistemi

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

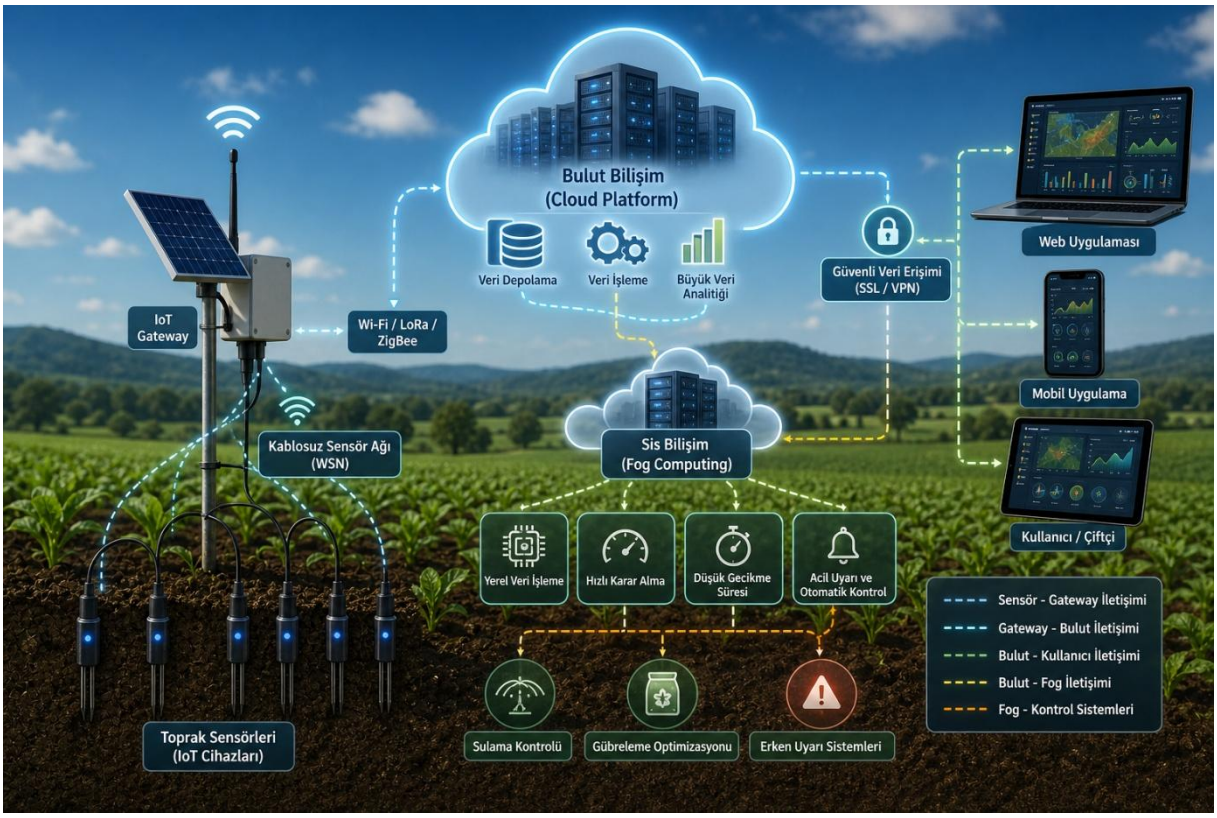
3.2. Bulut Bilişim ve Veri Ağları (İletişim Katmanı)

Sahadan elde edilen büyük hacimli toprak verilerinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için güçlü veri iletim ve işleme altyapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada kablosuz sensör ağları (WSN), IoT cihazları ve düşük enerji tüketimli iletişim protokolleri (Wi-Fi, LoRa, ZigBee vb.) kritik rol oynamaktadır. Sensör düğümlerinden elde edilen veriler, bu ağlar aracılığıyla merkezi sistemlere aktarılmakta ve burada analiz edilmektedir. (Mbandi, 2021).

Bulut bilişim platformları, büyük veri setlerinin depolanması, işlenmesi ve uzun vadeli analizler için uygun bir altyapı sunarken; sis (fog) bilişim mimarileri, verinin kaynağa daha yakın noktada işlenmesini sağlayarak gecikme süresini minimize etmektedir. Özellikle ani müdahale gerektiren durumlarda (örneğin toprak neminin kritik seviyeye düşmesi), sis bilişim sistemleri sayesinde hızlı ve yerinde kararlar alınabilmektedir. Bu çok katmanlı veri yönetim yapısı, akıllı tarım sistemlerinin esnekliğini ve etkinliğini artırmaktadır. (Et-taibi ve ark., 2024; Kumari ve ark., 2025).

Bu kapsamda gerçekleştirilen güncel çalışmalardan biri, Kumari ve ark. tarafından akıllı tarımda bulut ve sis bilişim entegrasyonu üzerine yürütülmüştür. Araştırmacılar, IoT tabanlı toprak sensörlerinden elde edilen nem, sıcaklık ve EC verilerini LoRa destekli kablosuz ağlar aracılığıyla bulut platformuna aktaran çok katmanlı bir sistem geliştirmiştir. Çalışmada, verilerin ilk olarak sis bilişim düğümlerinde ön işleme tabi tutulduğu, ardından bulut sistemlerinde uzun dönemli depolama ve analiz işlemlerinin gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bu mimari, veri iletim gecikmesini azaltmış, enerji tüketimini optimize etmiş ve özellikle hassas sulama uygulamalarında hızlı karar alma süreçlerini iyileştirmiştir (Kumari ve ark., 2025).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 3. IoT, sis bilişim (fog computing) ve bulut bilişim tabanlı akıllı tarım mimarisi

3.3. Yapay Zekâ ve Dijital Toprak Haritalama (Analiz ve Karar Destek Katmanı)

Topraktan elde edilen verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülmesi, akıllı tarımın en kritik aşamalarından birini oluşturmaktadır. Bu süreçte makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları, karmaşık ve doğrusal olmayan toprak süreçlerini modellemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle Random Forest, Yapay Sinir Ağları (ANN) ve Destek Vektör Makineleri (SVM) gibi algoritmalar, toprak özelliklerinin yüksek doğrulukla tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. (Hengl ve ark., 2015; Taghizadeh-Mehrjardi ve ark., 2020).

Dijital Toprak Haritalama (DSM) yaklaşımı, çevresel değişkenler (iklim, topografya, arazi kullanımı vb.) ile toprak verilerini entegre ederek toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını ortaya koymaktadır. Bu sayede, toprak nemi, organik karbon içeriği, pH ve besin elementlerinin alansal değişimi detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir. Elde edilen modeller, çiftçilere yalnızca mevcut durumu göstermekle kalmayıp aynı zamanda geleceğe yönelik tahminler ve öneriler sunan karar destek sistemlerinin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır. (Minasny ve ark., 2013; Padarian ve ark., 2019).

Bu alanda gerçekleşen önemli çalışmalardan , Padarian ve ark. tarafından yürütülmüştür, çalışmada derin öğrenme algoritmalarının dijital toprak haritalama üzerindeki potansiyeli değerlendirilmiştir. Araştırmada özellikle Convolutional Neural Network (CNN) tabanlı modellerin büyük hacimli çevresel verileri analiz ederek toprak sınıfları ve toprak özelliklerini

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

başarılı şekilde tahmin edebildiği belirtilmiştir. Çalışmada, derin öğrenme yöntemlerinin karmaşık mekânsal ilişkileri ortaya çıkarma konusunda klasik istatistiksel yöntemlere göre önemli avantajlar sunduğu vurgulanmıştır (Padarian ve ark., 2019).



Şekil 4. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı dijital toprak haritalama süreci

3.4. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

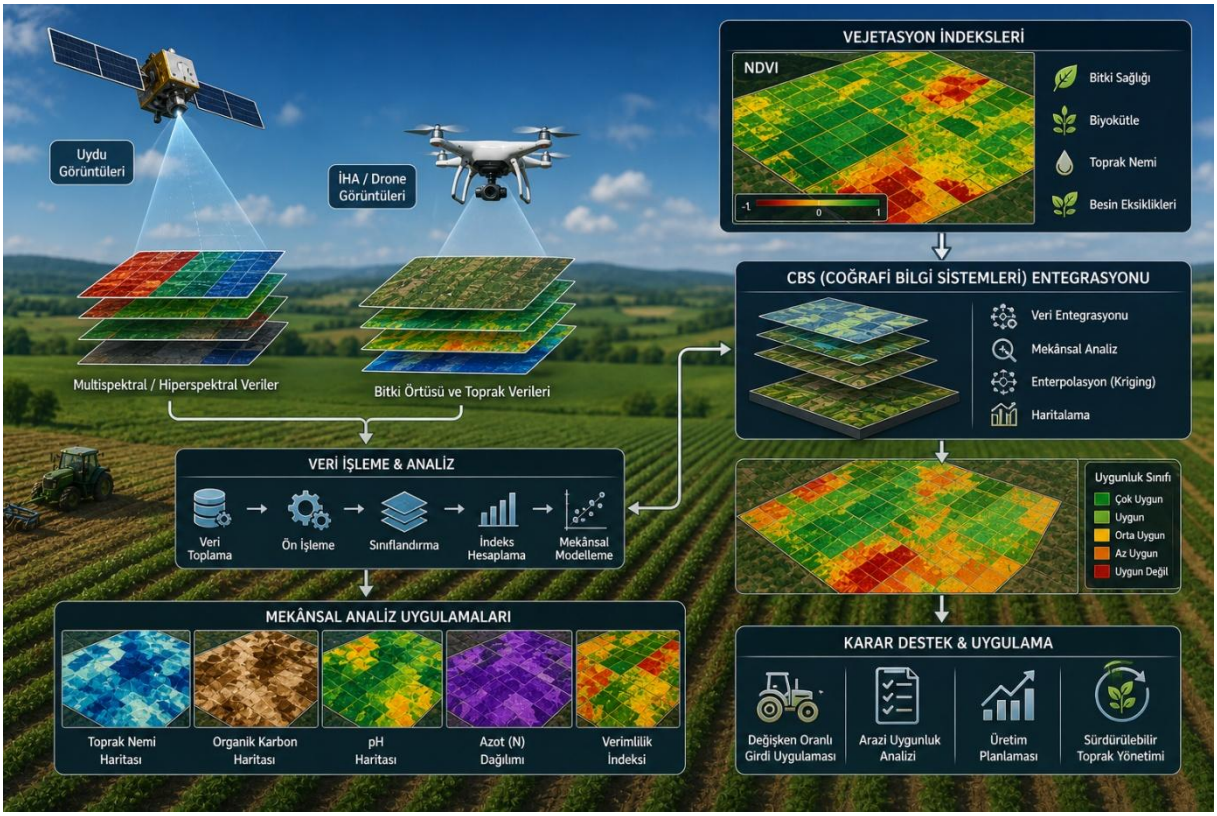
Geniş tarım arazilerinde toprak özelliklerinin düşük maliyetle ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla uzaktan algılama teknolojileri önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Zhang ve Kovacs, 2012). Uydu görüntüleri ve insansız hava araçları (İHA/dronlar) aracılığıyla elde edilen multispektral ve hiperspektral veriler, bitki örtüsü ve toprak özellikleri hakkında dolaylı ancak güçlü bilgiler sunmaktadır. (Yue ve ark., 2019).

Bu bağlamda, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) gibi indeksler, bitki sağlığı ve biyokütle hakkında bilgi sağlarken; toprak nemi ve besin eksiklikleri gibi stres faktörlerinin belirlenmesine de katkı sunmaktadır (Pettorelli ve ark., 2005). Uzaktan algılama verileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilerek mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesine olanak tanımakta ve arazi değerlendirme süreçlerinde (örneğin uygunluk analizi, üretkenlik indeksleri) etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Malczewski, 2004).

Bu alanda gerçekleştirilen önemli çalışmalardan biri, Yue ve ark. tarafından yürütülmüştür. Araştırmacılar, insansız hava araçları (İHA) aracılığıyla elde edilen multispektral görüntüleri kullanarak tarım alanlarında bitki gelişimi, toprak nemi ve besin eksikliklerini analiz etmiştir. Çalışmada NDVI ve diğer bitki örtüsü indekslerinin kullanılmasıyla ürün stresinin erken

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

dönemde tespit edilebildiği ve hassas gübreleme uygulamalarının optimize edilebildiği bildirilmiştir. Ayrıca, yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip drone görüntülerinin klasik uydu verilerine göre daha ayrıntılı analiz imkânı sunduğu vurgulanmıştır (Yue ve ark., 2019).



Şekil 5. Uzaktan algılama ve CBS tabanlı mekânsal analiz uygulamalarının akıllı tarımda kullanımı

3.5. Değişken Oranlı Teknoloji (VRT) ve Robotik Sistemler

Akıllı tarım sistemlerinde elde edilen analiz sonuçlarının sahaya uygulanması aşamasında Değişken Oranlı Teknoloji (Variable Rate Technology, VRT) ve otonom robotik sistemler önemli rol oynamaktadır (Zhang ve ark., 2002). Geleneksel tarımda uygulanan homojen gübreleme ve sulama yöntemleri yerine, VRT sayesinde arazinin farklı bölgelerine ihtiyaç duyulan miktarda girdi uygulanabilmektedir. (Gebbers ve Adamchuk, 2010).

GPS destekli sistemler ve otonom traktörler aracılığıyla gerçekleştirilen bu uygulamalar, hem kaynak israfını önlemekte hem de çevresel etkileri azaltmaktadır. Ayrıca, gereksiz makine trafiğinin azaltılması sayesinde toprak sıkışması (kompaktlaşma) önlenmekte ve toprak yapısının korunması sağlanmaktadır. Bu teknolojiler, toprak erozyonunun azaltılması, su kullanımının optimize edilmesi ve uzun vadeli toprak sağlığının korunması açısından önemli katkılar sunmaktadır. (Gebbers ve Adamchuk, 2010; Keller ve ark., 2019).

Bu alanda gerçekleştirilen önemli çalışmalardan biri, Gebbers and Adamchuk tarafından hassas tarım teknolojileri üzerine yürütülmüştür. Araştırmacılar, Değişken Oranlı Teknoloji (VRT) sistemlerinin toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenliği dikkate alarak gübre, su ve pestisit

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

uygulamalarını optimize ettiğini belirtmiştir. Çalışmada GPS destekli sensörler ve otomatik kontrol sistemleri kullanılarak arazinin farklı bölgelerine ihtiyaç duyulan miktarda girdi uygulanmış; böylece hem üretim maliyetlerinin azaltıldığı hem de çevresel etkilerin minimize edildiği bildirilmiştir. Özellikle azot gübrelemesinde VRT uygulamalarının besin kullanım etkinliğini artırdığı ve nitrat kirliliğini azaltabildiği vurgulanmıştır (Gebbers ve Adamchuk, 2010).



Şekil 6. Değişken oranlı teknoloji (VRT) tabanlı hassas tarım uygulama sistemi

4. Sürdürülebilirlik ve Toprak Koruma

Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların korunarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan tarımsal üretimin devam ettirilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu bağlamda toprak, tarımsal üretimin temel bileşeni olup, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin korunması sürdürülebilirliğin ana unsurlarından biridir. Ancak geleneksel tarım uygulamaları; aşırı gübreleme, bilinçsiz sulama ve yoğun mekanizasyon gibi nedenlerle toprak erozyonu, tuzluluk, organik madde kaybı ve yapısal bozulma gibi sorunlara yol açmaktadır (Montgomery, 2007; Tilman ve ark., 2002).

Akıllı tarım uygulamaları, bu olumsuz etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle sensör teknolojileri ve veri temelli yönetim sistemleri sayesinde su ve gübre kullanımı optimize edilmekte, böylece hem kaynak israfı önlenmekte hem de toprak üzerindeki baskı azaltılmaktadır. Örneğin, IoT tabanlı akıllı sulama sistemleri, toprak nemine bağlı olarak sulama

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

zamanını ve miktarını belirleyerek aşırı sulamanın önüne geçmekte ve su kullanım verimliliğini artırmaktadır (Shahab ve ark., 2025).

Ayrıca, yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde toprak özellikleri ve bitki ihtiyaçları analiz edilerek, tarımsal girdilerin yalnızca gerekli alanlara uygulanması sağlanmaktadır. Bu yaklaşım, değişken oranlı teknoloji (VRT) ile birlikte değerlendirildiğinde, gübre ve pestisit kullanımının azaltılmasına katkı sunmakta ve toprakta kimyasal birikimin önüne geçmektedir. Böylece hem toprak sağlığı korunmakta hem de çevresel kirlilik azaltılmaktadır (Kuli ve ark., 2025).

Toprak koruma açısından önemli bir diğer katkı ise erozyonun önlenmesidir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak eğim, arazi örtüsü ve yağış gibi faktörler analiz edilmekte, erozyon riski yüksek alanlar belirlenebilmektedir. Bu sayede uygun arazi yönetim stratejileri geliştirilerek toprak kayıpları minimize edilmektedir. Aynı zamanda, otonom tarım makineleri ve hassas uygulama teknikleri sayesinde gereksiz makine hareketleri azaltılmakta, bu durum toprak sıkışmasının (kompaktlaşma) önlenmesine katkı sağlamaktadır. (Panagos ve ark., 2015; Borrelli ve ark., 2017).

Sonuç olarak, akıllı tarım uygulamaları, sürdürülebilir tarım hedeflerine ulaşılmasında ve toprak kaynaklarının korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojilerin yaygınlaşması ile birlikte, tarımsal üretimde hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha dengeli ve sürdürülebilir bir yapı oluşturulması mümkün olacaktır.



Şekil 7. Akıllı tarım uygulamalarının sürdürülebilir toprak yönetimine katkıları

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

5. Avantajlar Ve Kısıtlar

Akıllı tarım uygulamaları, tarımsal üretim süreçlerinde önemli avantajlar sunmakla birlikte, belirli teknik ve sosyo-ekonomik kısıtları da beraberinde getirmektedir. Bu bölümde, akıllı tarımın sağladığı başlıca faydalar ve karşılaşılan sınırlılıklar birlikte değerlendirilmektedir.

5.1. Avantajlar

Akıllı tarım teknolojilerinin en önemli avantajlarından biri, tarımsal üretimde verimliliğin artırılmasıdır. Sensör sistemleri, uzaktan algılama ve veri analitiği sayesinde toprak, bitki ve çevre koşulları sürekli olarak izlenebilmekte ve bu verilere dayalı olarak üretim süreçleri optimize edilmektedir. Bu durum, özellikle ürün verim tahminlerinin daha doğru yapılmasını ve üretim risklerinin azaltılmasını sağlamaktadır (Durai ve Shamili, 2022).

Bir diğer önemli avantaj, kaynak kullanımının optimize edilmesidir. Akıllı sulama sistemleri ve değişken oranlı teknoloji (VRT) sayesinde su, gübre ve pestisitler yalnızca ihtiyaç duyulan miktarda ve doğru alanlarda uygulanmaktadır. Böylece hem maliyetler düşürülmekte hem de çevresel etkiler minimize edilmektedir (Shahab ve ark., 2025)

Akıllı tarım uygulamaları ayrıca çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunmaktadır. Aşırı gübreleme ve sulamanın önlenmesi, toprak ve su kaynaklarının korunmasını sağlarken, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına da yardımcı olmaktadır. Bu sistemler, toprak sağlığının korunması ve uzun vadeli verimliliğin sürdürülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Kuli ve ark., 2025).

Bunun yanı sıra, karar destek sistemleri sayesinde çiftçiler daha bilinçli ve veri temelli kararlar alabilmektedir. Gerçek zamanlı veri akışı, üretim süreçlerine hızlı müdahale edilmesini mümkün kılmakta ve tarımsal yönetimde esneklik sağlamaktadır. Bu durum, özellikle iklim değişikliği gibi belirsiz koşullar altında önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

5.2. Kısıtlar

Akıllı tarım sistemlerinin yaygınlaşmasının önündeki en önemli engellerden biri, yüksek başlangıç maliyetleridir. Sensör sistemleri, veri altyapısı, yazılım ve otomasyon teknolojileri, özellikle küçük ölçekli çiftçiler için önemli bir yatırım gerektirmektedir. Bu durum, teknolojinin yaygın kullanımını sınırlayan temel faktörlerden biridir (Debangshi ve ark., 2023).

Bir diğer önemli kısıt, teknik bilgi ve eğitim eksikliğidir. Akıllı tarım sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için çiftçilerin belirli bir teknoloji bilgisine sahip olması gerekmektedir. Ancak özellikle gelişmekte olan bölgelerde bu bilgi eksikliği, sistemlerin verimli kullanımını zorlaştırmaktadır.

Veri yönetimi ve güvenliği de önemli bir diğer sorundur. Büyük veri setlerinin toplanması ve işlenmesi sırasında veri güvenliği, gizlilik ve sistem güvenilirliği gibi konular öne çıkmaktadır. Ayrıca, internet bağlantısının yetersiz olduğu kırsal alanlarda veri iletiminde aksaklıklar yaşanabilmektedir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Son olarak, akıllı tarım teknolojilerinin her bölgeye aynı düzeyde uygulanamaması da bir sınırlılık oluşturmaktadır. Topografya, iklim koşulları ve altyapı farklılıkları, bu sistemlerin performansını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle, akıllı tarım uygulamalarının bölgesel koşullara uygun şekilde adapte edilmesi gerekmektedir.

6.SONUÇ

Bu çalışmada, akıllı tarım uygulamalarının toprak bilimi üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, akıllı tarım teknolojilerinin toprak özelliklerinin daha hassas, hızlı ve güvenilir bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıdığını göstermektedir. Özellikle sensör teknolojileri, uzaktan algılama sistemleri ve dijital toprak haritalama yaklaşımları sayesinde toprakların mekânsal ve zamansal değişkenliği daha doğru bir şekilde ortaya konulabilmekte ve bu durum tarımsal yönetim süreçlerinin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Akıllı tarımın sunduğu veri temelli karar destek mekanizmaları, gübreleme, sulama ve arazi yönetimi gibi temel uygulamaların optimize edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sayede hem tarımsal üretimde verim artışı sağlanmakta hem de su ve toprak gibi doğal kaynakların daha etkin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda, aşırı girdi kullanımının önlenmesi ve çevresel etkilerin azaltılması, sürdürülebilir tarım hedeflerine ulaşılması açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, akıllı tarım uygulamalarının yaygınlaşmasının önünde bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Yüksek başlangıç maliyetleri, teknik bilgi eksikliği ve altyapı yetersizlikleri, özellikle küçük ölçekli üreticiler için önemli engeller oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu teknolojilerin daha geniş kitlelere ulaştırılabilmesi için maliyetlerin düşürülmesi, eğitim programlarının artırılması ve kırsal altyapının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Gelecekte, yapay zekâ, büyük veri ve otonom sistemlerin daha da gelişmesiyle birlikte akıllı tarım uygulamalarının daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, toprak kaynaklarının korunması, verimliliğin artırılması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik bir rol oynayacaktır. Özellikle toprak bilimi ile dijital teknolojilerin entegrasyonu, tarım sektöründe yeni araştırma alanlarının ortaya çıkmasına ve daha yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Sonuç olarak, akıllı tarım uygulamaları, toprak biliminin klasik yaklaşımlarını dönüştürerek daha hassas, veri odaklı ve sürdürülebilir bir tarım anlayışının gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılması, gelecekte tarımsal üretimin hem ekonomik hem de çevresel açıdan daha dengeli bir yapıya kavuşmasını mümkün kılacaktır.

KAYNAKÇA

Bongiovanni, R., ve Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture, 5*(4), 359–387. https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa

Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., Bagarello, V., Van Oost, K., Montanarella, L., ve Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications, 8*, Article 2013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7

Debangshi, S., Roy, D., Mukherjee, A., ve Chakraborty, S. (2023). Smart agriculture systems under climate change: A review. *Agricultural Systems, 210*, 103694. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103694

Durai, S., ve Shamili, P. (2022). Smart farming using IoT and machine learning: A review. *Materials Today: Proceedings, 52*, 1023–1029. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.272

Et-taibi, B., El Alami, R., Ait Lamallam, S., ve Echchelh, A. (2024). Enhancing water management in smart agriculture: A cloud-based smart irrigation system. *Results in Engineering, 21*, 101621. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101621

Folorunso, O., Akinyemi, F. O., ve Oyelade, O. J. (2023). Digital soil mapping and machine learning approaches in agriculture: A review. *Geoderma, 429*, 116265. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116265

Gebbers, R., ve Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science, 327*(5967), 828–831. https://doi.org/10.1126/science.1183899

Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., ve Rossiter, D. G. (2015). Mapping soil properties using machine learning approaches: A Random Forest application. *PLoS ONE, 10*(6), e0125814. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125814

Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R., ve Or, D. (2019). Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research, 194*, 104293. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293

Kuli, M., Rahman, M. M., ve Hasan, M. (2025). Smart farming technologies and sustainable agriculture: A review. *Agronomy, 15*(2), 412. https://doi.org/10.3390/agronomy15020412

Kumari, S., Verma, P., ve Singh, R. (2025). IoT-enabled smart irrigation and soil monitoring systems for sustainable agriculture. *AgriEngineering, 7*(1), 55–72. https://doi.org/10.3390/agriengineering7010004

Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning, 62*(1), 3–65. https://doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002

Minasny, B., McBratney, A. B., Malone, B. P., ve Wheeler, I. (2013). Digital mapping of soil carbon. *Advances in Agronomy, 118*, 1–47. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00001-3

Mbandi, J. M. (2021). *Soil data collection using wireless sensor networks* (Master's thesis). Nelson Mandela African Institution of Science and Technology.

Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(33), 13268–13272. https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104

Ojha, T., Misra, S., ve Raghuwanshi, N. S. (2015). Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. *Computers and Electronics in Agriculture, 118*, 66–84. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.011

Padarian, J., Minasny, B., ve McBratney, A. B. (2019). Deep learning for digital soil mapping. *SOIL, 5*(1), 79–89. https://doi.org/10.5194/soil-5-79-2019

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., ve Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science ve Policy, 54*, 438–447. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012

Patidar, A., ve Joshi, R. (2025). IoT-based soil parameter monitoring systems for precision agriculture. *Sensors, 25*(3), 1142. https://doi.org/10.3390/s25031142

Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J., ve Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology ve Evolution, 20*(9), 503–510. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011

Shahab, A., Khan, M. A., ve Iqbal, N. (2025). Smart irrigation systems and water optimization in sustainable agriculture. *Agricultural Water Management, 305*, 108947. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108947

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Schmidt, K., Amirian-Chakan, A., Rentschler, T., Zeraatpisheh, M., Sarmadian, F., Valavi, R., Davatgar, N., Behrens, T., ve Scholten, T. (2020). Improving the spatial prediction of soil properties using machine learning models: A review. *Geoderma, 357*, 113840. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113840

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., ve Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature, 418*(6898), 671–677. https://doi.org/10.1038/nature01014

Viscarra Rossel, R. A., Adamchuk, V. I., Sudduth, K. A., McKenzie, N. J., ve Lobsey, C. (2011). Proximal soil sensing: An effective approach for soil measurements in space and time. *Advances in Agronomy, 113*, 243–291. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4.00005-1

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., ve Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems, 153*, 69–80. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023

Yue, J., Yang, G., Li, C., Li, Z., Wang, Y., Feng, H., ve Xu, B. (2019). Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for crop monitoring: A review. *Remote Sensing, 11*(12), 1441. https://doi.org/10.3390/rs11121441

Zhang, C., ve Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture, 13*(6), 693–712. https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5

Zhang, N., Wang, M., ve Wang, N. (2002). Precision agriculture—A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture, 36*(2–3), 113–132. https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN KARBON AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ

Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

aerdemy@atauni.edu.tr

ORCID No: 0000-0002-0666-7653

ÖZET

Küresel gıda sistemleri, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda çevresel etkilerin minimize edilmesi gereken stratejik alanların başında gelmektedir. Temel besin kaynağı olan ekmek, tarladan son tüketiciye kadar olan süreçte yoğun enerji kullanımı ve tarımsal girdiler nedeniyle kayda değer bir karbon ayak izine (KAİ) sahiptir. Bu çalışma, Türkiye'nin en yüksek ekmek tüketim oranlarına sahip illerinden biri olan Erzurum'da, ekmek üretim ve tüketim zincirinin çevresel maliyetini nicel olarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, Erzurum ilindeki 99.724 hektarlık buğday ekim alanı ve yıllık 319.117 tonluk üretim verileri baz alınmıştır. Metodolojik olarak "beşikten kapıya" (cradle-to-gate) yaklaşımıyla Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) uygulanmış; gübre kullanımı, mekanizasyon faaliyetleri, fosil yakıt tüketimi ve fırınlama aşamasındaki enerji sarfiyatı literatürdeki emisyon faktörleriyle harmanlanarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, bölgede üretilen 1 kg ekmeğin karbon ayak izi yaklaşık 1,15 kg CO_2-eşd. olarak saptanmıştır. Elde edilen bulgular, bölgedeki düşük birim verimin (3,2 ton/ha) ve yüksek tüketim alışkanlıklarının (200 kg/kişi-yıl) yerel karbon bütçesi üzerinde ciddi bir baskı oluşturduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında, Erzurum'da bir bireyin sadece ekmek tüketimi kaynaklı yıllık karbon salınımının yaklaşık 230 kg CO_2-eşd. olduğu belirlenmiştir. Çalışma, ekmek üretiminde enerji verimliliğinin artırılması, sürdürülebilir tarım tekniklerinin teşviki ve tüketim bilincinin oluşturulmasının bölgesel emisyon hedeflerine ulaşmada kritik rol oynayacağını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Ayak İzi, Yaşam Döngüsü Analizi (LCA), Sürdürülebilir Tarım, Erzurum, Ekmek Üretimi.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CARBON FOOTPRINT OF BREAD IN ERZURUM PROVINCE: A SUSTAINABILITY ANALYSIS BASED ON WHEAT PRODUCTION

Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ

Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering

aerdemy@atauni.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-0666-7653

ABSTRACT

Global food systems are among the leading strategic areas where environmental impacts must be minimized in line with sustainability goals. Bread, a basic food source, has a significant carbon footprint (CFO) due to the intensive energy use and agricultural inputs in the process from the field to the end consumer. This study aims to quantitatively analyze the environmental cost of the bread production and consumption chain in Erzurum, one of the provinces with the highest bread consumption rates in Turkey. This research is based on data from 99,724 hectares of wheat cultivation area and an annual production of 319,117 tons in Erzurum province. Methodologically, a Life Cycle Analysis (LCA) was applied using a "cradle-to-gate" approach; fertilizer use, mechanization activities, fossil fuel consumption, and energy consumption during the baking stage were calculated by combining them with emission factors from the literature. As a result of the analyses, the carbon footprint of 1 kg of bread produced in the region was determined to be approximately 1.15 kg CO_2-equivalent. The findings show that the low unit yield (3.2 tons/ha) and high consumption habits (200 kg/person-year) in the region create significant pressure on the local carbon budget. In light of this data, it was determined that the annual carbon emission from bread consumption alone in Erzurum is approximately 230 kg CO_2-equivalent. The study emphasizes that increasing energy efficiency in bread production, promoting sustainable agricultural techniques, and raising consumer awareness will play a critical role in achieving regional emission targets.

Keywords: Carbon Footprint, Life Cycle Analysis (LCA), Sustainable Agriculture, Erzurum, Bread Production.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Antropojenik faaliyetler sonucu atmosfere salınan sera gazları, küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin temel itici gücüdür. Gıda sistemleri; arazi kullanım değişimi, tarımsal üretim, işleme ve lojistik aşamalarıyla küresel emisyonların yaklaşık %21-37'sinden sorumludur (IPCC, 2019). Tarımsal üretimde karbon salınımı, kullanılan gübrelerin nitrit oksit (N_2O) emisyonları ve tarım makinelerinin fosil yakıt tüketimi ile doğrudan ilişkilidir (Lal, 2004). Bu sistem içerisinde buğday, küresel ekilebilir arazilerin en büyük payına sahip olması ve dünya nüfusunun temel kalori ihtiyacını karşılaması nedeniyle karbon yönetimi açısından stratejik bir üründür. Karbon ayak izi (KAİ), bir ürünün ham madde temininden bertarafına kadar geçen tüm yaşam döngüsü boyunca atmosfere salınan toplam sera gazı miktarını temsil eder ve gıda sürdürülebilirliğinin ölçülmesinde uluslararası düzeyde kabul görmüş anahtar bir göstergedir (Wiedmann & Minx, 2008).Ekmek üretim süreci; tarlada yoğun girdi kullanımı, öğütme aşamasındaki elektrik enerjisi tüketimi ve fırınlama sürecindeki yüksek ısı gereksinimi nedeniyle karbon yoğunluğu yüksek bir süreçtir. Literatürde yapılan yaşam döngüsü analizleri (LCA), ekmeğin karbon ayak izinin büyük ölçüde buğday yetiştiriciliği ve fırınlama aşamalarındaki enerji verimliliğine bağlı olduğunu, bu iki aşamanın toplam emisyonun %80'inden fazlasını oluşturduğunu vurgulamaktadır (Espinoza-Orias et al., 2011; Jensen et al., 2013). Türkiye, dünya ortalamasının çok üzerinde seyreden kişi başı ekmek tüketimiyle (FAO, 2022), buğday tabanlı emisyon profilinde kritik bir konuma sahiptir. Özellikle tahıl odaklı beslenme alışkanlığı, Türkiye'nin toplam gıda karbon ayak izi içerisinde ekmek ve unlu mamullerin payını diğer ülkelere kıyasla belirgin şekilde artırmaktadır (OECD/FAO, 2021).Erzurum ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin karasal iklim şartları ve geniş tarım arazileri ile Türkiye'deki buğday arzının merkez noktalarından biridir. Ancak bölgenin yüksek rakımı, sert iklim koşulları ve 3,2 ton/ha gibi görece düşük birim verim seviyeleri, üretim aşamasındaki kaynak kullanım etkinliğini kısıtlamaktadır. Düşük verim, birim ürün (kg buğday) başına düşen mazot ve gübre gibi girdi paylarını artırarak "gömülü karbon" miktarını yükseltmektedir (Mekonnen & Hoekstra, 2011; TÜİK, 2023). Ayrıca Erzurum gibi coğrafi olarak geniş illerde lojistik ağların uzunluğu, dağıtım kaynaklı emisyonları da yukarı çekmektedir. Bu çalışma, Erzurum ilindeki yerel üretim parametrelerini ve tüketim verilerini kullanarak ekmeğin karbon ayak izini kantitatif olarak belirlemeyi ve bölgesel sürdürülebilirlik ile iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerine bilimsel bir temel sağlamayı amaçlamaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Erzurum iline ait tarımsal veriler ile uluslararası kabul görmüş emisyon katsayıları entegre edilerek ekmeğin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Analiz, "Tarladan Fırın

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Kapısına" (Cradle-to-Gate) sınırları içerisinde, Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) prensiplerine uygun olarak yürütülmüştür.

2.1. Veri Seti ve Saha Parametreleri: Erzurum ilindeki 99.724 hektarlık buğday ekim alanı ve bu alanın toplam ekili arazinin %30,78'ini oluşturması, çalışmanın ölçeğini belirlemiştir. Yıllık 319.117 ton toplam üretim ve 3,2 ton/ha birim verim değerleri, tarımsal girdi (gübre, mazot, tohum) kullanım yoğunluğunun hesaplanmasında temel alınmıştır.

2.2. Hesaplama Metodolojisi: Karbon ayak izi (KAİ) hesaplamaları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen ve uluslararası düzeyde kabul gören "Ulusal Sera Gazı Envanter Rehberi" metodolojisi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu metodolojiye göre, her bir faaliyetin emisyon değeri,

"Faaliyet Verisi × Emisyon Faktörü"

denklemiyle belirlenmektedir (IPCC, 2006). Çalışmada şu üç ana evre analiz edilmiştir:

1. Tarımsal Üretim Safhası: Erzurum'daki 3,2 ton/ha verim düzeyi baz alınarak, IPCC Tier 1 yaklaşımı doğrultusunda birim alanda kullanılan mazot (yanma emisyonları) ve azotlu gübrelerin (N_2O emisyonları) kümülatif karbon salınımı hesaplanmıştır. Düşük verim nedeniyle, kullanılan girdilerin toplam emisyonu daha az ürün miktarına bölündüğünden, kg başına düşen karbon yükü normalize edilerek artırılmıştır.

2. Lojistik ve İşleme: Buğdayın değirmenlere nakli ve una dönüşüm verimi (%75) baz alınmıştır. Bu aşamada nakliye araçlarının yakıt tüketimi sonucu oluşan CO_2 emisyonları, IPCC emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamaya dahil edilmiştir.

3. Fırınlama ve Kütle Dengesi: 1 ton buğdaydan 1,3 ton ekmek elde edileceği

$$(E_t = W_t \times \eta_u \times \eta_e)$$

kütle dengesi yaklaşımıyla sabitlenmiştir. Fırınlama sürecindeki doğal gaz ve elektrik tüketimi, IPCC'nin sabit yakma sistemleri için öngördüğü emisyon katsayıları ile çarpılarak ekmek bazlı karbon ayak izine dönüştürülmüştür. Erzurum'un yüksek rakımı ve düşük ortam sıcaklığından kaynaklanan ek ısıl ihtiyaçlar, enerji tüketim verileri üzerinden modele yansıtılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Erzurum ilindeki ekmek üretim zinciri, bölgenin agro-ekolojik şartları ve sosyo-ekonomik tüketim alışkanlıklarıyla şekillenen özgün bir karbon profili sunmaktadır.

Çizelge 1. Erzurum İli Buğday Üretimi ve Tahmini Karbon Emisyon Parametreleri

Parametre	Değer / Birim	Kaynak / Not

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Toplam Buğday Ekim Alanı	99.724 ha	TÜİK
Birim Verim	3,2 ton/ha	Hesaplanan Ortalama
Yıllık Toplam Buğday Üretimi	319.117 ton	Kütle Dengesi Girdisi
Tarımsal Üretim Emisyon Payı	%38	IPCC Tier 1 Yaklaşımı
Tarımsal Safha Birim Emisyonu	~0,44 kg CO_2-eşd./kg	Hesaplanan Değer

Bu tablo, materyal-metot kısmında bahsedilen temel verilerin ve üretim safhasındaki emisyon yükünün özetlenmesi için kullanılır.

3.1. Üretim Safhası Emisyon Analizi: Erzurum'da 3,2 ton/ha olan buğday verimi, Türkiye ortalamasıyla kıyaslandığında tarımsal operasyonların (toprak hazırlığı, hasat vb.) karbon yoğunluğunu artırmaktadır. Yapılan hesaplamalar, üretim safhasında kg başına düşen emisyonun, verim düşüklüğü sebebiyle literatürdeki ideal değerlerden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Erzurum'da buğday veriminin 3,2 ton/ha düzeyinde olması, birim ürün başına düşen "gömülü karbon" miktarını doğrudan etkilemektedir. Literatürde, yüksek verimli bölgelerde (6-8 ton/ha) tarımsal üretim kaynaklı emisyonların kg buğday başına daha düşük olduğu saptanmıştır (Jensen et al., 2013). Erzurum'da ise aynı miktarda gübre ve yakıt kullanımı daha az ürün miktarına (319.117 ton) bölündüğü için, kg başına düşen emisyon yükü ideal senaryolara göre yaklaşık %15-20 daha fazladır. Toplam 99.724 hektarlık alandaki mazot tüketimi ve azotlu gübre kullanımı, IPCC emisyon faktörleri ile çarpıldığında, tarımsal üretim safhasının toplam karbon ayak izindeki payının yaklaşık %38 olduğu saptanmıştır.

3.2. Ekmek Bazında Karbon Yükü: Analiz sonuçlarına göre;

Kütle dengesi yaklaşımı ve enerji tüketim verileri ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- **Birim Emisyon:** Erzurum'da üretilen 1 kg ekmeğin karbon ayak izi **1,15 kg CO2-eşd.** olarak saptanmıştır. Bu değerin dağılımında fırınlama (%42), tarımsal üretim (%38) ve lojistik/öğütme (%20) pay sahibidir.
- **Kişi Başı Yıllık Etki:** Türkiye ortalaması olan 200 kg/yıl tüketim ve Erzurum'un yerel tüketim eğilimleri birleştirildiğinde, bireysel karbon yükü **230 kg CO2-eşd./yıl** olarak hesaplanmıştır. Bu rakam, tek bir bireyin temel gıda tüketimiyle orta segment bir binek otomobilin yaklaşık 1.200 km yol kat etmesine eşdeğer bir salınım gerçekleştirdiğini kanıtlamaktadır.
- **Kümülatif Etki:** Erzurum'un yıllık 319.117 tonluk buğday üretimi, 414.852 ton ekmek arz potansiyeline denk gelmektedir. Bu arzın tamamının tüketilmesi durumunda, il genelinde

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ekmek kaynaklı yıllık toplam karbon salınımı yaklaşık 477.000 ton CO_2-eşd. olarak öngörülmektedir.

Bulgular, ekmeğin karbon ayak izinde fırınlama ve nakliye aşamalarının toplam emisyonun yaklaşık %60'ını oluşturduğunu göstermektedir. Erzurum gibi geniş coğrafi dağılıma sahip illerde lojistik ağının karbon yoğunluğu, batı illerine göre daha yüksektir. Ayrıca, bölgedeki düşük birim verim, "gömülü karbon" miktarını artırarak ekmeğin çevresel maliyetini yükseltmektedir.

Erzurum ilindeki ekmek üretim zinciri, bölgenin agro-ekolojik şartları, düşük birim verimi ve yüksek enerji ihtiyacı ile şekillenen özgün bir karbon profili sunmaktadır. Yapılan analizler, çevresel yükün üretim ve işleme safhalarında yoğunlaştığını göstermektedir.

3.3. Bölgesel Faktörlerin Karbon Yoğunluğuna Etkisi

Erzurum'un yaklaşık 1.900 metrelik ortalama rakımı ve düşük ortam sıcaklıkları, fırınlardaki termal verimliliği olumsuz etkilemektedir. Literatürde fırınlama aşamasındaki enerji yoğunluğunun çevre sıcaklığına bağlı olarak %5-10 oranında değişebileceği belirtilmektedir (Espinoza-Orias et al., 2011). Ayrıca, geniş coğrafi dağılım ve zorlu kış şartları, lojistik operasyonlardaki yakıt tüketimini artırarak karbon ayak izinin "ulaşım" bileşenini yukarı çekmektedir. Bulgularımız, Erzurum'daki ekmeğin karbon maliyetinin, batı illerindeki benzer üretimlere göre lojistik ve enerji verimliliği farkı nedeniyle daha yüksek bir eğilim sergilediğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 2. Ekmek Üretim Zinciri Karbon Ayak İzi Dağılımı ve Tüketim Verileri

Analiz Bileşeni	Değer (kg CO_2-eşd. / kg ekmek)	Pay (%)
Tarımsal Üretim (Gübre, Yakıt, Tohum)	0,44	38
Lojistik ve Değirmen İşlemleri	0,23	20
Fırınlama (Enerji ve Isıl Kayıplar)	0,48	42
TOPLAM BİRİM AYAK İZİ	**1,15**	**100**
Kişi Başı Yıllık Karbon Yükü	230 kg CO_2-eşd./yıl	(200 kg tüketim bazlı)
Erzurum İl Geneli Toplam Salınım	~477.000 ton CO_2-eşd./yıl	(Toplam arz bazlı)

Çizelge Notu: *Hesaplamalarda 1 ton buğday = 1,3 ton ekmek dönüşüm katsayısı ve Erzurum'un rakım kaynaklı %7'lik ek ısıl ihtiyaç payı dikkate alınmıştır.*

Bu çizelge, bulgular kısmındaki birim ve kümülatif hesaplamaları detaylandırmak için kullanılmıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Erzurum ili özelinde gerçekleştirilen bu çalışma, temel gıda maddesi olan ekmeğin tarladan sofraya uzanan değer zincirindeki karbon yoğunluğunu kantitatif olarak ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, ekmek tüketiminin sadece bir beslenme unsuru değil, aynı zamanda bölgesel karbon bütçesi üzerinde belirleyici bir çevresel baskı unsuru olduğunu kanıtlamaktadır. 1 kg ekmeğin 1,15 kg CO_2-eşd. karbon ayak izine sahip olması, düşük birim verim ve enerji yoğun fırınlama süreçlerinin yarattığı kümülatif etkinin bir sonucudur.

Çalışma sonuçları ışığında, Erzurum ilinde sürdürülebilir bir gıda sistemi ve düşük karbonlu bir ekonomi için şu stratejik öneriler geliştirilmiştir:

1. **Agro-Teknolojik Modernizasyon ve Verim Optimizasyonu:** Erzurum'un 3,2 ton/ha olan buğday verimi, birim ürün başına düşen emisyonu artıran temel değişkendir. Bölge ekolojisine uyumlu, kuraklığa ve soğuğa dayanıklı yüksek verimli tohum çeşitlerinin yaygınlaştırılması; birim karbon yükünü doğrudan düşürecektir. Hassas tarım teknolojileri ve optimize edilmiş gübreleme programları sayesinde azotlu gübre kaynaklı N_2O salınımlarının minimize edilmesi kritik önem arz etmektedir.

2. **Enerji Verimliliği ve Fırınlama Teknolojilerinde Dönüşüm:** Fırınlama aşaması, toplam karbon ayak izinin en büyük bileşenlerinden biridir. Erzurum'un yüksek rakım ve düşük sıcaklık profili dikkate alınarak, fırınlarda ısı geri kazanım sistemlerinin (eşanjörler) kullanımı ve yüksek yalıtım standartlarının zorunlu tutulması gerekmektedir. Ayrıca, fosil yakıtlı fırınların kademeli olarak yenilenebilir enerji destekli (biyokütle veya güneş enerjisi entegreli elektrikli sistemler) yapılara dönüştürülmesi, karbon yoğunluğunu radikal bir şekilde düşürecektir.

3. **Lojistik Ağların Dekarbonizasyonu:** Geniş bir coğrafyaya yayılan Erzurum'da, buğdayın tarladan değirmene, unun ise fırınlara nakliyesi sürecindeki "taşıma kilometresi" minimize edilmelidir. Yerel üretim-yerel tüketim modelinin (kısa tedarik zinciri) desteklenmesi, lojistik kaynaklı emisyonların azaltılmasında anahtar rol oynayacaktır.

4. **Tüketici Bilinci ve İsraf Yönetimi:** Türkiye'deki yüksek ekmek tüketim oranları göz önüne alındığında, ekmek israfının önlenmesi en etkili karbon ofsetleme (dengeleme) yöntemidir. Erzurum genelinde israf edilen her bir dilim ekmeğin; sadece ekonomik bir kayıp değil, aynı zamanda atmosfere boş yere salınan 1,15 kg CO_2-eşd./kg ve harcanan büyük bir "gömülü enerji" olduğu bilinci toplumsal düzeye yayılmalıdır.

Sonuç olarak, Erzurum'da ekmek tedarik zincirinin dekarbonizasyonu; tarımsal inovasyon, endüstriyel enerji verimliliği ve bilinçli tüketim alışkanlıklarının entegrasyonu ile mümkündür.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu bütüncül yaklaşım, bölgenin iklim değişikliği ile mücadele hedeflerine doğrudan katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Rome, FAO.

Cauvain, S. P. (2015). *Technology of Breadmaking*. Springer International Publishing.

Espinoza-Orias, N., Orchard, J., & Rezgui, A. (2011). Carbon footprint of bread: an assessment of its lifecycle from a consumer perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 15(4), 518-532.

FAO. (2018). *Methodology for the measurement of food loss and waste*. Rome, Italy.

FAO. (2022). *Food Balance Sheets*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Earthscan.

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.

Jensen, J. K., Arlbjørn, J. S., & Barth, H. (2013). Sustainability and greenhouse gas emissions in the wheat-to-bread supply chain. *British Food Journal*, 115(7), 915-930.

Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30(7), 981-990.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577-1600.

OECD/FAO. (2021). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*. OECD Publishing, Paris.

TÜİK. (2023). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological Economics Research Trends*, 1, 1-11.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

World Bank. (2023). *World Development Indicators Database*. Washington, DC.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ERZURUM İLİNDE EKMEĞİN SU AYAK İZİ: BUĞDAY ÜRETİMİ TEMELLİ BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANALİZİ

Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

aerdemy@atauni.edu.tr- 0000-0002-0666-7653

ÖZET

Ekmek tüketimi, tarladan sofraya uzanan süreçte su kaynakları üzerinde ciddi bir görünmez baskı oluşturur. Bir somun ekmeğin üretimi için gereken buğdayın yetiştirilmesi, işlenmesi ve nakliyesi aşamalarında binlerce litre su harcanır; bu durum "su ayak izi" olarak adlandırılan devasa bir tüketime yol açar. Özellikle tarımsal sulamadaki verimsizlikler ve ekmek israfı, kısıtlı olan tatlı su rezervlerimizin hızla tükenmesine ve su ekosistemlerinin bozulmasına neden olur. Dolayısıyla, her dilim ekmeğin arkasında büyük bir su emeği olduğunu bilmek ve israfı önlemek, su güvenliğimizi korumak adına hayati bir önem taşır. Bu çalışmada, Erzurum ilinde buğday üretimine bağlı olarak oluşan su ayak izi bileşenlerinin belirlenmesi ve ekmek tüketimi üzerinden su kaynakları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Buğday ekim alanı (99,724 ha), verim (3.2 ton/ha), yıllık yeşil su ayak izi (368,280,954 m^3/yıl) ve mavi su ayak izi (281,075,587 m^3/yıl) verileri kullanılmıştır. Su ayak izi hesaplamalarında literatürde yaygın olarak kullanılan kütle dengesi yaklaşımı uygulanmıştır. Erzurum'da toplam buğday üretimi 319,117 ton/yıl, toplam su ayak izi yaklaşık 649 milyon m^3/yıl olarak hesaplanmıştır. Birim ürün başına su ayak izi 2,035 m^3/ton, ekmek bazında 1.56 m^3/kg olarak bulunmuştur. Kişi başı yıllık su ayak izi 320–350 m^3 aralığındadır. Bulgular, ekmek tüketiminin dolaylı su tüketimi açısından önemli bir faktör olduğunu ve bölgesel su yönetiminde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Su ayak izi, buğday, ekmek tüketimi, sürdürülebilirlik, Erzurum

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

THE WATER FOOTPRINT OF BREAD IN ERZURUM PROVINCE: A SUSTAINABILITY ANALYSIS BASED ON WHEAT PRODUCTION

Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ

Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering

aerdemy@atauni.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-0666-7653

ABSTRACT

Bread consumption places a significant, invisible pressure on water resources throughout the process from field to table. Thousands of liters of water are consumed in the cultivation, processing, and transportation of the wheat needed to produce a loaf of bread; this leads to a massive consumption known as the "water footprint." Inefficiencies in agricultural irrigation and bread waste, in particular, cause the rapid depletion of our limited freshwater reserves and the degradation of aquatic ecosystems. Therefore, knowing that a great deal of water labor goes into every slice of bread and preventing waste is vital for protecting our water security. This study aims to determine the water footprint components associated with wheat production in Erzurum province and to evaluate its impact on water resources through bread consumption. Wheat planting area (99,724 ha), yield (3.2 tons/ha), annual green water footprint (368,280,954 m^3/year), and blue water footprint (281,075,587 m^3/year) data were used. The mass balance approach, widely used in the literature, was applied in water footprint calculations. In Erzurum, total wheat production is calculated at 319,117 tons/year, and the total water footprint is approximately 649 million m^3/year. The water footprint per unit of product is 2.035 m^3/ton, and 1.56 m^3/kg for bread. The annual per capita water footprint is between 320–350 m^3. The findings indicate that bread consumption is a significant factor in indirect water consumption and should be considered in regional water management.

Keywords: Water footprint, wheat, bread consumption, sustainability, Erzurum

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, özellikle iklim değişikliği ve artan gıda talebi bağlamında kritik bir araştırma alanıdır. Küresel ölçekte tatlı su kullanımının yaklaşık %70'inin tarım sektöründe gerçekleşmesi, bu sektörün su yönetimindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır (FAO, 2017).

Su ayak izi kavramı, bir ürünün üretim süreci boyunca tükettiği toplam su miktarını analiz etmek amacıyla geliştirilmiş olup, Arjen Y. Hoekstra tarafından literatüre kazandırılmıştır (Hoekstra et al., 2011). Bu yaklaşım, su kullanımını yeşil (yağış), mavi (yüzey ve yeraltı suyu) ve gri (kirlilik kaynaklı) bileşenlere ayırarak değerlendirmektedir.

Buğday, küresel gıda sisteminde temel bir ürün olup, özellikle ekmek tüketimi yüksek olan ülkelerde su tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. Türkiye'de kişi başı ekmek tüketimi dünya ortalamasının oldukça üzerindedir ve bu durum buğday üretimi üzerinden önemli bir su talebi yaratmaktadır.

Erzurum ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş tarım alanlarına sahip olup, buğday üretimi açısından önemli bir konumdadır. Bölgenin karasal iklimi, su ayak izi bileşenlerinin dağılımını doğrudan etkilemekte; özellikle yağışa bağımlı üretim ile sulama gereksinimi arasındaki dengeyi belirlemektedir.

Bu çalışmanın amacı, Erzurum ilinde buğday üretimine bağlı su ayak izini hesaplamak ve bu üretimin ekmek tüketimi üzerinden su kaynakları üzerindeki etkisini analiz etmektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Veri Kaynakları

Bu çalışmada Türkiye'de kişi başı ekmek tüketiminin belirlenmesi amacıyla ulusal ve uluslararası veri kaynakları birlikte kullanılmıştır. Temel veri sağlayıcı kurumlar arasında Türkiye İstatistik Kurumu, FAO (Food and Agriculture Organization) ve WB (World Bank) yer almaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yayımlanan Hanehalkı Bütçe Araştırması (HBA) verileri, gıda tüketim yapısının belirlenmesinde temel kaynak olarak kullanılmıştır (TÜİK, 2023a; TÜİK, 2023b). Bununla birlikte, bu veri seti doğrudan kişi başı ekmek tüketimini kg/yıl bazında vermemekte, bunun yerine "ekmek ve tahıllar" grubunun toplam tüketim içerisindeki payını sunmaktadır (TÜİK, 2023b; TÜİK, 2022).

Kişi başı tüketim değerlerinin belirlenmesinde ise FAO tarafından yayımlanan Gıda Denge Tabloları (Food Balance Sheets) ve WB veri tabanları esas alınmıştır (FAO, 2022; World Bank, 2023a, 2023b). Bu veri setleri, ülkelerin tarımsal üretim, ithalat-ihracat ve stok değişimlerini içeren makro düzey kütle dengesi yaklaşımına dayanmaktadır (FAO, 2018; FAO, 2020).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Ek olarak, tahıl tüketimi, buğday işleme verimleri ve ekmek üretim parametrelerine ilişkin veriler uluslararası literatür ve sektör raporlarından derlenmiştir (Cauvain, 2015; Delcour & Hoseney, 2010; Kent, 2000; Posner & Hibbs, 2005).

Bu çalışmada kullanılan veriler:

- Erzurum ilinde buğday ekim alanı: 99,724 ha,
- Erzurum ilinde toplam ekilen alan içerisinde buğday ekiminin yapıldığı alanın Erzurum ili ekim yapılan alana oranı: %30.78,
- Erzurum ilinde buğday ekimi yapılan alandan elde edilen birim alan başına ürün verimi: 3.2 ton/ha,
- Erzurum ilinde buğday üretiminin yapıldığı alanda buğday üretimi için ortaya çıkan yeşil su ayak izi değeri: 368,280,954 m³/yıl,
- Erzurum ilinde buğday üretimi için ortaya çıkan yeşil su ayak izi değerinin Erzurum ili toplam yeşil su ayak izi içindeki oranı: %45.698,
- Erzurum ilinde buğday üretiminin yapıldığı alanda buğday üretimi için ihtiyaç duyulan mavi su ayak izi değeri: 281,075,587 m³/yıl ve
- Erzurum ilinde buğday üretimi için ihtiyaç duyulan mavi su ayak izi değerinin Erzurum ili toplam mavi su ayak izi içindeki oranı: % 22.886 olarak verilmiştir.

2.2. Metodolojik Yaklaşım

Bu çalışmada kullanılan su ayak izi hesaplamaları, The Water Footprint Assessment Manual temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

Su ayak izi hesaplamaları genel olarak aşağıdaki eşitliğe dayanır:

$$SA_{\text{ürün}} = \frac{SA_{toplam}}{V}$$

$SA_{\text{ürün}}$: Bitkinin toplam su ayakizi

ÜSİ: Bitkinin toplam su ihtiyacı

V: Verim

$SA_{\text{ürün}}$ bileşenleri; $SA_{\text{ürün}} = SA_{yeşil} + SA_{mavi}$

Bu yaklaşım, Mesfin M. Mekonnen ve Arjen Y. Hoekstra tarafından geliştirilen FAO tabanlı modellerle uyumludur.

2.3. Ekmek Dönüşüm Katsayısı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Ekmek tüketimi doğrudan ölçülebilen bir parametre olmadığından, bu çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan dolaylı hesaplama yöntemi benimsenmiştir (Kearney, 2010; Schmidhuber & Traill, 2006; Alexandratos & Bruinsma, 2012).

$$E_t = W_t \times \eta_u \times \eta_e$$

Burada;

- E_t: kişi başı ekmek tüketimi (kg/kişi·yıl)
- W_t: kişi başı buğday arzı (kg/kişi·yıl)
- η_u: buğdaydan una dönüşüm verimi
- η_e: undan ekmeğe dönüşüm katsayısı

Buğdaydan una dönüşüm verimi literatürde genellikle %70–75 aralığında kabul edilmektedir (Posner & Hibbs, 2005; Kent, 2000; Delcour & Hoseney, 2010). Unun ekmeğe dönüşüm katsayısı ise ürün tipine bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama 1.2–1.4 aralığında değerlendirilmektedir (Cauvain, 2015; Pomeranz, 2009). Bu katsayı çalışmada 1 ton buğday → 1.3 ton ekmek olarak sabit kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle FAO veri setlerine dayanan çalışmalarda standart yöntem olarak kabul edilmekte olup, gıda tüketim modellemelerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (FAO, 2022; FAO, 2018).

2.3. Türkiye için Referans Değer

Uluslararası veri setlerine dayalı hesaplamalara göre Türkiye'de kişi başı ekmek tüketimi yaklaşık **190–200 kg/kişi·yıl** aralığındadır (World Bank, 2023a; FAO, 2022; OECD/FAO, 2021). Bu değer, Türkiye'nin dünya genelinde en yüksek ekmek tüketimine sahip ülkeler arasında yer aldığını göstermektedir (OECD/FAO, 2021; World Bank, 2023b).

Bu bulgu, hem WB hem de FAO veri setleri ile uyumlu olup, farklı metodolojik yaklaşımlarla yapılan çalışmalarla da doğrulanmaktadır (FAO, 2020; Eurostat, 2022; Kearney, 2010).

2.4. Yöntemin Sınırlılıkları

Kullanılan metodoloji bazı sınırlılıklar içermektedir:

- Gıda denge tabloları tüketimi değil, arzı temsil etmektedir (FAO, 2018; FAO, 2020)
- Gıda kayıpları ve israf modele doğrudan yansımamaktadır (Gustavsson et al., 2011; FAO, 2013)
- "Ekmek" kavramı geniş bir ürün grubunu kapsamaktadır (ICC, 2017)

Bu nedenle elde edilen sonuçlar doğrudan ölçüm değil, yüksek güvenilirliğe sahip model tahminleri olarak değerlendirilmelidir (Schmidhuber & Traill, 2006; Alexandratos & Bruinsma, 2012).

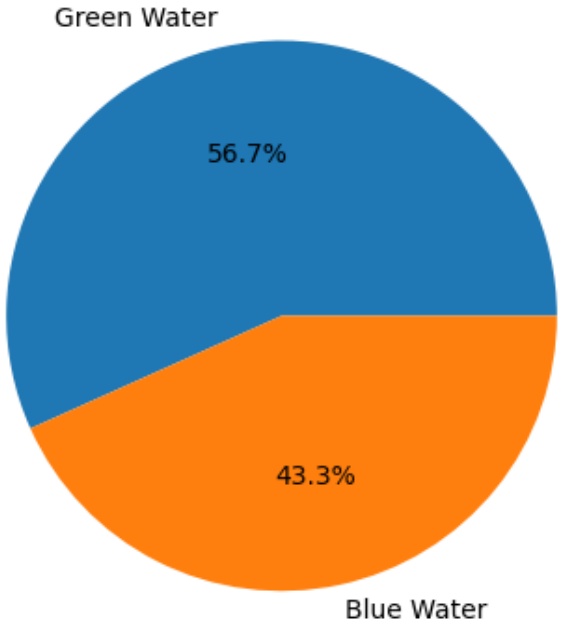
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.1. Üretim ve Toplam Su Ayak İzi

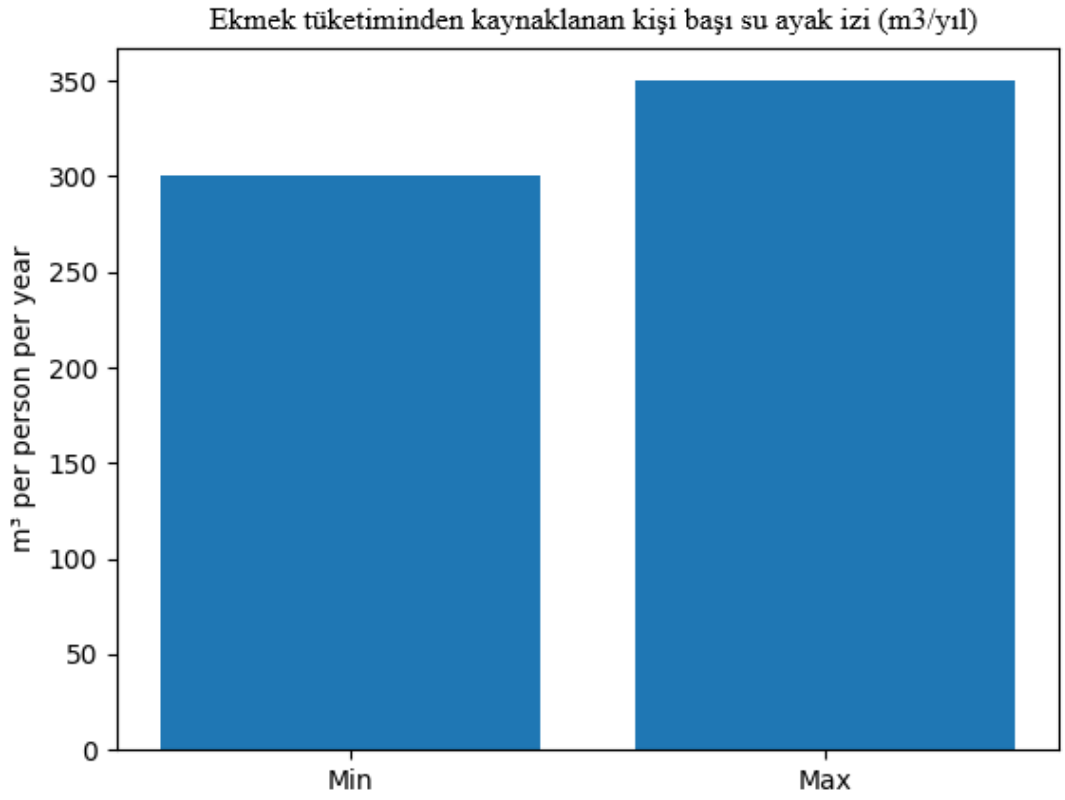
Erzurum ilinde 2020-2024 yılları verilerinin ortalama değeri olarak toplam buğday üretimi yaklaşık **319.12 ton/yıl**'dır. 319,117 ton/yıl ortalama buğday üretiminin gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan toplam su ayak izi: **649.4 milyon m³/yıl** olarak bulunmuştur. Bu değer, bölgesel ölçekte son derece yüksek bir su tüketimine işaret etmektedir. Bu büyüklük, Erzurum gibi nispeten düşük nüfuslu bir il için, tarımsal üretimin su bütçesi üzerindeki baskısının oldukça belirgin olduğunu göstermektedir.

Bu değerler birlikte ele alındığında aşağıdaki grafiksel sonuçlar ortaya çıkmaktadır.



Görsel 1. Erzurum ili buğday üretimi su ayak izi dağılımı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 2. Erzurum ili ekmek tüketiminden kaynaklanan kişi başı su ayak izi

3.2. Su Ayak İzi Dağılımı

$$Yeşil\ Su\ Ayak\ İzi = \frac{368280954}{319117} \approx 1154\ m^3/ton$$

$$Mavi\ Su\ Ayak\ İzi = \frac{281075587}{319117} \approx 881\ m^3/ton$$

$$Toplam\ (Yeşil + Mavi)\ Su\ Ayak\ İzi \approx 2035\ m^3/ton$$

Yeşil su bileşeninin baskın olduğu görülmektedir.

3.3. Ekmek Bazında Su Ayak İzi

Genel kabul: 1 ton buğday → ≈ 1.3 ton ekmek ise buna göre:

$$1\ ton\ ekmek \approx \frac{2035}{1.3} \approx 1565\ m^3 \rightarrow\ 1\ kg\ ekmek \approx 1.56\ m^3\ su$$

3.4. Kişi Başı Su Ayak İzi

Türkiye ortalaması (~200 kg/yıl ekmek tüketimi) esas alınırsa:

$$200 \times 1.56 = 312\ m^3/kişi - yıl$$

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

olarak bulunur. Bu değer Erzurum için yerleşim merkezinde yaşayan kişilerin ekonomik durumları, sosyokültürel yapıları ve ekmek tüketiminin Türkiye ortalaması üzerinde olduğu dikkate alındığında 320-350 m^3/kişi-yıl aralığında değerlendirilebilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlar, Erzurum'da buğday üretiminin yüksek su tüketimi gerektirdiğini göstermektedir. Yeşil su bileşeninin yüksek olması, üretimin büyük ölçüde yağışa bağlı olduğunu; mavi su bileşeninin varlığı ise sulama uygulamalarının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Birim ürün başına su ayak izi değerleri literatürde verilen aralıklarla uyumludur (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Bununla birlikte, Erzurum'da verimin görece düşük olması, su ayak izinin artmasına neden olmaktadır.

Kişi başı su ayak izi değerleri, bireysel tüketim alışkanlıklarının su kaynakları üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir. Bu bağlamda ekmek tüketimi, dolaylı su tüketiminin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışma sonucunda:

- Erzurum'da buğday üretimi önemli bir su tüketimine neden olmaktadır.
- Ekmek tüketimi, dolaylı su tüketiminin kritik bir göstergesidir.
- Sürdürülebilir tarım ve su politikaları açısından sulama verimliliğinin artırılması gerekmektedir.
- Buğday üretiminin su ayak izi değerinin yüksek olmasından dolayı ekmek israfının önüne geçilmelidir.
- Su yönetimi politikalarında tüketim alışkanlıkları dikkate alınmalıdır.

Bütün veriler birlikte ele alındığında bu çalışma Erzurum ölçeğinde;

Ekmek tüketimi= su tüketimi' ilişkisini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Çalışma bu yönüyle;

- Sürdürülebilirlik politikaları
- Su yönetimi stratejileri
- Gıda planlaması

için doğrudan kullanılabilir niteliktedir.

KAYNAKÇA

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050*. FAO.

Cauvain, S. P. (2015). *Breadmaking: Improving quality* (2nd ed.). Woodhead Publishing.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Delcour, J. A., & Hoseney, R. C. (2010). *Principles of cereal science and technology* (3rd ed.). AACC International.

Eurostat. (2022). *Food consumption statistics*.

FAO. (2013). *Food wastage footprint: Impacts on natural resources*.

FAO. (2017). *Water for sustainable food and agriculture*.

FAO. (2018). *Food balance sheets: Methodology*.

FAO. (2020). *FAOSTAT user guide*.

FAO. (2022). *Food balance sheets database*.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). *Global food losses and food waste*. FAO.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual*.

ICC. (2017). *Bread and bakery products definitions*.

Kearney, J. (2010). Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2793–2807.

Kent, N. L. (2000). *Technology of cereals* (4th ed.). Woodhead Publishing.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). Water footprint of crops. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577–1600.

OECD/FAO. (2021). *Agricultural outlook 2021–2030*.

Pomeranz, Y. (2009). *Wheat chemistry and technology*. AACC International.

Posner, E. S., & Hibbs, A. N. (2005). *Wheat flour milling*. AACC International.

Schmidhuber, J., & Traill, W. B. (2006). The changing structure of diets. *Agricultural Economics*, 35, 1–23.

TÜİK. (2022). *Gelir ve yaşam koşulları araştırması*.

TÜİK. (2023a). *Hanehalkı bütçe araştırması sonuçları*.

TÜİK. (2023b). *Tüketim harcamaları istatistikleri*.

World Bank. (2023a). *World development indicators*.

World Bank. (2023b). *Global consumption database*.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ENDEMIC *ALBURNOIDES* SPECIES OF TÜRKİYE'S INLAND WATERS

Assoc. Dr. Esra BAYÇELEBİ

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, 53100, Rize

esra.dogan@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6868-5091

ABSTRACT

Türkiye's inland water ecosystems constitute a major biogeographic center characterized by high levels of speciation and endemism, driven by geomorphological diversity and complex hydrological networks. In recent years, the accelerated taxonomic divergence within the *Alburnoides* complex in Anatolian freshwater systems has emerged as one of the most striking examples revealing the region's cryptic biodiversity. Integrative taxonomic revisions of the genus, particularly those combining morphological and molecular approaches, have resulted in the recognition of a remarkable species diversity in Anatolia. Within this framework, *Alburnoides smyrnae* Pellegrin, 1927; *A. manyasensis* Turan, Ekmekçi, Kaya & Güçlü, 2013; *A. coskuncelebii* Turan, Kaya, Aksu, Bayçelebi & Bektaş, 2016; *A. freyhofi* Turan, Kaya, Bayçelebi, Bektaş & Ekmekçi, 2017; *A. kosswigi* Turan, Kaya, Bayçelebi, Bektaş & Ekmekçi, 2017; *A. kurui* Turan, Kaya, Bayçelebi, Bektaş & Ekmekçi, 2017; and *A. turani* Kaya, 2020 are recognized as microendemic taxa distributed across distinct drainage systems of Turkey Ecologically, these species are typically associated with moderately flowing, well-oxygenated streams characterized by p̲uɲ- and gravel-dominated substrates. However, their restricted distribution ranges and habitat specificity render them highly vulnerable to environmental perturbations. Hydromorphological alterations (e.g., dam and regulator construction), water pollution, water abstraction, and the introduction of invasive species exert both direct and indirect impacts on their population dynamics. In this context, endemic *Alburnoides* species of Türkiye represent high-priority taxa for both understanding evolutionary processes and conserving freshwater biodiversity. Future research should be supported by high-resolution genomic data, ecological niche modeling, and long-term population monitoring programs, alongside the development of integrated, basin-scale conservation strategies. Such an approach will contribute to a more comprehensive understanding of cryptic diversity in Anatolian inland waters and support the sustainable conservation of these taxa.

Key words : Spirlin, *Alburnoides*, Anatolio, biodiversity

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

STRUCTURE AND FUNCTION OF MAJOR INLAND RIVER SYSTEMS IN TÜRKİYE

Assoc. Dr. Esra BAYÇELEBİ

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquatic Sciences, 53100, Rize

esra.dogan@erdogan.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-6868-5091

ABSTRACT

Türkiye's inland water systems exhibit a high degree of hydrological and ecological heterogeneity driven by topographic complexity and climatic gradients. This study presents a comparative assessment of the principal river systems in Türkiye based on their lengths within national boundaries, namely the Kızılırmak, Fırat, Sakarya, Murat, Seyhan, and Aras rivers. These river systems belong to distinct geological and hydrological basins and display marked differences in flow regimes, drainage areas, and sediment transport dynamics. The Kızılırmak and Sakarya are entirely confined within Türkiye and are primarily shaped by internal hydrodynamic processes, whereas the Fırat and its major tributary, the Murat, represent key components of the Eastern Anatolian hydrological network due to their extensive drainage areas and high discharge capacity. The Seyhan , discharging into the Mediterranean basin, plays a critical role in agricultural irrigation, while the Aras constitutes a transboundary system linking Anatolia with the Caucasus hydrographic region. From an ecological perspective, these rivers support diverse habitat types and harbor considerable biological diversity, particularly in terms of freshwater ichthyofauna, with notable levels of regional differentiation and endemism. However, anthropogenic pressures—including dam and hydropower development, water abstraction, pollution, and climate change–induced alterations in flow regimes—pose significant threats to their ecological integrity. Intensive hydrotechnical interventions in the Fırat basin, in particular, have substantially modified natural flow patterns and ecosystem continuity. In conclusion, Türkiye's major river systems are of strategic importance not only hydrologically but also ecologically and socioeconomically. Sustainable management requires the implementation of basin-scale planning approaches, the integration of ecosystem-based conservation strategies, and the establishment of long-term monitoring programs. Such efforts are essential for the effective conservation of inland water resources and the maintenance of freshwater biodiversity in Türkiye.

Key words: river systems, hydrology, basin management, sustainability

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AMELIORATION STRATEGIES FOR SALINE SOILS

Coşkun GÜLSER [1*], Füsun GÜLSER [2]

[1] Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun, Türkiye
*e-mail: cgulser@omu.edu.tr

[2] Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Van Türkiye
e-mail: fgulser@yyu.edu.tr

Abstract

Over the world a significant percentage of soils used for agricultural production are affected by salinity. Salinity problem is more prevalent in arid and semi-arid regions compared to the world's humid and temperate regions. Soil salinity is a widespread problem negatively impacting global agriculture; it reduces germination, growth, biomass, and yield in many crops, particularly glycophytes, and is worsen by climate change, incorrect irrigation practices, and degraded watersheds. A wide variety of remediation strategies often used in conjunction have been developed by this aim of to reduce root zone salinity, improve soil physical and chemical properties, and maintain crop yields. Assessing and controlling soil salinity requires a range of management actions addressing irrigation quality, drainage, leaching, soil improvement, and planting systems. Global and regional assessments show that a significant portion of irrigated land remains affected by salinity, and conscious management is necessary to maintain productivity. Phytoremediation and biosaline approaches are increasingly accepted as complementary components of breeding alongside traditional physical and chemical methods . Manure, compost, and other organic materials can reduce sodium levels in the soil and improve soil fertility with cost-effective options. But dose calibration and monitoring of some organic materials that may cause salinity necessary because of salinity problem occuring organic material.

Key Words : Soil, salinity, amelioration , management

Introduction

Salinity impairs the physical, biological, and chemical properties of soil, negatively reducing its capacity to meet the necessary increase in global food security. Worldwide, more than 900 million hectares of arable land, or 6% of the total land area, are affected by salinity (Kumar et al.,2018, Murphy et al., 2018). Soil salinity affects a large portion of global and regional agricultural land, leading to yield losses and requiring integrated management across hydrology, chemistry, biology, and agriculture. Soil salinity affects a large portion of global and regional agricultural land, leading to yield losses and requiring integrated management across hydrology, chemistry, biology, and agriculture (Mbarki et al., 2020, Mokrani et al., 2022,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Farooqi et al., 2023, Nainwal et al., 2024). Irrigation practices, drainage limitations, climate change, coastal and saline groundwater impacts are exacerbating the problem. Therefore, site-specific remediation strategies integrating infiltration, conditioners, vegetation, and management innovations are needed. (Mokrani et al., 2022, Farooqi et al., 2023, Nainwal et al., 2024, Ma et al., 2025). Phytoremediation and biosaline approaches are increasingly accepted as complementary components of breeding alongside traditional physical and chemical methods (Mishra et al., 2023 , Mbarki et al., 2020 , Ma et al., 2025). Manure, compost, and other organic materials can reduce sodium levels in the soil and improve soil fertility with cost-effective options. The remediation strategies presented below of saline soils were discussed in this review. Figure 1 illustrates a salinity-affected soil environment characterized by sparse halophytic vegetation, surface salt accumulation, and poor soil productivity conditions commonly observed in degraded arid and semi-arid ecosystems. Figure 1 presents typical visual characteristics of salinity-affected soils, including surface salt crusts, soil cracking, poor vegetation development, and reduced plant growth, which are commonly associated with degraded agricultural lands in arid and semi-arid regions..



Figure 1. Representative examples of salinity-affected soils showing surface salt accumulation, soil cracking, sparse vegetation cover, and reduced crop growth under arid and semi-arid environmental conditions. https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/tuz-lekeleri-gm1137045036-303046773

Water Management and Leaching

Soil remediation generally combines leaching with conditioners and/or vegetation systems to reduce soil salinity and restore soil fertility indices such as SAR and ESP (Mohanavelu et al., 2021, Kumar et al., 2022, Liu et al., 2023). Soil percolation plays a central role in reducing soluble salts in the root zone. Many researchers (Short, 2019, Hoshan, 2022, Kumar et al., 2022) reported that percolation is a primary remediation mechanism and percolation requirements should have careful sizing to prevent overuse of scarce irrigation water and to prevent secondary salinization in adjacent areas. Leaching norms should be adapted to soil texture, salinity status, and drainage capacity to avoid undesirable consequences such as waterlogging or uplift of salt (Tedeschi et al., 2023; Kumar et al., 2022; Hoshan, 2022). Drainage plays a critical role by lowering the groundwater level, which supports upward salt movement. When subsurface

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

drainage is combined with planting or other remediation practices, it can significantly reduce salinity in the root zone and support sustainable yields in the affected system(Kumar et al., 2022). Drip irrigation and precision irrigation strategies can complement drainage, especially in saline and calcareous soils, by selectively managing percolation in the root zone (Tan et al., 2023). Figure 2 illustrates a saline soil environment with halophytic vegetation and shallow water accumulation, emphasizing the importance of water management, drainage, and leaching practices in controlling salt accumulation within the root zone.



Figure 2. Salinity-affected wetland soil showing halophytic vegetation and surface water accumulation under saline environmental conditions.https://www.dreamstime.com/vast-territory-salted-marshy-soil-azov-seaside-grown-halophytes-saline-marsh-soil-halophytes-image214562283

Amendments and Soil Conditioners

Organic conditioners such as green manures, compost, and biochar can improve soil physical properties, increase organic matter, and contribute to salinity remediation by improving nutrient cycling. (IJ et al., 2022). Particularly ıt has been reported that green manure crops improve soil structure and can indirectly increase the Ca/Na balance through ionic regulation and support plant growth under saline conditions. (IJ et al., 2022, Tedeschi et al., 2023). Organic conditioners such as compost and biochar improve water movement and salt leaching in saline-sodium soils by increasing soil aggregate stability, porosity, and saturated hydraulic conductivity. While individual organic conditioner applications have proven sufficiently important for rehabilitating saline-sodium soil, the combined application of gypsum and

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

organic conditioners has been more effective in improving soil properties directly related to sodium removal, including sodium leaching, hydraulic conductivity, ESP, and SAR, and may therefore provide an additional benefit in accelerating the remediation process (Chaganti et al., 2015). Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) is offen reported as a primary soil conditioner for saline-sodium soils because it provides Ca^{2+} by replacing exchangeable Na^+ in soil colloids, thereby reducing ESP and facilitating salt leaching. Integrated gypsum applications with organic conditioners such as compost or manure show more reductions in ESP and EC, improved soil structure, and increased yields in onions and other crops (Kitila et al., 2020, Shi et al., 2021). Integrated biological-organic soil conditioners such as gypsum with organic conditioners containing beneficial microorganisms have been reported as a promising approach for improving soil function and crop yield in saline soils (Bello et al., 2021). It has been reported that elemental sulfur phosphogypsum and sulfuric acid which can alter the exchangeable ion balance and promote leaching while improving soil structure can effectively reduce salinity stress and increase feed yield (Naushabayev et al., 2024). Zeolites and other mineral additives can adsorb Na^+ ions and improve the Ca^{2+}/N^{a+} balance, thereby contributing to soil quality under saline conditions (Mukhopadhyay et al., 2021). Figure 3 presents examples of vegetation-based and organic amendment-supported remediation strategies used in saline soils, including salt-tolerant plant species and integrated biosaline management practices aimed at improving soil structure, nutrient cycling, and salt regulation.



Figure 3. Different plant species and organic amendment-based approaches used in saline soil remediation and biosaline agriculture systems. https://www.researchgate.net/figure/Halophyte-plants-grown-under-controlled-conditions-in-hydroponic-cultures-a_fig1_350183863

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Plant Cultivation Strategies and Vegetation-Based Approaches

Salt-tolerant plants and varieties can maintain yield under saline conditions, and crop diversification involving halophytes and agroforestry systems can provide resilience and potential economic returns in saline soils (Hopmans et al., 2021). Halophytes ,plants adapted to high salinity, present two complementary ways to address the salinity problem: (i) phytoremediation/phytodesalination to remove or retain salt from soils and (ii) enabling sustainable saline agriculture through co-cultivation with glycophytic plants and biosaline systems. (Saddhe et al., 2020, Sghaier-Hammami et al., 2020, Wani et al., 2020). Green manures and legume crops can aid remediation efforts by contributing to soil organic matter and nutrient cycling, while providing biomass or residue benefits (IJ et al., 2022; Tedeschi et al., 2023). It has been reported that plant resistance and soil health can be supported in saline environments using microbial inoculants and AMF (arbuscular mycorrhizal fungus) however, compatibility of the improvers with crop selections is necessary for optimum benefit (Pankaj et al., 2019, Bello et al., 2021, Seitkazieva et al., 2023, Tedeschi et al., 2023). Figure 4 shows representative halophytic plant species capable of surviving under high salinity conditions and contributing to phytoremediation, biosaline agriculture, and sustainable vegetation-based management of saline soils.



Figure 4. Halophytic plant species adapted to saline environments and commonly used in vegetation-based saline soil remediation approaches. https://www.shutterstock.com/tr/image-photo/halophytes-coastal-zone-salt-plant-common-775950679?trackingId=470e5df5-0ef1-4273-aa11-187e7d1705ee&listId=searchResults

Conclusion

In conclusion, the success of salinity management depends on a robust water balance, drainage capacity, and soil remediation strategy appropriate to the local geology and climate. Across regions, the magnitude of salinity reduction and yield increase depends on soil texture, depth, groundwater dynamics, irrigation water salinity, and the timing and rates of remediation and leaching operations.Insodium- and saline-sodium soils, integrated remediation strategies combining gypsum with organic conditioners such as compost, manure, biological waste, or biochar consistently provide superior improvements in soil physical properties (aggregate

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

stability, porosity, density reduction, and saturated hydraulic conductivity) and promote more effective leaching of Na^+ and salts compared to conditioners used alone.

References

Aboukila, E. (2019). Use of Spent Grains, Cheese Whey, Gypsum, And Compost for Reclamation of Sodic Soils and Improvement of Corn Seed Germination. *Alexandria Science Exchange Journal*, *40*(APRIL-JUNE), 314–328. https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2019.34188

Bello, S. K., Alayafi, A. H., Al-Solaimani, S. G., & Abo-Elyousr, K. A. M. (2021). Mitigating Soil Salinity Stress with Gypsum and Bio-Organic Amendments: A Review. *Agronomy*, *11*(9), 1735. https://doi.org/10.3390/agronomy11091735

Chaganti, V. N., Crohn, D. M., & Šimůnek, J. (2015). Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. *Agricultural Water Management*, *158*, 255–265. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.016

Gamalero, E., Bona, E., Todeschini, V., & Lingua, G. (2020). Saline and Arid Soils: Impact on Bacteria, Plants, and Their Interaction. *Biology*, *9*(6), 116. https://doi.org/10.3390/biology9060116

Hopmans, J. W., Qureshi, A. S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P. S., Raats, P. A. C., Skaggs, T. H., Wang, G., Lier, Q. de J. van, Jiao, H., Lavado, R. S., Lazarovitch, N., Li, B., & Taleisnik, E. (2021). Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. 1–191. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001

IJ, I., Hoque, Md. N., Hannan, A., & MM, A. (2022). Green manure for soil salinity reclamation- A comprehensive review. *Journal of Agriculture Food and Environment*, *03*(04), 05–14. https://doi.org/10.47440/jafe.2022.3402

Kitila, K., Chala, A., & Workina, M. (2020). Effect of Gypsum and compost Application in Reclaiming Sodic soils at Small Scale Irrigation Farm in Bora District of East Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. *Agriways*, *08*(01), 28–44. https://doi.org/10.38112/agw.2020.v08i01.005

Kumar, A., Kumar, A., Kumar, P., Lata, C., & Kumar, S. (2018). Effect of individual and interactive alkalinity and salinity on physiological, biochemical and nutritional traits of Marvel grass. *Indian Journal of Experimental Biology*, *56*, 573–581.

Kumar, R., Singh, A., Bhardwaj, A. K., Kumar, A., Yadav, R. K., & Sharma, P. C. (2022). Reclamation of salt-affected soils in India: Progress, emerging challenges, and future strategies. *Land Degradation and Development*, *33*(13), 2169–2180. https://doi.org/10.1002/ldr.4320

Liu, S., Li, F., Zhang, Q., Zhao, L., Tian, C., Qiao, Y., Du, K., Cheng, H., Chen, G., & Li, X. (2023). Soil Quality Improvement with Increasing Reclamation Years in the Yellow River Delta. *Agronomy, 13*(10), 2576. https://doi.org/10.3390/agronomy13102576

Mohanavelu, A., Naganna, S. R., & Al-Ansari, N. (2021). Irrigation Induced Salinity and Sodicity Hazards on Soil and Groundwater: An Overview of Its Causes, Impacts and Mitigation Strategies. *Agriculture, 11*(10), 983. https://doi.org/10.3390/agriculture11100983

Mukhopadhyay, R., Sarkar, B., Jat, H. S., Sharma, P. C., & Bolan, N. (2021). Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. *Journal of Environmental Management, 280*, 111736. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111736

Murphy, B. R., Jadwiszczak, M. J., Soldi, E., & Hodkinson, T. R. (2018). Endophytes from the crop wild relative *Hordeum secalinum* L. improve agronomic traits in unstressed and salt stressed barley. *Cogent Food & Agriculture, 4*, 1549195.

Naushabayev, A., Seitkali, N., Karayeva, K., Mazkirat, S., Toilybayev, M., & Vassilina, T. (2024). Effective strategies for reclaiming soda-saline soils: Field experimentation and practical applications in Southeast Kazakhstan. *Eurasian Journal of Soil Science, 13*(3), 263–272. https://doi.org/10.18393/ejss.1491206

Pankaj, U., Singh, D., Singh, G., & Verma, R. K. (2019). Microbial Inoculants Assisted Growth of *Chrysopogon zizanioides* Promotes Phytoremediation of Salt Affected Soil. *Indian Journal of Microbiology, 59*(2), 137–146. https://doi.org/10.1007/s12088-018-00776-9

Saddhe, A. A., Manuka, R., Nikalje, G. C., & Penna, S. (2020). Halophytes as a Potential Resource for Phytodesalination. 1–21. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_92-1

Seitkazieva, K. A., Shilibek, K., Seitkaziev, A. S., Turekeldieva, R., & Karpenko, N. P. (2023). Ecological and Meliorative Substantiation of Gray-Earth-Meadow Saline Soils of Zhambyl Region. *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 1*(457), 189–201. https://doi.org/10.32014/2023.2518-170x.2

Sghaier-Hammami, B., Baazaoui, N., Hammami, S. B. M., & Abdelly, C. (2020). Priming-Mediated Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses in Halophytes. 1–26. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_55-1

Shi, L., Zhu, Y., Li, P., & Song, X. (2021). The Amelioration of Reclamation on Physical and Chemical Properties of Coastal Saline-Sodic Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*. https://doi.org/10.15244/pjoes/136479

Tan, J., Kang, Y., Jiao, Y., Wan, S., Wang, X., Tian, J., Erel, R., & Ben-Gal, A. (2023). Effects of drip irrigation and cropping on soil salinity, ionic composition and waxy corn production in a severely saline and calcareous and gypsiferous soil. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 16*(5), 155–164. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20231605.8125

Tedeschi, A., Schillaci, M., & Balestrini, R. (2023). Mitigating the impact of soil salinity: recent developments and future strategies. *Italian Journal of Agronomy*, *18*(2), 2173. https://doi.org/10.4081/ija.2023.2173

Wani, S. H., Kumar, V., Khare, T., Rajasheker, G., Parveda, M., Solymosi, K., Suprasanna, P., & Kishor, P. B. K. (2020). Engineering salinity tolerance in plants: progress and prospects. *Planta*, *251*(4). https://doi.org/10.1007/s00425-020-03366-6

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EVALUATION OF DIATOMITE-DERIVED ADSORBENTS FOR EFFICIENT ORANGE II REMOVAL FROM WATER

Doç. Dr. Özlem Tuna

Yalova Üniversitesi

ozlemmtuna@gmail.com - ORCID NO: 0000-0003-1641-4155

Arş. Gör. Dr. Nergiz Kanmaz

Yalova Üniversitesi

nergizkanmaz@gmail.com - ORCID NO: 0000-0002-5598-4911

Prof. Dr. Pelin Demircivi

Yalova Üniversitesi

pelindemircivi@hotmail.com - ORCID NO: 0000-0002-1068-9310

ABSTRACT

The removal of synthetic dyes from wastewater remains a significant environmental challenge due to their persistence, toxicity, and resistance to conventional treatment methods. Among these dyes, Orange II is widely used in textile and industrial applications and is frequently detected in aquatic environments. In this study, the adsorption performances of diatomite and acid-treated diatomite were comparatively investigated for the removal of Orange II from aqueous solutions. Batch adsorption experiments were systematically conducted to evaluate the effects of key operational parameters, including adsorbent dosage, solution pH, and initial dye concentration. The results demonstrated that both adsorbents exhibited notable adsorption capacities toward Orange II, with performance strongly dependent on the experimental conditions. Increasing the adsorbent dosage enhanced the removal efficiency due to the availability of more active adsorption sites, while variations in pH significantly influenced the surface charge of the adsorbents and the ionization state of the dye molecules. Furthermore, higher initial dye concentrations led to increased adsorption capacity, indicating a strong driving force for mass transfer between the aqueous phase and the adsorbent surface. Comparative analysis revealed that the acid-treated diatomite exhibited improved adsorption performance compared to raw diatomite, which can be attributed to their enhanced surface area and increased number of active sites. The findings of this study highlight the potential of low-cost and environmentally friendly diatomite-based materials as effective adsorbents for dye removal from wastewater.

Key Words : Diatomite, Adsorption, Orange II

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. INTRODUCTION

The rapid expansion of industrial activities, particularly in the textile sectors, has led to the widespread discharge of synthetic dyes into aquatic environments. Among the various synthetic dyes, Orange II (sodium 4-[(2-hydroxy-1-naphthyl)azo]benzenesulfonate) is an azo dye extensively used in textile dyeing and industrial applications. The dye poses serious environmental and public health risks due to their high chemical stability, toxicity, and resistance to conventional biological treatment processes. Even at low concentrations, the synthetic dye can significantly reduce light penetration in water bodies, thereby disrupting photosynthesis and aquatic ecosystems [1,2]. Thus, its frequent detection in wastewater effluents has raised considerable concern, necessitating the development of efficient and cost-effective removal strategies [3]. Various treatment methods have been explored for dye removal from wastewater, including coagulation, membrane filtration, advanced oxidation processes, and adsorption [4]. Among these, adsorption has attracted considerable attention owing to its simplicity, high efficiency, low cost, and ease of operation [3]. The selection of an appropriate adsorbent is critical to the overall performance and economic feasibility of the adsorption process [5]. In recent years, naturally occurring minerals have gained increasing interest as low-cost adsorbents due to their abundance, environmental compatibility, and favorable surface properties [6].

As a natural adsorbent, diatomite has been gained significant attention due to its outstanding features such as its unique porous microstructure, large specific surface area, chemical inertness, and low bulk density [7]. However, the raw form of diatomite may exhibit limited adsorption capacity due to surface impurities and insufficient active sites [8]. Chemical modification, particularly acid treatment, has been widely reported as an effective strategy to improve the surface properties of diatomite by removing impurities, increasing surface area, and generating additional active adsorption sites [9].

Therefore, herein systematic comparative studies on the adsorption performance of raw and acid-treated diatomite for Orange II removal were performed. The effect of adsorbent dosage, time, initial dye concentration and initial solution pH were examined for the diatomite samples. The study presented that natural samples-driven adsorption processes could be applied as low-cost and sustainable approach for sufficient dye removal.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

Diatomite was purchased from İstanbul Maden company. All chemical reagents were directly performed without further purification.

2.2. Acid Treatment

Natural diatomite was treated by mixing with 20 % (v/v) HCl solution for 2 h and then washed with distilled water several times. Next, the as-treated samples were dried at 120 ℃ for 3 h

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

followed by calcination at 800 ℃ for 2 h. In addition, natural diatomite was named as DT whereas the acid-treated diatomite was labelled as A-DT [10].

2.3. Adsorptive Experimental Studies

The adsorption experiments were performed under various operational conditions to evaluate the dye removal performance of the adsorbents. Initially, 10 mg of adsorbent was added to 30 mL of 20 mg/L OII solution and stirred for 24 h using an orbital shaker in order to investigate the effect of acid treatment on the adsorption behavior. Subsequently, the influence of adsorbent dosage on the dye removal efficiency was evaluated by varying the adsorbent amount as 5, 10, and 15 mg under identical shaking conditions for 24 h. In addition, the effect of initial dye concentration was examined using 10, 20, and 30 mg/L OII solutions in the presence of 10 mg adsorbent for 24 h. Finally, the adsorption performance was investigated under different pH conditions (3, 6, and 10) to determine the effect of solution pH on the dye removal process.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Primarily Adsorptive Studies

The comparative Orange II removal efficiencies of raw diatomite and acid-treated diatomite are presented in Figure 1a. Raw diatomite achieved a removal efficiency of 76%, while acid-treated diatomite demonstrated a significantly higher removal efficiency of 91%, representing an approximately 15% improvement following acid modification. The enhanced adsorption performance of acid-treated diatomite could be primarily attributed to the structural and surface modifications induced by the acid treatment process [11]. HCl treatment effectively removed surface impurities, metallic oxides, and carbonate deposits that partially blocked the natural porous structure of raw diatomite [7]. As a result, the specific surface area and the number of accessible active adsorption sites were considerably increased, enabling more efficient interaction between the adsorbent surface and Orange II molecules. Furthermore, the acid treatment promoted the hydroxylation of the diatomite surface, generating additional Si–OH groups that could interact with the anionic Orange II molecules through hydrogen bonding and electrostatic interactions [12]. The increased surface hydroxylation, combined with the enhanced porosity, collectively contributed to the superior uptake capacity observed in acid-treated diatomite. The relatively high removal efficiency of raw diatomite (76%) also confirmed the inherent adsorption potential of the natural material, which arised from its unique biogenic silica framework and naturally porous microstructure. However, the results clearly demonstrated that acid modification was a simple yet highly effective strategy to further unlock the adsorption capacity of diatomite, achieving over 90% Orange II removal under the tested conditions. These findings were consistent with previously reported studies on chemically modified diatomite, confirming that acid treatment was a cost-effective and scalable approach for improving the performance of natural mineral adsorbents in dye wastewater treatment applications.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.2. Effect of Adsorbent Dosage

The effect of adsorbent dosage on the removal efficiency of Orange II was systematically investigated by varying the amount of acid-treated diatomite from 5 mg to 15 mg, and the results were presented in Figure 1b. A clear positive correlation was observed between adsorbent dosage and removal efficiency, with Orange II removal increasing from 78% at 5 mg to 91% at 10 mg and further to 95% at 15 mg. This progressive enhancement in removal efficiency with increasing adsorbent dosage was primarily attributed to the greater availability of active adsorption sites at higher dosages. As the amount of adsorbent increased, a larger total surface area was exposed to the dye solution, providing more binding sites for Orange II molecules and thereby facilitating more efficient dye uptake from the aqueous phase. It was noteworthy that although removal efficiency continued to increase with dosage, the rate of improvement diminished at higher dosages. The relatively modest gain from 10 mg (91%) to 15 mg (95%) compared to the significant jump from 5 mg (78%) to 10 mg (91%) suggested that the adsorption system approached saturation equilibrium at higher dosages. This behavior might also be partly attributed to the aggregation of adsorbent particles at higher concentrations, which could reduce the effective surface area available for dye adsorption [13]. From a practical standpoint, a dosage of 10 mg might represent a more optimal operating condition, balancing high removal efficiency (91%) with material economy. Nevertheless, the 95% removal achieved at 15 mg confirmed the strong adsorption potential of acid-treated diatomite even at relatively low adsorbent quantities, highlighting its suitability as a cost-effective material for Orange II removal from wastewater.

3.3. Effect of Initial Dye Concentration

The influence of initial Orange II concentration on the adsorption performance of acid-treated diatomite was evaluated at three concentration levels (10, 20, and 30 mg/L), and the results were illustrated in Figure 1c. The removal efficiency exhibited a clear decreasing trend with increasing initial dye concentration, declining from 99% at 10 mg/L to 91% at 20 mg/L and further to 72% at 30 mg/L. At low initial concentrations (10 mg/L), the number of available active adsorption sites on the adsorbent surface was considerably greater than the number of dye molecules present in solution. This favorable ratio ensured that nearly all Orange II molecules were effectively captured, resulting in an exceptionally high removal efficiency of 99%. As the initial concentration increased, the total number of dye molecules in solution progressively exceeded the available adsorption capacity of the adsorbent, leading to a gradual decline in removal efficiency. At higher concentrations (30 mg/L), the adsorption sites became increasingly occupied and the adsorbent surface approached saturation, making it unable to accommodate all dye molecules present in the solution [14]. Consequently, a greater proportion of Orange II remained unremoved in the aqueous phase, reducing the overall removal efficiency to 72%. This behavior was characteristic of surface-limited adsorption systems and was widely reported for mineral-based adsorbents in dye removal studies. Despite the decrease in removal efficiency, it should be noted that the absolute amount of Orange II adsorbed per unit mass of adsorbent (adsorption capacity, qe) increased with increasing initial concentration, driven by

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

the stronger concentration gradient that enhanced mass transfer from the liquid phase to the adsorbent surface. This highlighted that while higher concentrations reduced percentage removal, they simultaneously increased the loading capacity of the material. Overall, these results confirmed that acid-treated diatomite was highly effective for Orange II removal at environmentally relevant concentrations, achieving near-complete removal at 10 mg/L and maintaining substantial removal efficiency even at higher dye loadings.

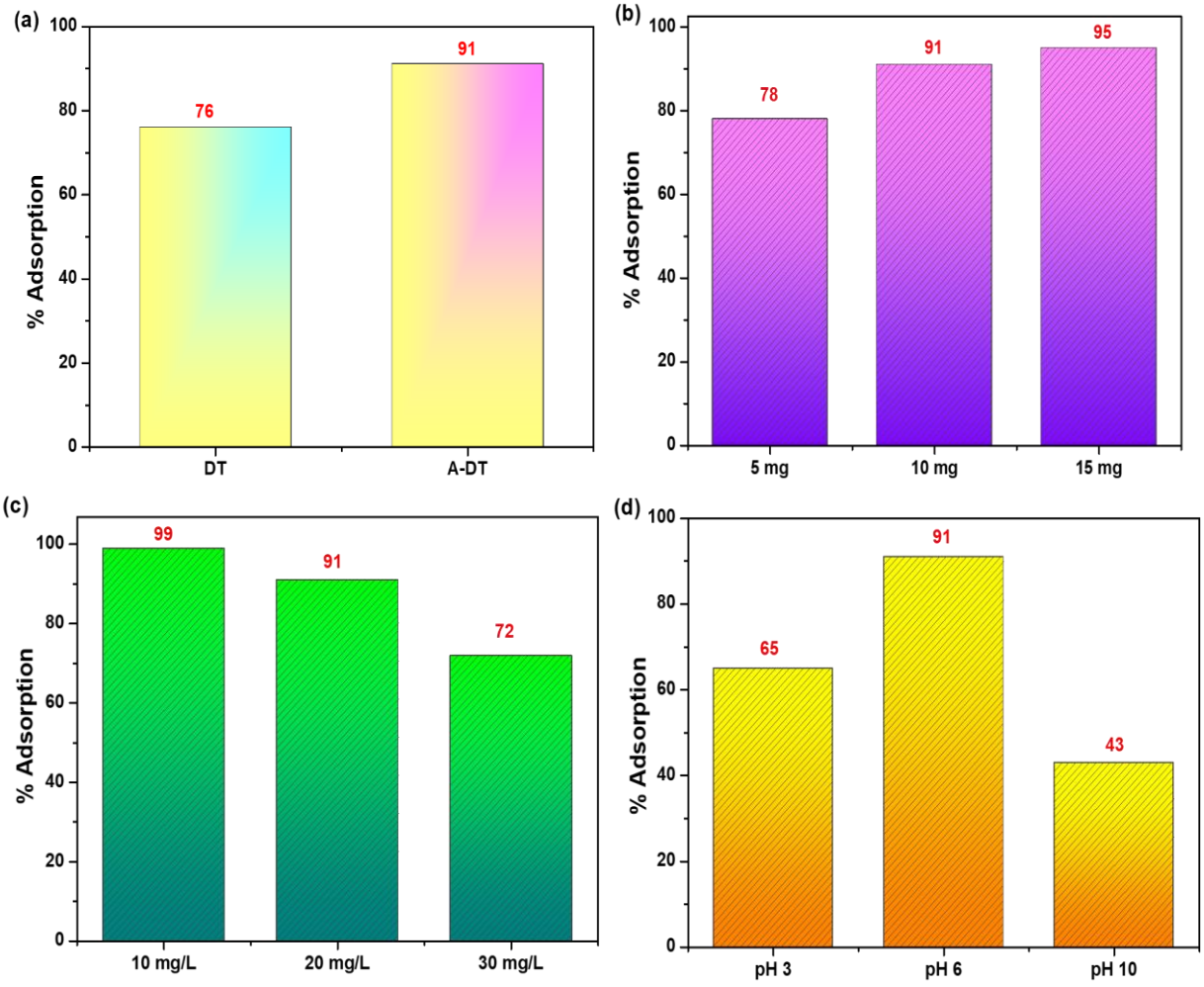


Figure 1. Adsorptive performances of DT and A-DT samples, (b) Effect of catalyst dosage, (c) Effect of initial dye concentration and (d) Effect of initial solution pH

3.4. Effect of Initial Solution pH

The effect of solution pH on the adsorption of Orange II onto acid-treated diatomite was investigated at three pH values (3, 6, and 10), and the results were presented in Figure 1d. The removal efficiency followed a non-monotonic trend, reaching a maximum of 91% at pH 6, while comparatively lower efficiencies of 65% at pH 3 and 43% at pH 10 were observed. At acidic conditions (pH 3), although the diatomite surface was expected to carry a net positive

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

charge due to the protonation of surface hydroxyl (Si–OH) groups, which should theoretically favor electrostatic attraction with the anionic Orange II molecules, the removal efficiency remained relatively moderate at 65%. This could be attributed to the high concentration of competing H^+ ions in solution, which might partially occupy the active adsorption sites and hinder effective dye-surface interactions. Additionally, under strongly acidic conditions, the partial dissolution of the silica framework might reduce the structural integrity and available surface area of the adsorbent. The highest removal efficiency of 91% was achieved at pH 6, suggesting that near-neutral conditions represent the optimal operating pH for Orange II adsorption onto acid-treated diatomite. At this pH, the adsorbent surface retained a sufficient positive charge density to attract the anionic sulfonate groups of Orange II, while the competitive interference of H^+ ions was minimized. Furthermore, at pH 6, Orange II existed predominantly in its stable monoanionic form, maximizing the electrostatic complementarity between the dye molecules and the adsorbent surface. Under alkaline conditions (pH 10), a dramatic reduction in removal efficiency to 43% was observed. At elevated pH values, the diatomite surface became increasingly negatively charged as surface hydroxyl groups were deprotonated, generating a strong electrostatic repulsion between the adsorbent and the anionic Orange II molecules. Additionally, the high concentration of OH^- ions in solution competed with dye anions for the available adsorption sites, further suppressing the overall adsorption performance. These results clearly demonstrated that solution pH was a critical parameter governing the adsorption behavior of Orange II onto acid-treated diatomite, with pH 6 identified as the optimal condition. The strong pH dependence of the adsorption process confirmed that electrostatic interactions played a dominant role in the uptake mechanism of this anionic dye.

4. CONCLUSION

In this study, the adsorption performance of raw diatomite and acid-treated diatomite was comparatively evaluated for the removal of Orange II dye from aqueous solutions under varying experimental conditions. Acid treatment was confirmed to significantly enhance the adsorption capacity of diatomite, achieving a removal efficiency of 91% compared to 76% for raw diatomite, owing to the increased surface area, removal of surface impurities, and generation of additional active Si–OH groups following HCl modification. The effect of adsorbent dosage demonstrated that increasing the amount of acid-treated diatomite from 5 mg to 15 mg progressively improved Orange II removal from 78% to 95%, attributed to the greater availability of active adsorption sites at higher dosages. Investigation of initial dye concentration revealed an inverse relationship between concentration and removal efficiency, with near-complete removal (99%) achieved at 10 mg/L, while efficiency declined to 72% at 30 mg/L due to the saturation of available adsorption sites. pH studies identified neutral conditions (pH 6) as optimal, yielding 91% removal, whereas both strongly acidic (pH 3: 65%) and alkaline (pH 10: 43%) conditions resulted in reduced performance, confirming the dominant role of electrostatic interactions in the adsorption mechanism. Overall, the findings of this study demonstrate that acid-treated diatomite is a highly effective, low-cost, and environmentally friendly adsorbent for Orange II removal, and that careful optimization of

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

operational parameters is essential to maximize its adsorption performance in practical wastewater treatment applications.

REFERENCES

1. Wei, J., Zheng, Z., Huang, L., Qiu, Z., Xia, Q., Zhou, S., ... & Zeng, D. (2023). Effective removal of Orange II dye by porous Fe-base amorphous/Cu bimetallic composite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *656*, 130388.

2. Aguilar, M. I., Lloréns, M., Ortuño, J. F., Meseguer, V. F., Pérez-Marín, A. B., & Cases, A. (2023). Use of the Box–Behnken experimental design for the optimization of Orange II (Acid Orange 7) adsorption on Aloe vera. *Sustainability*, *15*(22), 15727.

3. Shindhal, T., Rakholiya, P., Varjani, S., Pandey, A., Ngo, H. H., Guo, W., ... & Taherzadeh, M. J. (2021). A critical review on advances in the practices and perspectives for the treatment of dye industry wastewater. *Bioengineered*, *12*(1), 70-87.

4. Kaswan, V., & Kaur, H. (2023). A comparative study of advanced oxidation processes for wastewater treatment. *Water Practice & Technology*, *18*(5), 1233-1254.

5. Bilal, M., Ihsanullah, I., Shah, M. U. H., Reddy, A. V. B., & Aminabhavi, T. M. (2022). Recent advances in the removal of dyes from wastewater using low-cost adsorbents. *Journal of Environmental Management*, *321*, 115981.

6.Al-Kazragi, M. A. U. R., Al-Heetimi, D. T., & Wilson, L. D. (2024). Adsorption of methyl orange on low-cost adsorbent natural materials and modified natural materials: a review. *International Journal of Phytoremediation*, *26*(5), 639-668.

7. Gondek, K., Baran, A., Boguta, P., & Bołdak, M. (2024). The use of diatomite-based composites for the immobilization of toxic heavy metals in industrial wastes using post-flotation sediment as an example. *Materials*, *17*(24), 6174.

8. Muntean, S. G., Nistor, M. A., Nastas, R., & Petuhov, O. (2023). Dyes and heavy metals removal from aqueous solutions using raw and modified diatomite. *Processes*, *11*(8), 2245.

9. Ebrahimi, P., & Kumar, A. (2021). Diatomite chemical activation for effective adsorption of methylene blue dye from model textile wastewater.

10. Erdem, N. G., Tuna, Ö., & Simsek, E. B. (2024). Construction of scheelite CaWO4 with natural diatomite for boosted photocatalytic degradation of tetracycline and doxycycline antibiotics under natural conditions. *Journal of Alloys and Compounds*, *1005*, 176117.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

11. Saidi, M., Reguig, B. A., El Amine Monir, M., Althagafi, T. M., Fatmi, M., Remil, A., ... & Ghebouli, M. A. (2025). Kinetics thermodynamics and adsorption study of raw treated diatomite as a sustainable adsorbent for crystal violet dye. *Scientific Reports*, *15*(1), 21991.

12. Samani, M., Ahlawat, Y. K., Golchin, A., Alikhani, H. A., Baybordi, A., & Mishra, S. (2024). Modified diatomite for soil remediation and its implications for heavy metal absorption in Calendula officinalis. *BMC plant biology*, *24*(1), 357.

13. Badawi, A. K., Abd Elkodous, M., & Ali, G. A. (2021). Recent advances in dye and metal ion removal using efficient adsorbents and novel nano-based materials: an overview. *RSC advances*, *11*(58), 36528-36553.

14. Rojas Garcia, E., López Medina, R., May Lozano, M., Hernández Pérez, I., Valero, M. J., & Maubert Franco, A. M. (2014). Adsorption of azo-dye orange II from aqueous solutions using a metal-organic framework material: iron-benzenetricarboxylate. *Materials*, *7*(12), 8037-8057.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SYNERGISTIC EFFECT OF CARBON MATERIALS ON $LAFEO_3$-BASED PHOTOCATALYSTS FOR ANTIBIOTIC DEGRADATION

Doç. Dr. Özlem Tuna

Yalova Üniversitesi

ozlemmtuna@gmail.com - ORCID NO: 0000-0003-1641-4155

Doç. Dr. Şeyda Karadirek

Yalova Üniversitesi

seyda.karadirek@yalova.edu.tr- ORCID NO: 0000-0002-8691-0712

Prof. Dr. Pelin Demircivi

Yalova Üniversitesi

pelindemircivi@hotmail.com - ORCID NO: 0000-0002-1068-9310

ABSTRACT

The increasing presence of antibiotic contaminants in water systems has raised serious environmental and public health concerns, necessitating the development of efficient and sustainable treatment technologies. Among these, visible-light-driven photocatalysis has emerged as a promising approach for the degradation of persistent organic pollutants. In this study, $LaFeO_3$-based photocatalysts were engineered by integrating different carbonaceous materials, including graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) and carbon fiber (CF) to enhance photocatalytic performance toward tetracycline degradation. The incorporation of carbon-based materials was aimed at improving light absorption, facilitating charge carrier separation, and enhancing electron transport within the photocatalytic system. The photocatalytic activities of the synthesized materials were evaluated under visible light irradiation using tetracycline as a model antibiotic pollutant. The results demonstrated that coupling $LaFeO_3$ with carbon materials significantly improved photocatalytic performance compared to pristine $LaFeO_3$. This enhancement can be attributed to the synergistic effects between $LaFeO_3$ and the carbon components, which effectively suppressed electron–hole recombination and promoted interfacial charge transfer. Overall, this work provides valuable insights into the design of carbon-integrated perovskite photocatalysts and demonstrates their potential for efficient antibiotic removal under visible light irradiation.

Key Words : $LaFeO_3$, Tetracycline Removal, Photocatalysis, Graphitic Carbon Nitride, Carbon Fiber

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. INTRODUCTION

The contamination of aquatic environments by pharmaceutical compounds, particularly antibiotics, has become a critical global concern in recent years. Among the various classes of antibiotics detected in water sources, tetracycline (TC) is one of the most widely used broad-spectrum antibiotics in human medicine, veterinary practice, and aquaculture. Its extensive application, combined with its resistance to conventional biological treatment processes, has led to its persistent accumulation in surface water, groundwater, and soil ecosystems. Even at trace concentrations, TC residues can promote the proliferation of antibiotic-resistant bacteria and genes, posing severe risks to both environmental integrity and human health [1,2]. Due to its chemical stability and relatively low biodegradability, intensified research efforts have been done toward the development of advanced oxidation processes (AOPs) for removal TC molecules form water environments. In this point, heterogeneous semiconductor photocatalysis has attracted considerable attention as a sustainable, solar-energy-driven approach that operates under mild conditions without generating harmful secondary byproducts [2,3].

As promising photocatalyst, perovskite-type metal oxides with the general formula ABO_3 have emerged as a highly versatile class of photocatalytic materials due to their tunable electronic structures, chemical stability, and relatively narrow band gaps that enable absorption of visible light [4]. $LaFeO_3$, a prominent orthorhombic perovskite with a band gap of approximately 2.1–2.6 eV, has been identified as a particularly attractive photocatalyst owing to its favorable visible-light response, environmental benignity, and cost-effective synthesis from earth-abundant elements [5] . Its iron-based octahedral coordination facilitates redox chemistry essential for ROS generation, while the lanthanum cation provides structural stability. Despite the outstanding properties, pristine $LaFeO_3$ is struggling with the rapid recombination of photogenerated electron–hole pairs, limiting its performance [6]. In order to address this limitation, the integration of $LaFeO_3$ with carbonaceous materials has emerged as a particularly effective and versatile strategy.

Carbon-based materials, including graphene, carbon nanotubes, activated carbon, graphitic carbon nitride (g-C_3N_4), and carbon fibers (CF), possess unique physicochemical properties that render them excellent co-catalysts and support matrices for semiconductor photocatalysts. Among the carbon-based materials, graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) and carbon fiber (CF) have been presented as promising materials for incorporating perovskite-type catalysts. Graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) is a metal-free, two-dimensional polymeric semiconductor with a band gap of approximately 2.7 eV and remarkable thermal and chemical stability [7]. Its nitrogen-rich framework offers strong affinity for cationic pollutants such as TC, and its conduction band position is well-suited for coupling with various oxide semiconductors to construct type-II or Z-scheme heterojunctions [8]. The formation of $LaFeO_3$/g-C_3N_4 composites is anticipated to establish intimate interfacial contact that promotes charge transfer between the two components, leveraging the complementary band structures to extend carrier lifetimes [9]. On the other hand, carbon fiber (CF) is a high-performance fibrous carbon material characterized by extraordinary mechanical strength, excellent electrical conductivity, and high

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

chemical inertness. When employed as a support for photocatalytic nanoparticles, CF provides a three-dimensional conductive network that accelerates electron migration and reduces charge accumulation at grain boundaries [10]. The fibrous morphology also enhances the dispersion of $LaFeO_3$ nanoparticles, preventing agglomeration and maximizing the exposure of catalytically active surface sites.

Therefore, in this study, we synthesized g-C_3N_4 and CF-integrated $LaFeO_3$ composites and the photocatalytic performance was assessed under visible light irradiation using TC as a model antibiotic pollutant. Furthermore, the roles of different ROS in the degradation mechanism were elucidated through radical scavenging experiments and the effect of initial solution pH was investigated. This work contributes to the rational design of carbon-integrated perovskite photocatalysts for environmental remediation applications.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Synthesis of g-C_3N_4

Graphitic carbon nitride was synthesized by the thermal polycondensation of melamine. Briefly, 5 g of melamine was placed in a covered alumina crucible and heated in a muffle furnace at 550 °C for 4 h at a heating rate of 5 °C min^{-1} under static air atmosphere. The resultant yellow solid was cooled to room temperature, ground into a fine powder using an agate mortar, and stored in a sealed vial for further use [11].

2.2. Synthesis of Pristine $LaFeO_3$

Pristine $LaFeO_3$ was synthesized via a sol-gel combustion method. Stoichiometric amounts of $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ and $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ were dissolved in 50 mL of deionized water under vigorous magnetic stirring at room temperature. Citric acid was then added to the metal salt solution in a molar ratio of citric acid to total metal cations of 1.5:1. The pH of the solution was adjusted to approximately 7 by dropwise addition of ammonia solution. The resulting solution was heated on a hot plate at 80 °C until a viscous gel formed. The gel was subsequently transferred to an oven and dried at 120 °C for 12 h to obtain a dry foam-like precursor. The precursor was then calcined at 650 °C for 4 h in air to yield the final $LaFeO_3$ perovskite powder [12].

2.3. Synthesis of $LaFeO_3$/g-C_3N_4 Composite

The $LaFeO_3$/g-C_3N_4 composite was prepared by a simple impregnation-calcination procedure. A designated mass of as-prepared g-C_3N_4 (20 wt.% with respect to $LaFeO_3$) was dispersed in 30 mL of ethanol by sonication for 30 min. The stoichiometric precursor solution for $LaFeO_3$ synthesis (as described in Section 2.3) was then added dropwise to the g-C_3N_4 dispersion under continuous stirring. The mixture was stirred for an additional 2 h at 60 °C to ensure homogeneous dispersion, followed by solvent evaporation at 80 °C. The dried precursor was calcined at 450 °C for 3 h to minimize thermal decomposition of g-C_3N_4 while achieving

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

adequate crystallization of the perovskite phase [13]. The composite was hereafter denoted as LFO/CN.

2.4. Synthesis of $LaFeO_3$/Carbon Fiber Composite

For the preparation of the $LaFeO_3$/carbon fiber (LFO/CF) composite, commercial carbon fibers were first subjected to surface oxidation treatment to introduce hydrophilic functional groups. Briefly, CF was refluxed in a 1:1 (v/v) mixture of concentrated H_2SO_4 and HNO_3 at 80 °C for 3 h, followed by thorough washing with deionized water until a neutral pH was achieved, and drying at 80 ℃ overnight. The acid-treated CF was then dispersed in the $LaFeO_3$ precursor solution and the subsequent sol-gel and calcination steps were carried out as described for pristine $LaFeO_3$, with a CF loading of 15 wt.%. The composite was calcined at 600 °C for 3 h. The composite was hereafter denoted as LFO/CF.

2.5. Photocatalytic Activity Evaluation

The photocatalytic degradation of tetracycline (TC) was conducted using LFO/CN and LFO/CF in a visible light -driven photo-reactor equipped with four visible lamps. A fan was employed to mitigate any temperature increase within the system. In a typical experimental setup, a solution containing 10 mg/L of TC and 20 mg of photocatalysts was prepared. To ensure adsorption/desorption equilibrium, the suspension was agitated in the dark for 30 minutes prior to light exposure. Subsequently, samples (3 mL) were collected at specified time intervals, filtered and the remaining dye concentrations into the samples were assessed using UV vis absorption spectroscopy at a wavelength of 360 nm. Furthermore, scavenger studies were conducted to elucidate the primary reactive oxidant radical species (ROS) for the antibiotic degradation under visible light. Different scavengers, including EDTA-2Na, isopropanol (IPA) and benzoquinone (BQ) were utilized to capture photogenerated holes, hydroxyl radicals and super oxide radicals, respectively. In addition, to examine the effect of initial solution pH the relevant experiments were conducted under acidic (pH 3) and basic (pH 10) environments. The percentage of crystal violet elimination was calculated using Equation (1),

$$\% \text{ Removal} = (C_0\text{-}C)/C_0 \times 100 \quad (1)$$

where C_0 and C represent the initial and final dye concentrations at the beginning and t minutes of irradiation time, respectively.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Primarily Activity Studies

The photocatalytic performance of the synthesized materials was evaluated and compared as presented in Figure 1. Among the three photocatalysts, bare $LaFeO_3$ (LFO) exhibited the lowest activity, which could be attributed to its rapid electron-hole recombination rate and limited light absorption efficiency. The LFO/CN composite demonstrated notably enhanced photocatalytic

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

performance compared to pristine LFO. This improvement was primarily ascribed to the formation of a heterojunction between $LaFeO_3$ and g-C_3N_4, which facilitated more efficient charge carrier separation and extends the visible-light absorption range of the material. The LFO/CF composite achieved the highest photocatalytic activity among all tested samples. The incorporation of carbon fiber into the $LaFeO_3$ matrix was believed to promote rapid electron transfer, suppress charge recombination, and provide a larger effective surface area for the photocatalytic reaction, thereby significantly boosting overall performance. These results clearly indicated that both composite strategies — coupling $LaFeO_3$ with g-C_3N_4 and carbon fiber — are effective approaches to overcoming the intrinsic limitations of bare $LaFeO_3$. The superior performance of LFO/CF suggests that carbon fiber serves as a more efficient electron-conducting scaffold compared to g-C_3N_4 under the present experimental conditions.

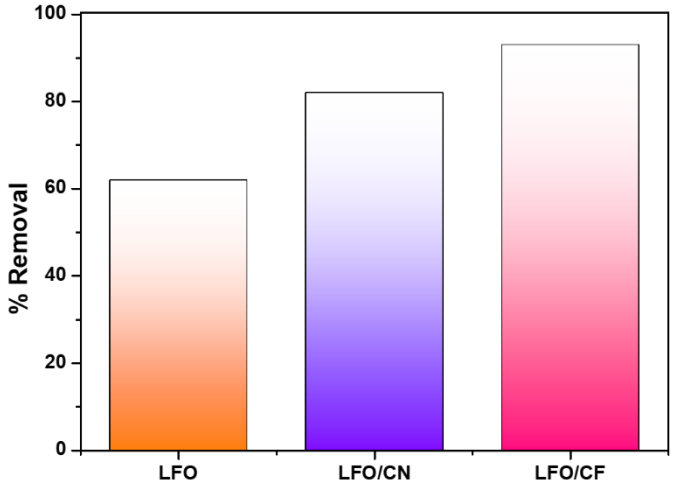


Figure 1. Photocatalytic performances of LFO, LFO/CN and LFO/CF samples

3.2. Scavengers Experiments

To investigate the dominant reactive oxygen species (ROS) involved in the photocatalytic degradation mechanism, radical trapping experiments were conducted using isopropanol (IPA), benzoquinone (BQ), and ethylenediaminetetraacetic acid sodium salt (EDTA-2Na) as scavengers for hydroxyl radicals (•OH), superoxide radicals ($\bullet O_2^-$), and photogenerated holes (h^+), respectively. The related results were presented in Figure 2a. For the LFO/CN composite, the addition of EDTA caused the most significant suppression in photocatalytic activity, indicating that h^+ played a dominant role in the degradation process. The introduction of BQ also led to a considerable decrease in performance, confirming the notable contribution of $\bullet O_2^-$ radicals. In contrast, IPA addition resulted in a relatively moderate inhibition, suggesting that •OH radicals participated in the reaction but are not the primary active species. A similar trend was observed for the LFO/CF composite, where EDTA addition induced the greatest inhibition of activity, further confirming the critical role of h^+. The BQ experiment revealed a substantial decline in degradation efficiency, demonstrating that $\bullet O_2^-$ radicals were also key contributors.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

The relatively minor effect of IPA addition implied a secondary role for •OH radicals in this system as well.

Regarding to the possible degradation mechanism, under visible light irradiation, electrons in the valence band (VB) of LFO were excited to the conduction band (CB), generating electron-hole (e^-/h^+) pairs. In the LFO/CN system, the well-matched band structure between LFO and CN facilitated the formation of a heterojunction mechanism, promoting efficient spatial separation of charge carriers. The accumulated electrons on the CB reacted with dissolved O_2 to produce $\bullet O_2^-$ radicals, while the highly oxidative h^+ directly degraded pollutant molecules. In the LFO/CF system, carbon fiber acted as an efficient electron shuttle, rapidly extracting photogenerated electrons from LFO, thereby suppressing recombination and sustaining a high concentration of both h^+ and $\bullet O_2^-$ as the dominant reactive species. Overall, these findings confirmed that h^+ and $\bullet O_2^-$ were the primary active species governing the photocatalytic degradation in both composite systems, while •OH played a supplementary role. This mechanistic understanding provided valuable insight into the superior photocatalytic performance of the $LaFeO_3$-based composites.

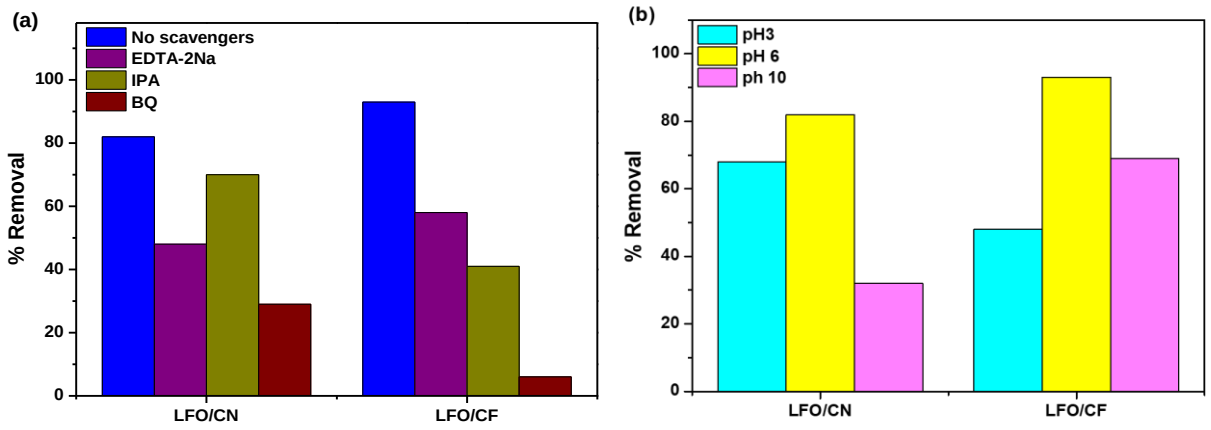


Figure 2. Photocatalytic performances of LFO, LFO/CN and LFO/CF samples (a) in the presence of trapping agents and (b) under different pH conditions

3.3. pH Experiments

The effect of solution pH on the antibiotic removal performance of the as-developed photocatalysts was presented in Figure 2b. According to the results, the photocatalytic degradation performances of both LFO/CN and LFO/CF composites were strongly influenced by the initial pH of the reaction medium. In both systems, the removal efficiencies increased under alkaline conditions, whereas relatively lower degradation performances were obtained at acidic pH values. This behavior could be associated with the pH-dependent surface charge characteristics of the photocatalysts as well as the speciation of tetracycline molecules in aqueous solution. In case of CN-included catalyst system, the LFO/CN heterostructure exhibited the highest TC removal efficiency at alkaline pH, demonstrating the positive

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

contribution of the g-C_3N_4 component to the photocatalytic process. Under basic conditions, enhanced electrostatic interactions between the catalyst surface and TC molecules might facilitate adsorption and accelerate the degradation reaction. Furthermore, alkaline media could promote the formation of reactive oxygen species, particularly hydroxyl radicals (•OH), which played a crucial role in the oxidative decomposition of TC molecules. The improved visible-light harvesting ability and efficient charge separation within the LFO/CN heterojunction further enhanced the photocatalytic activity. Similarly, the LFO/CF composite showed an increase in TC removal efficiency with increasing pH, although its performance remained lower than that of LFO/CN under all investigated conditions. The conductive carbon fiber network likely enhanced electron transport and reduced charge recombination; however, the absence of a strong semiconductor heterojunction limited its photocatalytic efficiency compared to the g-C_3N_4-based system. Overall, the findings demonstrated that alkaline conditions were more favorable for TC degradation, and the LFO/CN heterostructure exhibited superior pH-dependent photocatalytic activity due to its enhanced interfacial charge transfer, stronger light absorption capability, and improved generation of reactive oxidative species.

4. CONCLUSION

In this study, $LaFeO_3$-based composite photocatalysts (LFO/CN and LFO/CF) were successfully synthesized and evaluated for tetracycline degradation under visible light. Both composites demonstrated significantly enhanced photocatalytic activity compared to bare LFO, owing to improved charge carrier separation and extended visible-light absorption. Scavenger experiments revealed that h^+ and $\bullet O_2^-$ were the dominant reactive species governing the degradation process in both systems. pH-dependent studies confirmed that alkaline conditions favored TC removal across all samples. Among the fabricated photocatalysts, LFO/CF exhibited the highest overall degradation performance, which was attributed to the efficient electron-conducting role of carbon fiber that suppressed charge recombination and sustained high concentrations of reactive oxidative species. These findings suggest that both composite strategies are promising approaches for visible-light-driven antibiotic wastewater remediation, with carbon fiber-based composites offering a particularly effective platform for enhancing photocatalytic efficiency.

REFERENCES

1. Amangelsin, Y., Semenova, Y., Dadar, M., Aljofan, M., & Bjørklund, G. (2023). The impact of tetracycline pollution on the aquatic environment and removal strategies. *Antibiotics*, *12*(3), 440.

2. Erdem, N. G., Tuna, Ö., & Simsek, E. B. (2024). Construction of scheelite CaWO4 with natural diatomite for boosted photocatalytic degradation of tetracycline and doxycycline antibiotics under natural conditions. *Journal of Alloys and Compounds*, *1005*, 176117.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. Karadirek, Ş., Tuna, Ö., Simsek, E. B., Altuntas, S., & Cinar, A. Y. (2024). Facile fabrication of Ag decorated MnFeO3 catalyst: Comparative analysis of visible light driven antibiotic reduction and antibacterial performance. *Journal of Environmental Management*, *358*, 120891.

4. Boulahouache, A., Benlembarek, M., Salhi, N., Djaballah, A. M., Rabia, C., & Trari, M. (2023). Preparation, characterization and electronic properties of LaFeO3 perovskite as photocatalyst for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, *48*(39), 14650-14658.

5. Wiranwetchayan, O., Promnopas, S., Phadungdhitidhada, S., Phuruangrat, A., Thongtem, T., Singjai, P., & Thongtem, S. (2019). Characterization of perovskite LaFeO3 synthesized by microwave plasma method for photocatalytic applications. *Ceramics International*, *45*(4), 4802-4809.

6. Arabbaseri, N., Rodríguez-Chueca, J., Moradi, M., Fresno, F., García-Armada, P., Keller, N., & García-Muñoz, P. (2025). Ti-LaFeO₃ perovskite for enhanced tetracycline degradation and disinfection via photo-Fenton reactions: Performance and mechanistic insights. *Journal of Water Process Engineering*, *75*, 108026.

7. Tian, Z., Yang, X., Chen, Y., Wang, X., Jiao, T., Zhao, W., ... & Hu, J. (2022). Construction of LaFeO3/g-C3N4 nanosheet-graphene heterojunction with built-in electric field for efficient visible-light photocatalytic hydrogen production. *Journal of Alloys and Compounds*, *890*, 161850.

8. Das, A., Mahata, D., & Adak, M. K. (2021). Perovskite based photocatalyst for wastewater treatment: green approach of environmental sustainability. *Am. J. Biol. Environ. Stat.*, *7*(1), 1-8.

9. Chakour, N., Baleh, H., Bassaid, S., Dehbi, A., Oueld Hamadouche, N., Colucci, G., ... & Messori, M. (2025). Synthesis of lanthanum ferrite/graphitic carbon nitride (LaFeO3/g-C3N4) composite for the efficient removal of Orange G dye from aqueous solutions. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, *138*(4), 2575-2595.

10. Kilic, B., Simsek, E. B., Turkdogan, S., Demircivi, P., Tuna, Ö., Mucur, S. P., & Berek, D. (2020). Carbon nanofiber based CuO nanorod counter electrode for enhanced solar cell performance and adsorptive photocatalytic activity. *Journal of Nanoparticle Research*, *22*(2), 52.

11. Ganesan, S., Kokulnathan, T., Sumathi, S., & Palaniappan, A. (2024). Efficient photocatalytic degradation of textile dye pollutants using thermally exfoliated graphitic carbon nitride (TE–g–C3N4). *Scientific reports*, *14*(1), 2284.

12. Huang, X., Wang, X., Yang, X., Deng, P., Chen, W., & Hu, X. (2022). Porous LaFeO 3 perovskite catalysts synthesized by different methods and their high activities for CO oxidation. *RSC advances*, *12*(52), 33617-33625.

13. Hu, C., Yu, B., Zhu, Z., Zheng, J., Wang, W., & Liu, B. (2023). Construction of novel S-scheme LaFeO3/g-C3N4 composite with efficient photocatalytic capacity for dye degradation and Cr (VI) reduction. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *664*, 131189.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SEVOFLURANIN *Galleria mellonella*'da İNHALASYON ve ENJEKSİYON UYGULAMALARININ OKSİDATİF ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Nesli YULU

Kocaeli Üniversitesi, Biyoloji Bölümü,

nesliyulu01@gmail.com - 0009-0005-5717-484X

Dr. Elyesa Melih UÇKAN

İstanbul Hayvan Hastanesi,

dremelihuckan@gmail.com - 0000-0002-9587-9032

Famil YUSUFOĞLU

Kocaeli Üniversitesi, Biyoloji Bölümü,

familyusufoglu@gmail.com - 0000-0002-4245-8074

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi UÇKAN

Kocaeli Üniversitesi, Biyoloji Bölümü,

fevzi.uckan@kocaeli.edu.tr - 0000-0001-9304-4296

ÖZET

Veteriner anesteziyolojisinde sevofluran hızlı uyanma sağlaması, hafif kokulu ve irritan olmaması, farklı türlerde yaygın olarak kullanılan güvenli inhalasyon ajanlarından biridir. Deneğimiz *Galleria mellonella* memelilere benzer bağışıklık yanıtına sahip, etik açıdan avantajlı, maliyeti düşük bir böcek olup 37°C'de yaşayabilmesi ile kullanımı yaygın bir model organizmadır. Bu kapsamda 0,20±0,01 g *G. mellonella* larvalarına inhalasyon ve enjeksiyon yoluyla olmak üzere farklı dozlarda sevofluran (%0,5, %1, %2, %5) uygulandı. Etkileri enjeksiyon gruplarıyla karşılaştırmak amacıyla herhangi bir işlem yapılmayan NT, yalnızca enjeksiyon iğnesinin uygulanıp çıkarıldığı BI, soluma grupları için boş soluma ve PBS soluma kontrol grupları oluşturuldu. Kontrol ve deney grubu larvalarından elde edilen hemolenf örnekleri kullanılarak antioksidan kapasite (FRAP), protein oksidayonu (AOPP), lipit peroksidasyonu (MDA), glutatyon (GSH) seviyeleri incelendi.

İnhalasyon yoluyla verilen doz gruplarında FRAP ve GSH seviyelerinde belirgin fark gözlenmedi. Düşük doz gruplarında AOPP ve MDA düzeyinde artış belirlendi. Orta dozlarda MDA düzeyinde görülen azalma hücrelerin antioksidan savunma geliştirdiğini; yüksek

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

dozlardaki yeniden artış savunmanın yetersiz kaldığını göstermektedir. Enjeksiyon uygulamasındaki doz gruplarında ise düşük dozlarda oksidatif stres artarken, ara dozlarda hücrelerin strese karşı koruyucu yanıt geliştirdiği anlaşılmaktadır. Ancak yüksek dozlarda ise bu dengenin bozulduğu tespit edildi. Literatür incelendiğinde sevofluranın enjeksiyon yolu ile verilmesi anestezi devresi ve akciğerler arasındaki denge süresinin atlanmasını sağlayarak hızlı indüksiyona olanak tanıdığı anlaşılmaktadır. Sonuçlar ışığında sevofluranın uygulama yoluna ve doza bağlı olarak etkisinde değişim gösterdiği gözlemlendi. Enjeksiyon yoluyla verilen doz gruplarında çift yönlü yanıtların görülmesi hormesis etkisi sonucundan kaynaklı olabilir. İki uygulama sonucunda farklı etkilerin gözlemlenmesi literatürdeki bilgi havuzuna dayanarak enjeksiyonun sevofluran indüksiyonunu hızlandırmasından dolayı olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan kapasite, *Galleria mellonella*, Oksidatif stres, Sevofluran

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

LİPOPOLİSAKKARİT UYGULANMIŞ *Galleria mellonella*'DA METİL JASMONATIN ANTİOKSİDAN/PROOKSİDAN ETKİLERİ

Figen BORA

Kocaeli Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

figenkbora@gmail.com - 0009-0005-5738-4345

Famil YUSUFOĞLU

Kocaeli Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

familyusufoglu@gmail.com - 0000-0002-4245-8074

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi UÇKAN

Kocaeli Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

fevzi.uckan@kocaeli.edu.tr - 0000-0001-9304-4296

ÖZET

Jasmonik asit türevi olan metil jasmonat (MeJA) bitkilerde abiyotik strese karşı koruma ve patojenlere karşı savunma sağlarken büyüme-gelişme süreçlerini düzenler. Gram-negatif bakterilerin hücre çeperinde endotoksin olarak görev alan lipopolisakkarit (LPS), bağışıklık hücrelerinde proinflamatuar sitokin üretimini tetikleyerek oksidatif strese neden olmaktadır. LPS uygulamasının böceklerde ve diğer organizmalarda bağışıklık tepkilerini tetiklediği gözlemlenmiştir. Memelilere benzer bağışıklık yanıtları, etik izin gerektirmemesi, hızlı yaşam döngüsü ve 37 °C'de yaşayabilmesi arı kovanı zararlısı deneğimiz *G. mellonella'yı* enfeksiyon ve toksisite çalışmalarında ideal bir model organizma haline getirmektedir.

Çeşitli hastalıklardan kaynaklanan oksidatif stresin MeJA verilerek azaltılabildiği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda *G. mellonella* larvalarında 10 µL LPS (10 mg/mL) ejeksiyonu ile oksidatif stres oluşturuldu. İki saat sonra 10 µL 0,25, 0,5, 1 ve 5 mg/kg dozlarında MeJA uygulandı. Etkileri karşılaştırmak için hiçbir muamele görmemiş, iki saat arayla çift boş enjeksiyon yapılmış ve LPS verilip iki saat sonra boş enjeksiyon yapılmış kontrol grupları oluşturuldu. Oksidatif değişimi gözlemlemek için ileri oksidasyon protein ürünleri (AOPP), lipit peroksidasyonu (MDA) ve glutatyon (GSH) seviyeleri ölçüldü. Larvalara LPS uygulaması AOPP miktarını anlamlı şekilde artırırken, 0,25 mg/kg MeJA dozu kısmen, diğer MeJA uygulamaları ise belirgin bir şekilde azaltarak kontrol gruplarına yaklaştırdı. LPS MDA miktarını anlamlı şekilde arttırdı. MeJA uygulaması istatistiki açıdan anlamlı bir değişim oluşturmasa da MDA düzeyleri LPS grubuna göre azaldı. LPS uygulaması glutatyon seviyesini anlamlı şekilde düşürürken MeJA bu düşüşü giderek kontrol grubu seviyelerine yaklaştırdı. Sonuç olarak MeJA'ın, LPS kaynaklı oksidatif stresi başarılı bir şekilde azalttığı gözlendi. Bu da MeJA'ın farmakoloji alanında potansiyel bir antimikrobiyal ajan olarak kullanılabileceğinin sinyallerini vermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Galleria mellonella*, Lipopolisakkarit, Metil jasmonat, Oksidatif stres.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Ptychostomum creberrimum (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay'in GLUTATYON İÇERİKLERİ

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ
Munzur Üniversitesi, yelizcakir@munzur.edu.tr- 0000-0003-1905-5506
Prof. Dr. Mevlüt ALATAŞ
Munzur Üniversitesi, mevlutalatas@gmail.com - 0000-0003-0862-0258

ÖZET

Serbest radikaller; endojen ve eksojen süreçler sonucu oluşan, yüksek reaktiviteye sahip kısa ömürlü moleküller olup birçok hastalığın patogenezinde rol oynarken, oksidatif stres ise reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışı ve antioksidan savunmanın yetersizliği sonucu redoks dengesinin bozulmasıdır. Canlı organizmalarda oksidatif hasara karşı en önemli savunma mekanizmalarından biri antioksidan sistemlerdir. Antioksidanlar, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek hücresel bileşenlerin zarar görmesini önler. Bu sistemin temel bileşenlerinden biri olan glutatyon (GSH), glutamik asit, sistein ve glisin aminoasitlerinden oluşan bir tripeptid olup, hemen hemen tüm ökaryotik hücrelerde sentezlenmekte ve yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. GSH, hücresel redoks homeostazının korunmasında, detoksifikasyon mekanizmalarının işleyişinde, eikosanoid sentezinde, hücre içi sinyal iletim yollarının düzenlenmesinde, gen ekspresyonunun kontrolünde ve apoptozis süreçlerinde kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, NADPH kullanarak hücreye indirgen güç sağlaması sayesinde oksidasyon-redüksiyon dengesinin sürdürülmesinde merkezi bir fonksiyon üstlenmektedir. Bitkilerde ise GSH, oksidatif strese karşı koruyucu etkisi en yüksek metabolitlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de briyofitlerin GSH ve oksitlenmiş form (GSSG) içeriklerine yönelik çalışmalar sınırlıdır. Bu nedenle, briyofit türlerinde glutatyon düzeylerinin belirlenmesi ve bu bileşiklerin fizyolojik öneminin ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, *Ptychostomum creberrimum* türünün GSH ve GSSG içerikleri analiz edilmiş ve elde edilen bulgular, briyofitlerin glutatyon açısından potansiyel olarak zengin bir kaynak olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ptychostomum creberrimum*, GSH, GSSG, Oksidatif stres, Briyofit

GİRİŞ

Serbest radikaller ile hastalıklar arasındaki ilişkinin ortaya konulması, son yıllarda oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemlerine yönelik bilimsel çalışmalarda önemli bir artışa yol açmıştır. Serbest radikaller, dış orbitallerinde bir veya daha fazla eşlenmemiş elektron bulunduran, yüksek reaktiviteye sahip ve kararsız kimyasal türlerdir. Bu özellikleri nedeniyle proteinler, lipidler, DNA ve nükleotid koenzimler gibi temel biyomoleküllerle etkileşime

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

girerek hücresel düzeyde hasara neden olabilmektedir. Oluşan bu hasarın yaşlanma sürecini hızlandırdığı; ayrıca kardiyovasküler hastalıklar, kanser, katarakt, immün sistem bozuklukları ve nörodejeneratif hastalıkların patogenezinde rol oynadığı bildirilmektedir (Diplock, 1998; Shinde ve ark., 2012).

Bununla birlikte, serbest radikaller yalnızca zararlı etkiler göstermemekte, düşük konsantrasyonlarda fizyolojik süreçlerde önemli roller üstlenmektedir. Bu moleküller, bağışıklık yanıtında patojen eliminasyonu, tümör hücrelerinin yok edilmesi ve ksenobiyotiklerin detoksifikasyonu gibi süreçlerde görev alırken; aynı zamanda hücre içi sinyal iletiminde de düzenleyici rol oynamaktadır. Özellikle kalsiyum mobilizasyonu, tirozin fosforilasyonu ve büyüme faktörü aracılı sinyal yollarının aktivasyonu gibi mekanizmalar serbest radikaller tarafından modüle edilmektedir (Cadenas, 1989; Pham-Huy ve ark., 2008). Serbest radikaller, hem endojen metabolik süreçler sonucu hem de çevresel faktörlerin etkisiyle oluşmaktadır (Sarma ve ark., 2010).

Serbest radikallerin aşırı üretimi ve/veya antioksidan savunma sistemlerinin yetersizliği sonucunda ortaya çıkan oksidatif stres, hücresel redoks dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu dengenin korunmasında antioksidan sistemler temel bir rol oynamaktadır. Antioksidanlar, ROS oluşumunu engelleyen, oluşan radikalleri nötralize eden ve oksidatif hasarı sınırlayan moleküller olarak tanımlanmaktadır (Şener ve Yeğen, 2009). Bu sistemler, serbest radikallerle hızlı reaksiyonlara girerek oto-oksidasyon ve lipid peroksidasyonu zincir reaksiyonlarını inhibe etmekte ve hücresel bütünlüğün korunmasına katkı sağlamaktadır (Dündar ve Aslan, 1999).

Briyofitler; ciğerotları, karayosunları ve boynuzlu ciğerotlarını kapsayan, evrimsel açıdan ilkel kara bitkileri arasında yer almaktadır (Gradstein ve ark., 2001; Glime, 2007). Bu bitkiler, geniş ekolojik toleransları sayesinde çöllerden tundralara kadar farklı habitatlarda yaşayabilmekte ve kaya, toprak, ağaç yüzeyleri gibi klasik substratların yanı sıra metal ve organik artıklar gibi sıra dışı ortamlarda da gelişebilmektedir (Schofield, 2001). Bu durum, briyofitlerin çevresel stres faktörlerine karşı gelişmiş adaptasyon mekanizmalarına sahip olduğunu göstermektedir.

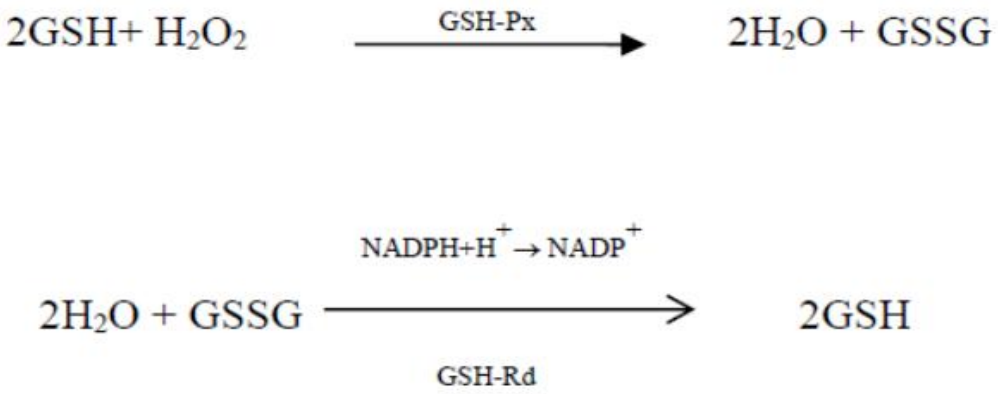
Briyofitlerin insanlık tarihindeki kullanımı oldukça eskiye dayanmaktadır. Arkeolojik veriler, bazı karayosunu türlerinin yara örtüsü ve dolgu materyali olarak kullanıldığını ortaya koyarken (Dickson, 1973), geleneksel Çin tıbbında briyofitlerin kullanımının MÖ 4000'li yıllara kadar uzandığı bilinmektedir (Wu, 1982). Günümüzde ise bu bitkiler, içeriklerindeki

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

sekonder metabolitler ve antioksidan bileşikler nedeniyle farmasötik ve biyoteknolojik açıdan dikkat çekmektedir (Saxena ve Harinder, 2004).

Bitkilerde oksidatif strese karşı en önemli savunma moleküllerinden biri glutatyondur. Glutatyon; glutamik asit, sistein ve glisin aminoasitlerinden oluşan bir tripeptid olup, hemen hemen tüm ökaryotik hücrelerde sentezlenmekte ve yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. GSH; hücresel redoks homeostazının korunması, detoksifikasyon mekanizmalarının düzenlenmesi, eikosanoid sentezi, hücre içi sinyal iletimi, gen ekspresyonunun kontrolü ve apoptozis süreçlerinde kritik rol oynamaktadır (Townsend ve ark., 2003).

Glutatyon, indirgenmiş ve GSSG olmak üzere iki formda bulunmakta ve bu iki form arasında dinamik bir denge söz konusudur. GSH, glutatyon peroksidaz (GPx) enzimi aracılığıyla hidrojen peroksit ve lipid peroksitleri indirgerken kendisi oksitlenerek GSSG formuna dönüşmektedir. Hücre içi redoks dengesinin sürdürülebilmesi için GSSG'nin tekrar GSH formuna indirgenmesi gerekmektedir. Bu reaksiyon, NADPH bağımlı GPx tarafından katalizlenmektedir (Akkuş, 1995; Okan ve ark., 2013).



Son yıllarda bitkisel kaynaklı doğal antioksidanlara olan ilgi artmış olup, bu durum briyofitlerin biyokimyasal içeriklerinin araştırılmasını daha da önemli hale getirmiştir. Ancak Türkiye'de briyofit türlerinin özellikle GSH/GSSG içeriklerine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar genellikle familya veya cins düzeyinde olup, tür bazlı biyokimyasal veriler yetersizdir. Bu bağlamda, literatürdeki bu boşluğun doldurulması amacıyla bu çalışmada *Ptychostomum creberrimum* (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay türünün indirgenmiş GSH ve GSSG düzeylerinin belirlenmesi ve türün antioksidan potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MATERYAL VE METOD

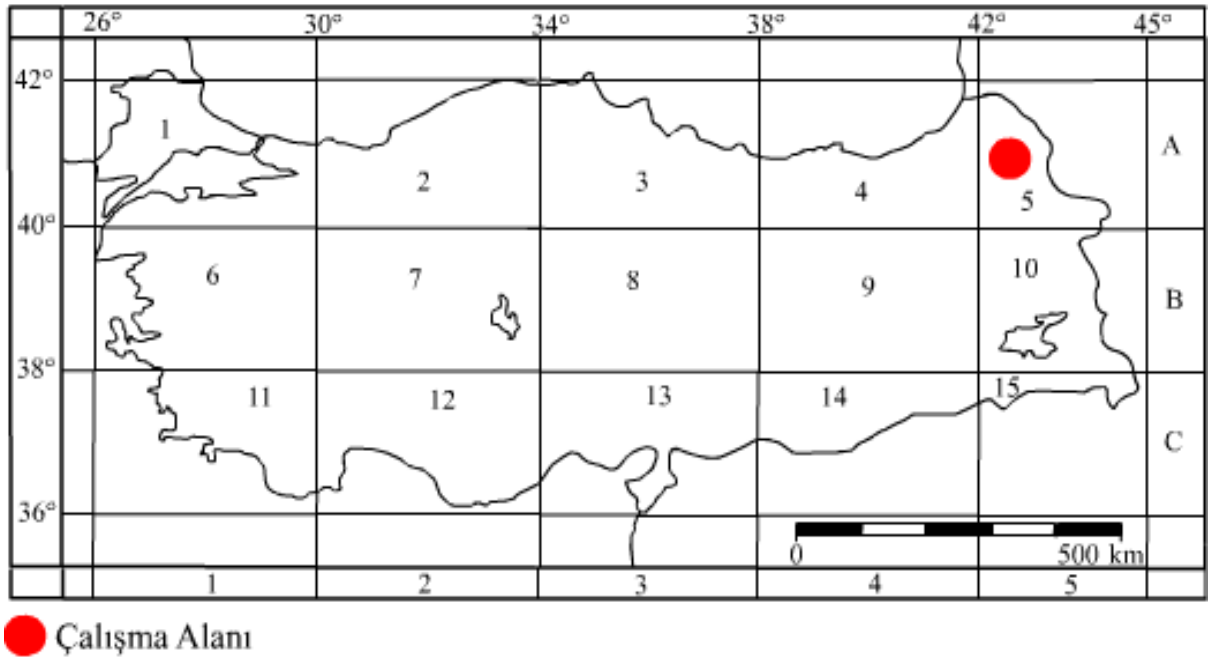
Materyal

Çalışmanın materyalini, Karçal Dağları'ndan toplanan *P. creberrimum* (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay briyofit örneği oluşturmaktadır (29.05.2022, Borçka: Balcı Köyü Yaylası Girişi, 1750m, (37T) 0745812D, 4579477K, Şekil 1). Briyofit örneğinin alındığı lokalite, Henderson (1961)'un Türkiye briyofitleri için belirlemiş olduğu Türkiye kareleme sistemine göre, A4 karesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Sistematik olarak *P. creberrimum*; Bryophyta bölümü, Briyopsida sınıfı, Bryales ordosunun, Bryaceae familyasına ait bir karayosunudur (Hodgetts ve ark., 2020). Toprakta, yol kenarlarında, boş arazilerde, bazen kumullarda, kaya ve duvar çatlakları üzerinde yayılış gösteren *P. creberrimum,* ekolojik olarak yarı nötral, yarı kurak ve gölge ortamları seven bir taksondur (Smith, 2004; Dierβen, 2001).



Şekil 1. *Ptychostomum creberrimum*'un doğal ortamdaki görünüşü (Lüth, 2004'den)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Şekil 2. Henderson (1961) Türkiye kareleme sistemine göre araştırma bölgesinin konumu.

Metod

P. creberrimum örneklerinde GSH ve GSSG düzeylerinin belirlenmesi amacıyla her bir numuneden 0,5 g tartılarak polietilen tüplere alınmış, üzerine 1 mL 0,5 M perklorik asit ($HClO_4$) ilave edilerek homojenizasyon sağlanmıştır. Daha sonra karışıma 4 mL bidistile su eklenmiş ve vortexlenerek iyice karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler 4500 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatant analizlerde kullanılmıştır. GSH ve GSSG tayini yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup analizlerde NUCLEODUR 100-5 C8 kolonu kullanılmıştır. Hareketli faz olarak %0,1 fosforik asit (H_3PO_4) içeren 50 mM sodyum perklorat ($NaClO_4$) çözeltisi tercih edilmiş, akış hızı 0,6 mL/dk olarak ayarlanmış ve dedeksiyon 215 nm'de gerçekleştirilmiştir. Santrifüj sonrası elde edilen süpernatanttan 20 µL alınarak HPLC sistemine enjekte edilmiş ve GSH ile GSSG pikleri belirlenmiştir (Dawes ve Dawes, 2000). Analizler CE 1100 Series Merck-Hitachi UV Detector L-4000 sistemine sahip HPLC cihazı ile gerçekleştirilmiş olup tüm çözeltilerin hazırlanmasında bidistile su kullanılmıştır. GSH ve GSSG miktarlarının hesaplanmasında standart çözeltiler kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrilerinden yararlanılmıştır. Tüm analizler üç bağımsız örnek üzerinden paralel olarak yürütülmüş ve elde edilen veriler aritmetik ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

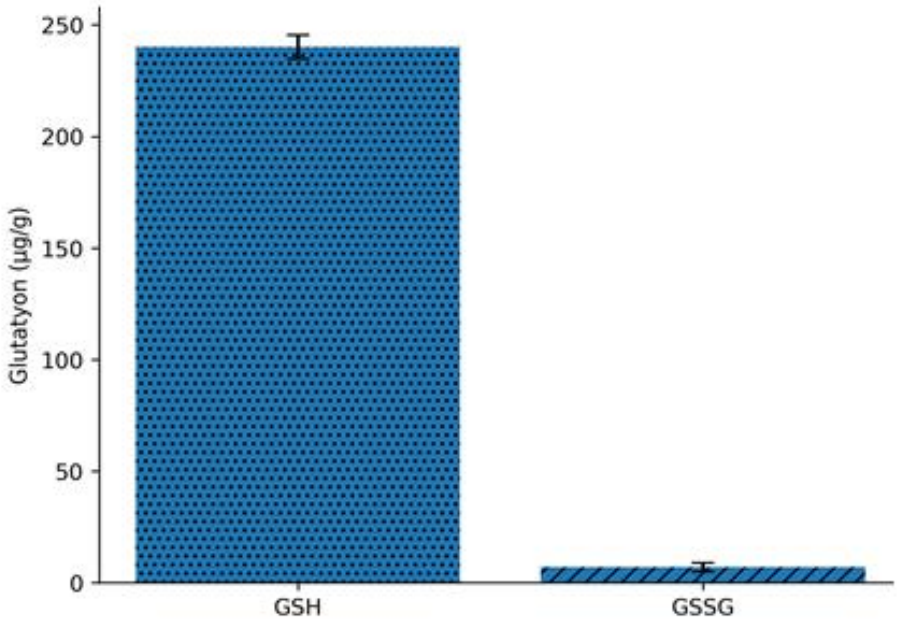
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SONUÇLAR

P. creberrimum'in GSH ve GSSG miktarları HPLC cihazıyla ölçülüp, elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 1. *Ptychostomum creberrim* taksonunun glutatyon miktarları.

Materyalin adı	GSH (µg/g)	GSSG (µg/g)
Ptychostomum creberrim	240.12 ± 5.37	6.88 ± 1,94



Şekil 3. *P. creberrimum* taksonunun glutatyon miktarları.

Tüm canlı organizmalar, bulundukları çevresel koşullara bağlı olarak çeşitli stres faktörlerine maruz kalmakta ve bu stres sonucunda oluşan serbest radikaller hücresel düzeyde önemli hasarlara yol açabilmektedir. Bu zararlı etkiler, antioksidan savunma sistemleri aracılığıyla azaltılmakta veya ortadan kaldırılmaktadır. Yapılan çalışmalar, briyofitlerin yalnızca antioksidan özellikler açısından değil, aynı zamanda antimikrobiyal potansiyelleri bakımından da önemli biyolojik aktivitelere sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle *Atrichum, Dicranum, Mnium, Polytrichum* ve *Sphagnum* cinslerine ait türlerde antimikrobiyal aktivite rapor edilmiş; bazı briyofitlerin antibakteriyel, antifungal ve antiviral etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Glime ve Saxena, 1990; Basile ve ark., 1999).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bitkilerde oksidatif strese karşı koruyucu rol oynayan temel metabolitlerden biri olan GSH, hücresel redoks homeostazının korunmasında kritik bir bileşen olup tüm ökaryotik hücrelerde bulunan güçlü bir intraselüler antioksidandır (Kidd, 1997). Türkiye briyofitleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda, farklı türlerde GSH ve GSSG düzeylerinin belirlenmiş olduğu ve bu türlerin önemli düzeyde antioksidan kapasite sergilediği rapor edilmiştir. Bu çalışmalarda, briyofit türleri arasında glutatyon düzeylerinin değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak güçlü bir redoks denge mekanizmasına işaret ettiği vurgulanmaktadır.

Benzer şekilde, Pottiaceae familyasına ait *Syntrichia ruralis* ve *Syntrichia montana* türlerinde GSH ve GSSG miktarlarının sırasıyla 81.90 ± 5.68 µg/g ve 25.28 ± 2.28 µg/g; ayrıca 13.04 ± 1.74 µg/g ve 5.68 ± 1.02 µg/g olduğu rapor edilmiştir (Çöteli ve ark., 2017). Bu bulgular, briyofitlerin oksidatif strese karşı etkili bir antioksidan savunma sistemine sahip olduğunu desteklemektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, *P. creberrimum* türünün GSH düzeyinin (240.12 ± 5.37 µg/g) literatürde bildirilen birçok briyofit türüne kıyasla oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, briyofitlerin genel olarak yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğuna yönelik önceki çalışmalarla uyumlu olup, Bryaceae familyasına ait bu türün de güçlü bir antioksidan savunma mekanizmasına sahip olduğunu düşündürmektedir. Dolayısıyla, *P. creberrimum* türü glutatyon içeriği bakımından zengin bir biyolojik kaynak olarak değerlendirilebilir ve ileri biyokimyasal çalışmalar açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akkuş İ. 1995. Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri. Mimoza Yayınları, Konya.

Basile A, Giardano S, López-Sáez JA, Cobianchini CR. 1999. Antibacterial Activity of Pure Flavonoids Isolated From Mosses. Phytochemistry. 52, 1479-1482.

Cadenas E. 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. Annu. Rev. Biochem. 58, 79-110.

Çöteli E, Alataş M, Batan N. 2017. *Syntrichia ruralis* ve *Syntrichia montana* (Pottiaceae) Taksonlarının Glutatyon İçeriklerinin Karşılaştırılması. Anatolian Bryology. 3(1), 25-30.

Dawes P, Dawes E. 2000. SGE Chromatography Products Catalog. Sayfa 182.

Dickson JH. 1973. Bryophytes of the Pleistocene. The British Record and Its Chorological and Ecological Implications. Cambridge University Press. pp. 192-195

Dierβen K. 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes Bryophytorum Bibliotheca. 56, 1-289.

Diplock A. 1998. Healty lifestyles nutrition and physical activity: Antioxidant nutrients. ILSI Europe concise monograph series, 59 p., Belgium.

Dündar Y, Aslan R. 1999. Hücre Moleküler Statüsünün Anlaşılması ve Fizyolojik Önem Açısından Radikaller, Antioksidanlar. İnsizyon Cerrahi Tıp Bilim Dergisi. 2(2), 134-142.

Glime JM. 2007. Michigian Technological University (MTU), Botanical Society of America (BSA) and International Association of Bryologists (IAB). Bryophyte Ecology. E-Publishing: Michigian.

Glime JM. Saxena .K. 1990. Uses of Bryophytes. Today and Tomorrow Printers and Publishers. New Delhi.

Gradstein SR, Griffin D, Morales MI, Nadkarni NM. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde. Caldasia, 23, 203-212.

Henderson DM. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23, 263-278.

Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. SimSim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. Journal of Bryology. 42:1, 1-116.

Kidd PM. 1997. Glutathione: Systemic Protectant Against Oxidative and Free Radical Damage. Alternative Medicine Reviews. 2, 155-176.

Lüth M. 2004. Bilder von Moosen Europa. Schäftlarner, Deutschlands, 3123 photos.

Okan TO, Varlıbaş H, Öz M, Deniz İ. 2013. Antioksidan analiz yöntemleri ve doğu karadeniz bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılabilecek odun dışı bazı bitkisel ürünler. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13, 48-59.

Sarma AD, Mallick AR, Ghosh AK. 2010. Free radicals and their role in different clinical conditions: an overview. Int J Pharm Sci Res. 1(3), 185-192.

Saxena DK. Harinder S. 2004. Uses of Bryophytes. Resonance. 9:6, 56-65.

Schofield WB. 2001. Introduction to Bryology. The Blackburn Press. Caldwell, USA.

Shinde A, Ganu J, Naik P. 2012. Effect of free radicals & Antioxidants on oxidative stress: A Review. J Dent Allied Sci. 1(2), 63- 66.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Şener G, Yeğen Berrak Ç. 2009. İskemi Reperfüzyon Hasarı. Klinik Gelişim Dergisi. 22, 5-13.

Townsend DM, Tew KD, Tapiero H. 2003. The importance of glutathione in human disease. Biomed Pharmacother. 57(3-4), 145- 155.

Pham-Huy LA, He H, Pham-Huyc C. 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. Int J Biomed Sci. 4(2), 89-96.

Wu, P. C. 1982. Some uses of mosses in China. Bryol. Times. 13, 5.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen'in ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİ

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ

Munzur Üniversitesi, yelizcakir@munzur.edu.tr- 0000-0003-1905-5506

Prof. Dr. Mevlüt ALATAŞ

Munzur Üniversitesi, mevlutalatas@gmail.com - 0000-0003-0862-0258

ÖZET

Briyofitler, biyoçeşitliliğin önemli bir bileşenini oluşturmalarının yanı sıra, zengin ikincil metabolit içerikleri nedeniyle son yıllarda bilimsel araştırmaların odağında yer almaktadır. Bu metabolitler, bitkilerin antioksidan kapasitelerinin önemli göstergeleri arasında değerlendirilmekte olup, reaktif oksijen türlerine (ROS) karşı koruyucu etkiler sunabilmektedir. Türkiye florasında yer alan briyofit türlerinin antioksidan potansiyeline ilişkin çalışmaların sınırlı olması, bu alandaki araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, *Ptychostomum capillare* karayosunu türünün antioksidan kapasitesi incelenerek doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Bitki örneklerinden elde edilen ekstraktların hazırlanmasında su çözücü kullanılmış ve ekstraktlar çeşitli in vitro antioksidan analizlere tabi tutulmuştur. Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde DPPH radical scavenging assay ve ABTS radical scavenging assay yöntemleri ile indirgeme gücü analizleri uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, DPPH ve ABTS radikal giderme aktiviteleri sırasıyla 98.54 ± 8.12 ve 82.76 ± 7.48 µg askorbik aside eşdeğer olarak belirlenmiştir. Ayrıca indirgeme gücü antioksidan aktivitesi standart olarak kullanılan ferulik aside göre 336.54 ± 9.16 µg eşdeğeri olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, incelenen türün antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, *P. capillare* türünün içerdiği biyoaktif bileşikler sayesinde doğal bir antioksidan kaynağı olabileceği ve bu yönüyle farmasötik ve biyoteknolojik uygulamalarda potansiyel bir kullanım alanı sunabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ptychostomum capillare,* Oksidatif stres, Antioksidan, Briyofit, ROS.

1. Giriş

Serbest radikaller, dış orbitallerinde bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron bulunduran, yüksek reaktiviteye sahip atom veya moleküller olarak tanımlanmaktadır (Bast ve ark., 1991; Halliwell ve Gutteridge, 1985; Nawar, 1996). Bu yapısal özellikleri nedeniyle diğer moleküllerle kolaylıkla reaksiyona girerek zincirleme reaksiyonları başlatabilmektedirler. Buna karşılık, elektronlarını eşleşmiş (eşlenik) halde bulunduran moleküller daha kararlı olup reaksiyona girme eğilimleri daha düşüktür ve bu tür moleküller non-radikaller olarak adlandırılmaktadır (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Valko ve ark., 2007).

Serbest radikaller başlıca oksijen ve azot kaynaklı olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Oksijen kökenli olanlar reaktif oksijen türleri (ROS), azot kökenli olanlar ise reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak ifade edilmektedir (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Valko ve ark., 2007). Bu reaktif türler, hem fizyolojik süreçler sırasında hem de çevresel faktörlerin

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

etkisiyle canlı organizmalarda sürekli olarak oluşmakta ve uygun koşullarda hücresel bileşenlerle reaksiyona girerek hasara yol açabilmektedir (Fang ve ark., 2002; Pham-Huy ve ark., 2008).

Oksidatif stres, reaktif oksijen ve azot türlerinin üretimi ile antioksidan savunma sistemleri arasındaki dengenin bozulması sonucu ortaya çıkan bir durumdur. Bu dengesizlik; DNA, protein, lipid ve karbonhidrat gibi temel biyomoleküllerde geri dönüşümsüz hasarlara neden olabilmektedir. Özellikle süperoksit anyonu ($O_2^{\cdot -}$), hidroksil radikali ($OH^{\cdot}$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi türlerin birikimi, hücresel yaşlanma, kardiyovasküler hastalıklar, mutasyonlar ve kanser gibi birçok patolojik sürecin gelişiminde önemli rol oynamaktadır (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Valko ve ark., 2007).

Antioksidanlar, serbest radikallerin oluşumunu engelleyen veya mevcut radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif hasarı önleyen bileşiklerdir. Genellikle fenolik yapıda olan bu moleküller, düşük konsantrasyonlarda dahi oksidatif reaksiyonları önemli ölçüde yavaşlatabilmekte veya inhibe edebilmektedir (Kahkönen ve ark., 1999). Buna karşılık prooksidanlar, biyomoleküllerde oksidatif hasarı artırarak çeşitli hastalıkların oluşumuna zemin hazırlayan bileşiklerdir (Cao ve Prior, 1999). Bu nedenle antioksidan-prooksidan dengesi, sağlıklı bir yaşamın sürdürülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Briyofitler, hem ılıman hem de tropikal bölgelerde geniş yayılış gösteren, genellikle nemli habitatlarda bulunan ve ekosistemlerde önemli rol oynayan bitki grubudur. Orman ekosistemlerinde toprak yüzeyini kaplayan halı formunda, turbalık alanlarda ise farklı renk ve morfolojilerde bulunabilen bu bitkiler; kaya yüzeylerinde, sucul ortamlarda ve ağaç gövdelerinde yaşayabilme yetenekleri ile dikkat çekmektedir. Ayrıca ekstrem çevre koşullarına tolerans gösterebilmeleri, bu organizmaların zengin ve özgün ikincil metabolitler üretmesine olanak sağlamaktadır (Schofield, 2001).

Türkiye'de briyofitler üzerine yapılan çalışmalar büyük ölçüde floristik ve taksonomik nitelikte olup, biyokimyasal içeriklerine yönelik araştırmalar sınırlı sayıdadır. Özellikle antioksidan kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Bu bağlamda, *Ptychostomum capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen türünün antioksidan kapasitesinin belirlenmesi, hem bu türün biyolojik potansiyelinin ortaya konulması hem de ileride yapılacak çalışmalara temel oluşturulması açısından önem taşımaktadır.

2. Material ve Metod

2.1. Materyal

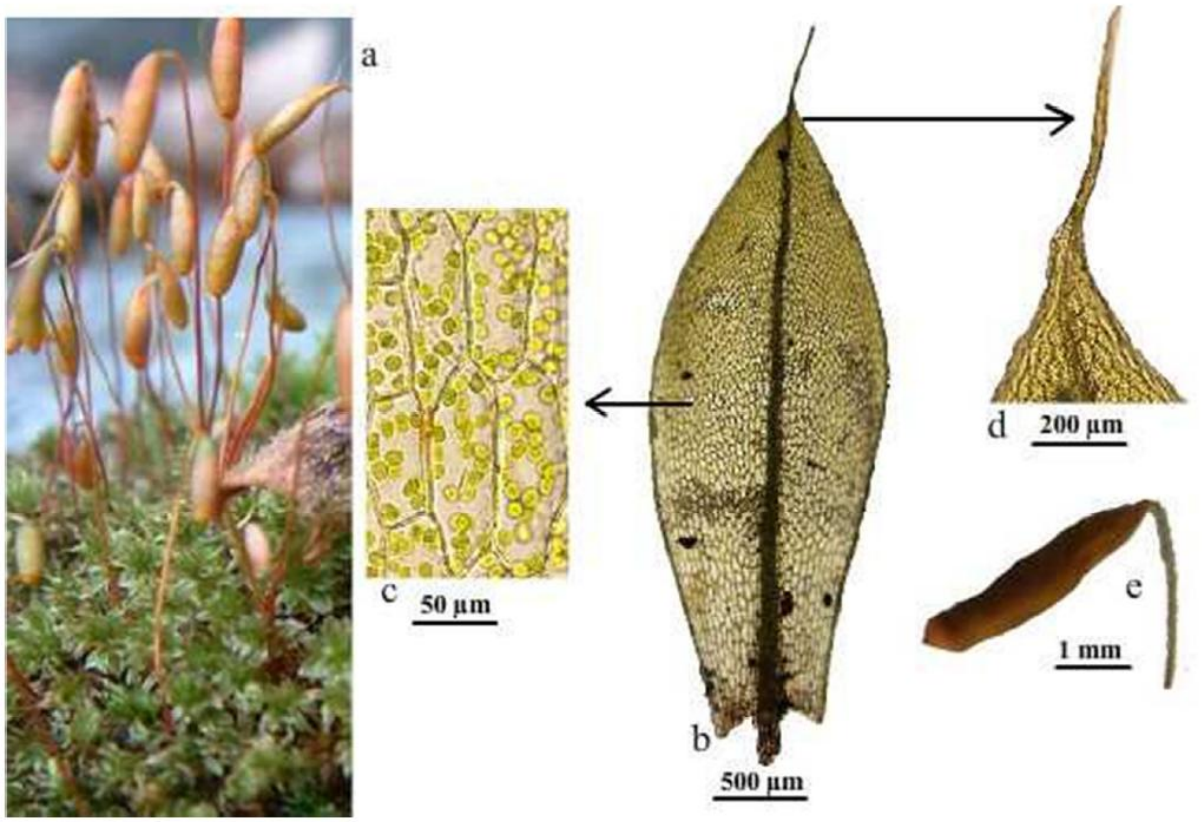
Çalışmanın materyalini, *P. capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen türüne ait briyofit örneği oluşturmaktadır (Şekil 1). Bitki örnekleri 29.05.2022 tarihinde Artvin ili, Borçka ilçesi sınırlarında yer alan Kurt Deresi (Otingo Vadisi)'nden, 1060 m rakımdan (37T 0741028 D, 4578408 K) toplanmıştır. Örneklerin alındığı lokalite, Henderson (1961) tarafından Türkiye briyofitleri için önerilen kareleme sistemine göre A4 karesi içerisinde yer almaktadır.

P. capillare taksonomik olarak; Bryophyta bölümü, Bryopsida sınıfı, Bryales ordosu ve Bryaceae familyasına ait bir karayosunudur (Hodgetts ve ark., 2020). Kaya yüzeyleri, kaya yarıkları, duvarlar, eski yapı yüzeyleri, ağaç gövdeleri ve dalları, yol kenarları ve açık alanlar gibi farklı habitat ve substratlarda yayılış gösterebilen *P. capillare,* ekolojik olarak yarı nötral,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

bazik, yarı kurak ve hem gölgeli hem de açık ortam koşullarına adapte olabilen bir türdür (Smith, 2004; Dierßen, 2001).

Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar, analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich firmasından sağlanmıştır.



Şekil 1: *Ptychostomum capillare*; a- genel görünüş, b- yaprak, c- yaprak ortası hücreleri, d- yaprak ucu, e- kapsül.

2.2. Metot

2.2.1 Örnek ekstraktının hazırlanması:

Bitki örneklerinden 1 g tartılarak üzerine 10 mL su ilave edilmiş ve homojenizatör yardımıyla parçalanmıştır. Elde edilen karışım 5000 rpm'de ve +4 °C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında elde edilen üst faz dikkatlice ayrılarak analizlerde kullanılmak üzere alınmıştır.

2.2.2 DPPH Radikali Giderme Aktivitesinin Tayini:

Antioksidan aktivite DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemde, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalinin indirgenmesine bağlı olarak absorbans azalması ölçülmüştür. Farklı konsantrasyonlardaki ekstrakt çözeltileri DPPH çözeltisi ile karıştırılmış ve karanlık ortamda belirli bir süre inkübe edilmiştir. Daha sonra absorbans spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuçlar, radikal süpürme aktivitesi (%) veya IC_{50} değeri (µg/mL) olarak ifade edilmiştir. Radikal süpürme aktivitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

% DPPH Radikali Giderme Aktivitesi = [1- (AÖ:30/AK:30)]×100
Aö30 : Kontrolün 30. dakikadaki absorbansı
Ak30 : Kontrolün 30. dakikadaki absorbansıdır.

2.2.3 ABTS Radikali Giderme Aktivitesi Tayini

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi, ABTS yöntemi kullanılarak Arnao et al.'nın yöntemine göre üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, ekstraktın miligramı başına mikrogram askorbik asit eşdeğeri (**µg askorbik asit mg^{-1} ekstrakt**) olarak ifade edilmiştir.

2.2.4. İndirgeme Gücü Tayini

Ekstraktın toplam fenolik içeriği, Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak, Singleton & Rossi tarafından tanımlanan spektrofotometrik prosedüre göre üç tekerrürlü olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, ekstraktın miligramı başına mikrogram gallik asit eşdeğeri (**µg GA mg^{-1} ekstrakt**) olarak ifade edilmiştir.

2.3. İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üç paralel olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama ± standart sapma (SD) şeklinde ifade edilmiştir.

3. Bulgular

DPPH radikal giderme aktivitesi yöntemi, doğal ekstraktların antioksidan kapasitesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin esası, antioksidan bileşiklerin DPPH radical scavenging assay kapsamında serbest radikallere proton veya elektron transferi gerçekleştirmesi sonucunda, DPPH çözeltisinin 520 nm'deki absorbansının azalmasına dayanmaktadır. Ortamdaki serbest radikallerin giderilme kapasitesi arttıkça, ilgili ekstraktın antioksidan aktivitesinin de arttığı kabul edilmektedir (Tekeli ve ark., 2008; Okan ve ark., 2013).

ABTS radikali giderme aktivitesi ise, ABTS radical scavenging assay yöntemi ile belirlenmekte olup, ABTS radikal katyonunun absorbansının antioksidan bileşikler tarafından baskılanması esasına dayanmaktadır. Maksimum absorbansı 734 nm'de gözlenen bu radikalin absorbans değeri, antioksidanlarla reaksiyona girmesi sonucunda azalmaktadır. ABTS yöntemi, hem hidrofilik hem de lipofilik bileşiklere uygulanabilmesi açısından geniş kullanım alanına sahiptir (Orakçı, 2010; Okan ve ark., 2013).

Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde kullanılan bir diğer önemli parametre ise indirgeme gücüdür. Bileşiklerin indirgeme kapasitesi, onların elektron verme yetenekleri ile ilişkili olup antioksidan etkinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Meir ve ark., 1995). Bu yöntemde, antioksidan bileşiklerin ortamdaki Fe^{3+} iyonlarını Fe^{2+}'ye indirgeme kapasitesi değerlendirilmekte ve oluşan kompleksin 700 nm'deki absorbans değişimi ölçülmektedir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak absorbans değerinde gözlenen artış,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

indirgeme gücünün ve dolayısıyla antioksidan kapasitenin arttığını göstermektedir (Kazazic ve ark., 2016).

Bryaceae familyasına ait briyofitler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, bu grubun dikkat çekici düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle *Bryum moravicum* üzerinde yapılan çalışmalarda, ABTS radikal giderme aktivitesi ve toplam fenolik içerik arasında pozitif bir ilişki olduğu ve türün orta düzeyde antioksidan kapasite sergilediği bildirilmiştir (Vollar ve ark., 2018). Benzer şekilde, Bryum cinsine ait farklı türlerde gerçekleştirilen çalışmalarda da antioksidan aktivitenin türler arasında değişkenlik gösterdiği, ancak genel olarak fenolik bileşik içeriği ile doğru orantılı olduğu ifade edilmiştir (Valko ve ark., 2007; Dey ve ark., 2012). Ayrıca briyofitler üzerine yapılan genel değerlendirme çalışmalarında, bu bitkilerin zengin ikincil metabolit içerikleri sayesinde serbest radikallere karşı etkili biyolojik aktivite gösterebildiği vurgulanmaktadır (Asakawa, 2007).

P. capillare ekstraktının antioksidan aktivitesi, in vitro koşullarda DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre, 1 mg ekstraktın antioksidan kapasitesi, 98.54 ± 8.12 µg askorbik asit eşdeğeri olarak bulunmuştur. İncelenen tür ekstraktının, in vitro koşullarda ABTS testi kullanılarak ve standart olarak askorbik asit ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Buna göre, 1 mg ekstraktın antioksidan kapasitesi, 82.76 ± 7.48 µg askorbik aside eşdeğer bulunmuştur. Öte yandan, 1 mg ekstraktın toplam fenolik içeriği, standart olarak kullanılan ferulik aside göre 336.54 ± 9.16 µg eşdeğerinde belirlenmiştir.

İncelenen örneğin yosunun sulu ekstraktı olduğu göz önüne alındığında, bu sonuçların önemi daha da artmaktadır.

3. Kaynaklar

Arnao MB, Cano A, Acosta M. 1999. Methods to measure the antioxidant activity in plant material: A comparative discussion. Free Radical Research. 31(Suppl 1), S89-S96.

Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. Pure Appl Chem. 79, 557-580.

Bast A, Haenen G, Goelmen JA. 1991. Oxidants and antioxidants: State of the art. Am J Med. 91(3 Suppl 3), 2-13.

Cao G and Prior RL 1999. In vivo antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Radical Biology and Medicine. 27, 1173-1181.

Dey A, De JN, Majumdar S. 2012. Antioxidant activity of bryophytes: A review. J Med Plants Res. 6, 2560-2565.

Fang YZ, Yang S, Wu G. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition. 18(10), 872-879.

Halliwell B, Gutteridge JMC. 1985. The Importance of Free Radicals and Catalytic Metal Ions In Human Diseases. Mol. Aspects Med. 8(2), 89-193.

Halliwell B, Gutteridge JMC. 1999. Free Radicals in Biology and Medicine. 3rd ed. New York: Oxford University Press. 10-121.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Kahkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS and Heinonen M 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47, 3954-3962.

Kazazic M, Djapo M, Ademovic E 2016. Antioxidant activity of water extracts of some medicinal plants from Herzegovina region. Int. J. Pure App. Biosci. 4(2), 85-90.

Meir S, Kanner J, Akiri B, Hadas SP 1995. Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 43, 1813- 181.

Nawar WW. 1996. Lipids. In "Food Chemistry". 3rd ed. O.R. Fennema (Ed). New York: Marcel Dekker, 225-319.

Okan TO, Varlıbaş H, Öz M, Deniz İ 2013. Antioxidant Analysis Methods and Some Non-Wood Forest Plant Products as Sources of Antioxidants in Eastern Black Sea Region. Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty. 13, 48-59.

Orakçı EE 2010. Antioxidant Activity of Gilaburu. Erciyes University, Faculty of Pharmacy, Graduation Thesis. pp.36, Erzurum.

Pham-Huy LA, He H, Pham-Huyc C. 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. Int J Biomed Sci. 4(2), 89-96.

Schofield WB. 2001. Introduction to Bryology. The Blackburn Press. Caldwell, USA.

Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.

Smith AJE. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press. London.

Tekeli Y, Sezgin M, Şanda MA 2008. Konya'da yetişen Centaurea pterocaulo Truatv.'in fenolik yapısı ve antioksidan etkisi. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi. 3, 35-41.

Valko M, Leibfritz D, Moncola J, ve ark. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int J Biochem Cell Biol. 39, 44-84.

Vollar M, György Z, Tóth Z. 2018. Antioxidant and antimicrobial activities of some moss species. Acta Biol Hung. 69, 123-134.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SAĞLIK İNANÇ MODELİ TEMELLİ MOBİL EĞİTİMİN İNSÜLİN TEDAVİSİ YÖNETİMİNDEKİ ROLÜ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİ[1]

Prof. Dr. MEHTAP KAVURMACI

Atatürk Üniversitesi/Hemşirelik Fakültesi,

mehtap.kavurmaci@atauni.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7062-4845

Dr. Öğr. Üyesi Büşra Ceren DEMİREL YILDIZ

Siirt Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu,

busra.demirel@siirt.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4971-9115

ÖZET

Diabetes Mellitus, bireyin yaşam boyu öz yönetim becerilerini sürdürmesini gerektiren kronik metabolik hastalıklardan biridir. Özellikle insülin tedavisi kullanan bireylerde doğru enjeksiyon uygulamalarının gerçekleştirilmesi, tedaviye uyumun sağlanması ve komplikasyonların önlenmesi etkili diyabet yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak geleneksel eğitim yöntemlerinin süreklilik sağlayamaması, sağlık profesyonellerinin iş yükü ve bireylerin sürekli eğitime ihtiyaç duyması alternatif eğitim yaklaşımlarını gündeme getirmiştir. Son yıllarda mobil sağlık teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte mobil uygulama temelli eğitimlerin diyabet bakımında yaygın olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Mobil sağlık uygulamaları; eğitim, izlem, hatırlatma, veri kaydı ve danışmanlık süreçlerinin dijital ortamda yürütülmesine olanak sağlayarak bireylerin öz yönetim davranışlarını desteklemektedir. Özellikle görsel ve etkileşimli içeriklerin kullanılması, bireylerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırmakta ve tedaviye uyumu artırabilmektedir. Bununla birlikte davranış değişikliğini temel alan kuramsal modellerin mobil sağlık uygulamaları ile kullanılması, eğitim süreçlerinin etkinliğini güçlendirebilmektedir. Sağlık İnanç Modeli; bireyin hastalığa ilişkin algıları, algılanan yarar ve engelleri ile sağlık davranışlarını açıklayan önemli modellerden biridir. Model doğrultusunda yapılandırılan mobil eğitim yaklaşımlarının bireylerin öz yönetim becerilerini geliştirebileceği, tedaviye uyumu artırabileceği ve olumlu sağlık davranışlarını destekleyebileceği düşünülmektedir. Ayrıca hemşirelerin dijital eğitim süreçlerinde aktif rol üstlenmesi, sürdürülebilir bakım ve birey merkezli diyabet yönetimi açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Bu derlemede, Sağlık İnanç Modeli temelli mobil eğitim yaklaşımlarının diyabet yönetimindeki rolü güncel literatür doğrultusunda değerlendirilmiş ve hemşirelik bakımındaki önemi ele alınmıştır.

[1] Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen "Diyabetli Hastalara Uygulanan Sağlık İnanç Modeline Dayalı Web Tabanlı Mobil Eğitimin İnsülin Tedavisine Etkisinin Değerlendirilmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir. Çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen TDK-2022-10343 numaralı doktora tez projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje yürütücüsü Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI'dır. Tez çalışması yayınlanmamıştır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Anahtar Kelimeler: Diabetes Mellitus, mobil sağlık, Sağlık İnanç Modeli, hemşirelik, öz yönetim, insülin tedavisi

1. GİRİŞ

Diabetes Mellitus (DM), dünya genelinde prevalansı giderek artan kronik metabolik hastalıklardan biri olup bireylerin yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Diyabetin görülme sıklığındaki artış, hastalığın yalnızca bireysel değil aynı zamanda toplumsal ve ekonomik açıdan da önemli bir halk sağlığı sorunu haline geldiğini göstermektedir. Diyabet yönetiminde temel amaç; metabolik kontrolün sağlanması, komplikasyonların önlenmesi ve bireyin yaşam kalitesinin artırılmasıdır. Bu süreçte bireyin tedaviye uyumu ve öz yönetim becerileri büyük önem taşımaktadır.(1)

İnsülin tedavisi, özellikle Tip 1 diyabetli bireylerde zorunlu olmakla birlikte, Tip 2 diyabetli bireylerde de glisemik kontrolün sağlanamadığı durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak insülin tedavisinin etkili olabilmesi yalnızca ilacın reçete edilmesi ile sınırlı değildir. Bireyin doğru enjeksiyon tekniğini uygulaması, enjeksiyon bölgelerini uygun şekilde kullanması, doz uygulama süreçlerini doğru yönetmesi ve tedaviye ilişkin sağlık davranışlarını sürdürebilmesi gerekmektedir. Literatürde, diyabetli bireylerin önemli bir kısmının insülin uygulama tekniklerinde hata yaptığı, enjeksiyon bölgelerini yeterince değiştirmediği, uygun iğne kullanımına dikkat etmediği ve insülin uygulama sürecine ilişkin bilgi eksiklikleri yaşadığı bildirilmektedir. Bu durum glisemik kontrolün bozulmasına, komplikasyon riskinin artmasına ve tedavi başarısının azalmasına neden olabilmektedir.(2-5)

Diyabet yönetiminde eğitim, bireyin hastalığa uyum sağlamasında ve öz bakım davranışlarını geliştirmesinde temel bileşenlerden biridir. Geleneksel yüz yüze eğitim yöntemleri önemli olmakla birlikte, son yıllarda dijital sağlık teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte mobil sağlık uygulamalarının diyabet yönetiminde kullanımının arttığı görülmektedir. Mobil sağlık uygulamaları; bireylere zamandan ve mekândan bağımsız eğitim sunabilmesi, görsel ve etkileşimli içerikler içermesi, bireyin öğrenme sürecini desteklemesi ve sağlık profesyonelleri ile iletişimi kolaylaştırması açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle kronik hastalık yönetiminde mobil tabanlı eğitim yaklaşımlarının tedaviye uyum, öz yönetim ve sağlık davranışları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir.(6-8)

Sağlık davranışlarının geliştirilmesinde kuramsal modellerin kullanılması eğitim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır. Bu modellerden biri olan Sağlık İnanç Modeli; bireyin hastalığa ilişkin algıladığı duyarlılık, ciddiyet, yarar ve engeller doğrultusunda sağlık davranışlarını açıklamaktadır. Model, bireyin sağlık davranışlarını değiştirme sürecini anlamada önemli bir rehber niteliği taşımakta ve diyabet yönetiminde davranış değişikliğini destekleyen etkili yaklaşımlardan biri olarak kabul edilmektedir. Sağlık İnanç Modeli temelli eğitimlerin diyabetli bireylerde öz yeterliliği artırdığı, tedaviye uyumu geliştirdiği ve olumlu sağlık davranışlarını desteklediği belirtilmektedir.(9, 10)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Hemşireler, diyabet yönetiminde bireyin eğitim, danışmanlık ve öz bakım süreçlerinde aktif rol üstlenen sağlık profesyonelleridir. Özellikle dijital sağlık teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte hemşirelik bakımında mobil uygulama temelli eğitim yaklaşımlarının önemi artmıştır. Mobil sağlık uygulamalarının hemşirelik bakım süreçlerine entegrasyonu; bireylerin bilgi düzeylerinin artırılması, tedaviye uyumlarının desteklenmesi ve sürdürülebilir öz yönetim davranışlarının geliştirilmesi açısından önemli katkılar sağlayabilmektedir.(11, 12)

Bu çalışmada, Sağlık İnanç Modeli temelli mobil eğitim yaklaşımlarının insülin tedavisi yönetimindeki rolünün güncel literatür doğrultusunda incelenmesi ve hemşirelik bakımındaki öneminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. DİYABETTE İNSÜLİN TEDAVİSİ VE ÖZ YÖNETİM SORUNLARI

Diyabet yönetiminde başarılı sonuçların elde edilmesi, bireyin yalnızca farmakolojik tedaviye erişimi ile değil, aynı zamanda tedavi sürecini doğru yönetebilme becerisi ile de ilişkilidir. Öz yönetim; bireyin hastalığına ilişkin bilgi sahibi olması, tedavi planına uyum sağlaması, kan glukoz düzeyini izlemesi, uygun beslenme davranışlarını sürdürmesi ve komplikasyonları önlemeye yönelik davranışlar geliştirmesi gibi çok boyutlu bir süreci kapsamaktadır. Özellikle insülin kullanan bireylerde öz yönetim becerileri tedavi başarısında kritik öneme sahiptir.(13)

İnsülin tedavisinin etkili olabilmesi için bireyin doğru enjeksiyon tekniklerini uygulaması gerekmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda diyabetli bireylerin önemli bir kısmının insülin uygulamalarında çeşitli hatalar yaptığı bildirilmektedir. En sık görülen hatalar arasında enjeksiyon bölgelerinin yeterince değiştirilmemesi, aynı bölgenin tekrar tekrar kullanılması, uygun iğne uzunluğunun tercih edilmemesi, enjeksiyon sonrası bekleme süresine dikkat edilmemesi, insülinin yanlış saklanması ve kullanım süresi geçmiş insülinlerin kullanılmaya devam edilmesi yer almaktadır. Bu hatalar, insülin emilimini olumsuz etkileyerek glisemik kontrolün bozulmasına neden olabilmektedir.(14, 15)

İnsülin uygulama sürecinde yaşanan sorunlar yalnızca teknik eksikliklerle sınırlı değildir. Bireylerin insülin tedavisine yönelik korku, kaygı ve olumsuz inançları da tedaviye uyumu önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Özellikle enjeksiyon korkusu, hipoglisemi endişesi, sosyal ortamlarda insülin uygulamaktan çekinme ve yaşam boyu tedavi düşüncesi bireylerde psikolojik yük oluşturabilmektedir. Bu durum bireylerin tedaviye uyumunu azaltarak metabolik kontrolün bozulmasına neden olabilmektedir.(16)

Diyabetli bireylerin öz yönetim süreçlerinde sağlık okuryazarlığı düzeyi de önemli bir belirleyicidir. Sağlık okuryazarlığı düşük olan bireylerde tedavi planını anlama, ilaç kullanımını doğru yönetme ve sağlık profesyonelleri ile etkili iletişim kurma süreçlerinde sorunlar yaşanabilmektedir. Özellikle kronik hastalık yönetiminde karmaşık tedavi süreçlerinin varlığı, bireylerin sürekli eğitime ihtiyaç duymasına neden olmaktadır.(17)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Geleneksel diyabet eğitimleri çoğu zaman sınırlı sürelerde verilmekte ve bireylerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunlara sürekli destek sağlayamamaktadır. Ayrıca sağlık profesyonellerinin iş yükü, eğitim sürelerinin yetersizliği ve hasta yoğunluğu gibi nedenlerle bireylere verilen eğitimlerin sürdürülebilirliği zorlaşabilmektedir. Bu durum, alternatif eğitim yöntemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır.(18)

Son yıllarda dijital sağlık teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte mobil sağlık uygulamaları diyabet yönetiminde önemli araçlar haline gelmiştir. Mobil uygulamalar aracılığıyla bireylere sürekli eğitim desteği sunulabilmekte, tedavi süreçleri takip edilebilmekte ve öz yönetim davranışları desteklenebilmektedir. Özellikle görsel ve etkileşimli içeriklerin kullanılması, bireylerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırmakta ve bilgi kalıcılığını artırabilmektedir. Bununla birlikte mobil sağlık uygulamalarının davranış değişikliği modelleri temelinde yapılandırılması, bireylerin sağlık davranışlarını geliştirmede daha etkili sonuçlar ortaya koyabilmektedir. (19)

3. MOBİL SAĞLIK UYGULAMALARININ DİYABET YÖNETİMİNDE KULLANIMI

Teknolojik gelişmelerin sağlık alanına yansımasıyla birlikte mobil sağlık uygulamaları kronik hastalık yönetiminde giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle akıllı telefon kullanım oranlarının artması, bireylerin sağlık hizmetlerine dijital yollarla erişimini kolaylaştırmış ve mobil sağlık uygulamalarını diyabet bakımının önemli bileşenlerinden biri haline getirmiştir. Mobil sağlık teknolojileri; eğitim, izlem, hatırlatma, veri kaydı ve sağlık danışmanlığı gibi birçok sürecin aynı platform üzerinden yürütülmesine olanak sağlamaktadır.(8)

Diyabet yönetiminde kullanılan mobil uygulamalar genellikle kan glukoz izlemi, fiziksel aktivite takibi, beslenme düzeninin kontrolü, ilaç kullanım hatırlatmaları ve eğitim içerikleri gibi modüller içermektedir. Bu uygulamalar sayesinde bireyler kendi sağlık verilerini düzenli şekilde takip edebilmekte ve tedavi süreçlerine daha aktif katılım gösterebilmektedir. Özellikle öz bakım davranışlarının sürdürülebilir hale gelmesi açısından mobil uygulamaların birey merkezli yaklaşımı desteklediği düşünülmektedir.(20)

Mobil sağlık uygulamalarının önemli avantajlarından biri, bireylere zaman ve mekândan bağımsız destek sunabilmesidir. Geleneksel eğitim yöntemlerinde bireyler sağlık kuruluşlarına belirli zamanlarda ulaşabilirken, mobil uygulamalar aracılığıyla eğitim materyallerine sürekli erişim sağlanabilmektedir. Bu durum öğrenme sürecinin tekrar edilmesine, bilgi eksikliklerinin giderilmesine ve bireyin kendi hızında öğrenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca video, animasyon ve görsel anlatım gibi dijital içeriklerin kullanılması, karmaşık sağlık bilgilerinin daha anlaşılır hale gelmesini kolaylaştırmaktadır.(21)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Diyabet yönetiminde mobil uygulamaların kullanımının tedaviye uyum üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir. Mobil uygulamalar aracılığıyla düzenli hatırlatmaların yapılması, bireyin ilaç kullanımını ve glukoz izlemini aksatmamasına yardımcı olabilmektedir. Bunun yanında bireyin sağlık verilerini kayıt altına alabilmesi, hastalık yönetimine yönelik farkındalığını artırmakta ve öz yönetim davranışlarını desteklemektedir. Bazı uygulamaların sağlık profesyonelleri ile iletişim özelliği sunması ise bireyin danışmanlık desteğine daha hızlı ulaşmasına katkı sağlamaktadır.(22)

İnsülin tedavisi özelinde değerlendirildiğinde, mobil uygulamaların enjeksiyon tekniklerinin öğretilmesi ve doğru uygulama davranışlarının geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Özellikle enjeksiyon bölgelerinin kullanımı, insülin saklama koşulları, iğne değişimi ve hipoglisemi yönetimi gibi konularda dijital eğitim içeriklerinin bireylerin bilgi düzeyini artırabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte mobil uygulamaların yalnızca bilgi aktarımı yapan araçlar olarak değil, davranış değişikliğini destekleyen yapılandırılmış eğitim sistemleri şeklinde tasarlanması gerekmektedir.(14)

Mobil sağlık uygulamalarının yaygınlaşmasına rağmen bazı sınırlılıklar da bulunmaktadır. Dijital okuryazarlık düzeyinin düşük olması, internet erişimindeki yetersizlikler, veri güvenliği endişeleri ve uygulama içeriklerinin bilimsel doğruluğuna ilişkin sorunlar mobil sağlık teknolojilerinin kullanımını etkileyebilmektedir. Ayrıca bazı uygulamaların yalnızca bilgi sunmaya odaklanması, bireyin davranış değişikliği sürecini yeterince destekleyememesine neden olabilmektedir. Bu nedenle mobil sağlık uygulamalarının bilimsel temellere dayandırılması ve davranış değişikliği modelleri ile desteklenmesi önemli görülmektedir.(23)

4. SAĞLIK İNANÇ MODELİ VE DİYABET YÖNETİMİ

Kronik hastalıkların yönetiminde bireyin sağlık davranışlarını anlamaya yönelik kuramsal yaklaşımlar önemli bir yere sahiptir. Bu yaklaşımlar arasında yer alan Sağlık İnanç Modeli, bireylerin sağlıkla ilişkili davranışlarını etkileyen bilişsel ve algısal süreçleri açıklamaya çalışan en yaygın modellerden biridir. Model, bireyin hastalığa ilişkin risk algısı, hastalığın ciddiyetine yönelik düşünceleri, tedavinin sağlayacağı yararlar ve karşılaşılan engeller doğrultusunda sağlık davranışlarının şekillendiğini savunmaktadır.(24)

Sağlık İnanç Modeline göre bireyin davranış değişikliği geliştirebilmesi için öncelikle hastalığa karşı duyarlılık hissetmesi gerekmektedir. Diyabetli bireylerin komplikasyon risklerini fark etmeleri, hastalık yönetimine yönelik motivasyonlarını artırabilmektedir. Bununla birlikte bireyin diyabetin uzun dönem sonuçlarını ciddi olarak algılaması, tedaviye uyum davranışlarını olumlu yönde etkileyebilmektedir. Özellikle görme kaybı, böbrek yetmezliği, nöropati ve kardiyovasküler komplikasyonlar gibi sonuçların farkında olan bireylerde öz bakım davranışlarının daha güçlü olduğu bildirilmektedir.(17)

Modelin önemli bileşenlerinden biri olan algılanan yarar kavramı, bireyin sağlık davranışını sürdürmesinden elde edeceği olumlu sonuçlara yönelik inancını ifade etmektedir. Diyabet

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

yönetiminde bireyin düzenli insülin kullanımı, sağlıklı beslenme ve kan glukoz izlemi gibi davranışların komplikasyon riskini azaltacağına inanması, tedaviye uyum üzerinde olumlu etkiler oluşturabilmektedir. Buna karşılık algılanan engeller; enjeksiyon korkusu, zaman yetersizliği, ekonomik sorunlar, sosyal çekinceler ve bilgi eksiklikleri gibi tedaviye uyumu azaltan faktörleri kapsamaktadır.(16, 25)

Diyabetli bireylerde davranış değişikliği oluşturabilmek için yalnızca bilgi verilmesi çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Bireyin sağlık davranışını etkileyen psikolojik, sosyal ve çevresel faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle Sağlık İnanç Modeli temelli eğitimlerin birey merkezli yaklaşımı desteklediği ve davranış değişikliği sürecini güçlendirdiği düşünülmektedir. Model doğrultusunda yapılandırılan eğitim programlarında bireyin mevcut inançlarının değerlendirilmesi, yanlış sağlık algılarının düzeltilmesi ve öz yeterlilik düzeyinin artırılması hedeflenmektedir.(26)

Mobil sağlık uygulamalarının Sağlık İnanç Modeli ile kullanılması, diyabet yönetiminde daha etkili sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Mobil uygulamalar aracılığıyla bireylere düzenli hatırlatmalar yapılabilmesi, eğitim içeriklerine sürekli erişim sağlanması ve bireyin kendi sağlık verilerini takip edebilmesi sağlık davranışlarının sürdürülmesini desteklemektedir. Ayrıca dijital ortamda sunulan görsel ve etkileşimli içerikler, bireylerin hastalık algısını güçlendirebilmekte ve tedavi sürecine yönelik farkındalıklarını artırabilmektedir.(19)

Son yıllarda yapılan çalışmalarda Sağlık İnanç Modeli temelli eğitim yaklaşımlarının diyabetli bireylerde öz yönetim becerilerini geliştirdiği, tedaviye uyumu artırdığı ve olumlu sağlık davranışlarını desteklediği bildirilmektedir. Özellikle mobil sağlık teknolojileri ile desteklenen eğitim programlarının bireylerin sağlık davranışlarını sürdürmesinde daha etkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle diyabet bakımında davranış değişikliği modellerinin dijital sağlık uygulamaları ile bütünleştirilmesi önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.(22)

5. DİJİTAL DİYABET EĞİTİMİNDE HEMŞİRELİĞİN ROLÜ

Hemşireler, diyabet bakım sürecinde bireyin eğitim, danışmanlık, izlem ve bakım gereksinimlerini karşılayan temel sağlık profesyonelleri arasında yer almaktadır. Diyabet yönetiminin büyük ölçüde bireyin günlük yaşamındaki davranışlarına bağlı olması, hemşirelik bakımında eğitim ve öz yönetim desteğinin önemini artırmaktadır. Özellikle insülin kullanan bireylerde doğru enjeksiyon tekniklerinin öğretilmesi, komplikasyonların önlenmesi ve tedaviye uyumun sürdürülmesi süreçlerinde hemşirelerin aktif rol üstlendiği görülmektedir.(27)

Geleneksel diyabet eğitimleri çoğu zaman belirli zaman dilimleri içerisinde yüz yüze gerçekleştirilmektedir. Ancak hasta yoğunluğu, zaman kısıtlılığı ve sağlık profesyoneli yetersizliği gibi nedenlerle eğitim süreçlerinin sürekliliği her zaman sağlanamamaktadır. Bu durum, bireylerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunlara anlık destek verilmesini zorlaştırabilmektedir. Son yıllarda dijital sağlık teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hemşirelik bakım süreçlerinde mobil sağlık uygulamalarının kullanımı giderek yaygınlaşmıştır.(18)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Mobil sağlık uygulamaları hemşirelere bireylerle daha sürdürülebilir iletişim kurabilme fırsatı sunmaktadır. Bu uygulamalar aracılığıyla bireylere eğitim materyalleri gönderilebilmekte, tedavi süreçleri takip edilebilmekte ve bireylerin yaşadığı sorunlara yönelik rehberlik sağlanabilmektedir. Özellikle kronik hastalık yönetiminde düzenli geri bildirim mekanizmalarının bulunması, bireyin tedaviye uyumunu artırabilmektedir. Bunun yanında mobil uygulamalar sayesinde hemşireler bireyin öz bakım davranışlarını daha yakından izleyebilmekte ve riskli durumları erken dönemde fark edebilmektedir.(11)

Dijital eğitim süreçlerinde hemşirelerin yalnızca bilgi aktaran kişiler değil, aynı zamanda bireyin davranış değişikliği sürecini destekleyen rehberler olduğu görülmektedir. Bu süreçte bireyin sağlık inançlarının değerlendirilmesi, motivasyonunun artırılması ve öz yeterlilik düzeyinin desteklenmesi önem taşımaktadır. Özellikle davranış değişikliği modelleri temelinde hazırlanan dijital eğitim içerikleri, bireyin tedaviye ilişkin olumlu sağlık davranışları geliştirmesine katkı sağlayabilmektedir.(19)

Mobil sağlık uygulamalarının hemşirelik bakımına entegrasyonu, birey merkezli bakım anlayışını da güçlendirmektedir. Bireylerin kendi sağlık verilerini takip edebilmesi, eğitim içeriklerine tekrar ulaşabilmesi ve kendi öğrenme hızına uygun şekilde ilerleyebilmesi öz yönetim becerilerini desteklemektedir. Ayrıca dijital platformlar aracılığıyla sunulan görsel ve etkileşimli içerikler, özellikle insülin uygulama becerilerinin geliştirilmesinde önemli avantajlar sağlayabilmektedir.(14)

Bununla birlikte dijital sağlık uygulamalarının etkili kullanılabilmesi için hemşirelerin teknolojik yeterliliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Dijital sağlık okuryazarlığı, veri güvenliği, çevrim içi danışmanlık süreçleri ve mobil uygulama kullanım becerileri günümüzde hemşirelik uygulamalarının önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle hemşirelik eğitim programlarında dijital sağlık teknolojilerine yönelik içeriklerin artırılması gerektiği düşünülmektedir.(28)

Diyabet bakımında mobil sağlık uygulamalarının kullanımının yaygınlaşması, hemşirelik bakım süreçlerinin daha erişilebilir, sürdürülebilir ve birey odaklı hale gelmesine katkı sağlayabilmektedir. Özellikle davranış değişikliği modelleri ile desteklenen dijital eğitim yaklaşımlarının diyabet yönetiminde etkili sonuçlar ortaya koyabileceği düşünülmektedir.(22)

6. GÜNCEL LİTERATÜR DOĞRULTUSUNDA MOBİL SAĞLIK TEMELLİ YAKLAŞIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Son yıllarda mobil sağlık teknolojilerinin diyabet yönetiminde kullanımını inceleyen çalışmaların sayısında belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalarda mobil uygulama temelli eğitim programlarının diyabetli bireylerin öz yönetim becerileri, tedaviye uyumları ve metabolik kontrol düzeyleri üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir. Özellikle bireye sürekli eğitim desteği sunan, etkileşimli içerikler içeren ve

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

davranış değişikliğini hedefleyen uygulamaların daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğu dikkat çekmektedir.(22)

Literatürde mobil sağlık uygulamalarının en sık değerlendirilen sonuçlarından biri glisemik kontrol üzerindeki etkisidir. Birçok çalışmada mobil uygulama kullanan bireylerde HbA1c düzeylerinde azalma görüldüğü belirtilmektedir. Bunun yanında düzenli kan glukoz izlemi yapan, ilaç kullanım hatırlatmalarından yararlanan ve eğitim içeriklerine erişebilen bireylerde tedaviye uyum davranışlarının güçlendiği ifade edilmektedir. Özellikle bireyin kendi sağlık verilerini düzenli takip edebilmesi, hastalık yönetim sürecine aktif katılımını desteklemektedir.(19)

Mobil sağlık uygulamalarının yalnızca metabolik parametreler üzerinde değil, bireyin psikososyal uyumu üzerinde de etkili olduğu bildirilmektedir. Diyabet yönetiminde uzun süreli tedavi gereksinimi, bireylerde tükenmişlik, kaygı ve motivasyon kaybı gibi sorunlara yol açabilmektedir. Dijital eğitim uygulamalarının bireylere sürekli destek sağlaması, tedavi sürecine ilişkin farkındalıklarını artırması ve bireyin kendini daha güvende hissetmesine katkı sağlaması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.(12)

İnsülin kullanan bireylerde yapılan çalışmalarda, mobil uygulama destekli eğitimlerin enjeksiyon teknikleri ve insülin uygulama becerileri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir. Özellikle görsel anlatım içeren eğitim videoları, animasyonlar ve etkileşimli modüller sayesinde bireylerin enjeksiyon sürecine ilişkin bilgi düzeylerinin arttığı belirtilmektedir. Bununla birlikte düzenli eğitim desteği alan bireylerde enjeksiyon hatalarının azalabildiği ve tedaviye yönelik öz güvenin gelişebildiği ifade edilmektedir.(14)

Mobil sağlık uygulamalarının etkili olabilmesi için bireyin yalnızca teknolojiye erişiminin olması yeterli değildir. Uygulamanın kullanıcı dostu olması, bilimsel içeriklere dayanması ve bireyin gereksinimlerine uygun şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Özellikle kişiselleştirilmiş eğitim içerikleri sunan uygulamaların kullanıcı bağlılığını artırdığı ve davranış değişikliğini desteklediği bildirilmektedir. Ayrıca sağlık profesyonelleri ile iletişim kurulabilen sistemlerin bireylerin tedavi süreçlerinde daha aktif rol almalarını kolaylaştırdığı düşünülmektedir.(20)

Literatürde mobil sağlık uygulamalarının bazı sınırlılıklarına da dikkat çekilmektedir. Özellikle ileri yaş bireylerde dijital teknoloji kullanımına ilişkin güçlükler, internet erişim sorunları ve veri gizliliğine yönelik endişeler uygulamaların kullanımını etkileyebilmektedir. Bunun yanında bazı mobil uygulamaların bilimsel içerik açısından yeterince güçlü olmaması, yanlış bilgi aktarımı riskini beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle diyabet yönetiminde kullanılacak mobil sağlık uygulamalarının sağlık profesyonelleri tarafından geliştirilmesi ve bilimsel temeller doğrultusunda yapılandırılması büyük önem taşımaktadır.(28)

Genel olarak değerlendirildiğinde, mobil sağlık teknolojilerinin diyabet yönetiminde bireyin öz yönetim becerilerini destekleyen, tedaviye uyumu artıran ve sağlık davranışlarının

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

geliştirilmesine katkı sağlayan önemli araçlar olduğu görülmektedir. Özellikle Sağlık İnanç Modeli gibi davranış değişikliği yaklaşımları ile desteklenen mobil eğitim uygulamalarının diyabet bakım süreçlerinde daha etkili sonuçlar ortaya koyabileceği düşünülmektedir.(8)

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Diyabet yönetiminde mobil sağlık uygulamalarının kullanımının giderek yaygınlaştığı ve bu uygulamaların bireylerin öz yönetim becerileri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu görülmektedir. Özellikle insülin tedavisi kullanan bireylerde mobil uygulama destekli eğitimlerin; tedaviye uyum, enjeksiyon becerileri, glisemik kontrol ve sağlık davranışlarının geliştirilmesi açısından önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Güncel literatürde, dijital sağlık temelli eğitim yaklaşımlarının bireylerin diyabet yönetimine aktif katılımını desteklediği ve bireyin hastalık farkındalığını artırdığı bildirilmektedir.

Mobil sağlık uygulamalarının bireylere zaman ve mekândan bağımsız eğitim desteği sunması, kronik hastalık yönetiminde sürdürülebilir bakım açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle görsel ve etkileşimli içeriklerin kullanılması, karmaşık sağlık bilgilerinin daha anlaşılır hale gelmesine katkı sağlayabilmektedir. Bununla birlikte mobil uygulamaların düzenli hatırlatma sistemleri içermesi, bireylerin ilaç kullanımını ve glukoz izlemini daha düzenli sürdürmesine yardımcı olabilmektedir.

Davranış değişikliği modelleri temelinde geliştirilen mobil sağlık uygulamalarının daha etkili sonuçlar ortaya koyabileceği değerlendirilmektedir. Sağlık İnanç Modeli doğrultusunda yapılandırılan eğitim yaklaşımlarının bireyin hastalığa ilişkin algılarını güçlendirdiği, tedaviye yönelik olumlu sağlık davranışlarını desteklediği ve öz yeterlilik düzeyini artırabildiği düşünülmektedir. Özellikle bireyin algıladığı engellerin azaltılması ve tedavinin yararlarına ilişkin farkındalığın artırılması, tedaviye uyum sürecini olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Hemşirelik bakım süreçlerinde mobil sağlık uygulamalarının kullanımı, birey merkezli bakım anlayışını destekleyen önemli yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Hemşirelerin dijital eğitim süreçlerine aktif katılım sağlaması, bireylerin tedavi süreçlerinde daha fazla desteklenmesine katkı sunabilmektedir. Ayrıca mobil uygulamalar aracılığıyla bireylerin sağlık verilerinin takip edilebilmesi, bakım sürecinin daha planlı ve sürdürülebilir yürütülmesini kolaylaştırabilmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler doğrultusunda, mobil sağlık uygulamalarının diyabet yönetiminde destekleyici ve geliştirilebilir araçlar olduğu görülmektedir. Özellikle Sağlık İnanç Modeli temelli mobil eğitim yaklaşımlarının diyabetli bireylerde öz yönetim davranışlarını geliştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte mobil sağlık teknolojilerinin etkinliğinin artırılabilmesi için bilimsel içeriklerle desteklenmesi, kullanıcı gereksinimlerine uygun şekilde geliştirilmesi ve sağlık profesyonelleri ile iş birliği içerisinde yürütülmesi önem taşımaktadır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Diyabet yönetiminde bireyin tedavi sürecine aktif katılım göstermesi ve öz yönetim becerilerini sürdürebilmesi, komplikasyonların önlenmesi ve yaşam kalitesinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle insülin tedavisi kullanan bireylerde doğru enjeksiyon uygulamalarının gerçekleştirilmesi, düzenli glukoz izlemi yapılması ve tedaviye uyum davranışlarının sürdürülmesi etkili diyabet yönetiminin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Ancak geleneksel eğitim yöntemlerinin bireylere sürekli destek sağlayamaması ve sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan sınırlılıklar, yeni eğitim yaklaşımlarına duyulan ihtiyacı artırmaktadır.

Mobil sağlık teknolojileri, diyabet bakım süreçlerinde bireylere erişilebilir, sürdürülebilir ve birey merkezli eğitim desteği sunabilen önemli araçlar olarak değerlendirilmektedir. Mobil uygulamalar aracılığıyla bireylerin sağlık verilerini takip edebilmesi, eğitim içeriklerine tekrar ulaşabilmesi ve tedavi süreçlerine daha aktif katılım gösterebilmesi öz yönetim davranışlarını destekleyebilmektedir. Özellikle görsel ve etkileşimli eğitim içeriklerinin kullanılması, bireylerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırmakta ve bilgi kalıcılığını artırabilmektedir.

Sağlık İnanç Modeli doğrultusunda yapılandırılan mobil eğitim yaklaşımlarının, bireylerin sağlık davranışlarını geliştirmede etkili olabileceği düşünülmektedir. Bireyin hastalığa yönelik farkındalığının artırılması, tedaviye ilişkin algıladığı yararların güçlendirilmesi ve olası engellerin azaltılması, davranış değişikliği sürecini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle davranış değişikliği modelleri ile desteklenen dijital sağlık uygulamalarının diyabet yönetiminde önemli bir potansiyele sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Hemşireler, diyabetli bireylerin eğitim ve danışmanlık süreçlerinde önemli sorumluluklar üstlenmektedir. Dijital sağlık uygulamalarının hemşirelik bakımına entegrasyonu; bireylerin tedaviye uyumlarının desteklenmesi, öz bakım becerilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir bakım hizmetlerinin sunulması açısından önemli katkılar sağlayabilmektedir. Bu doğrultuda hemşirelerin dijital sağlık teknolojilerine yönelik bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi, gelecekteki diyabet bakım süreçleri açısından önemli görülmektedir.

Sonuç olarak mobil sağlık uygulamalarının diyabet yönetiminde etkili, erişilebilir ve destekleyici araçlar olduğu düşünülmektedir. Özellikle Sağlık İnanç Modeli temelli mobil eğitim yaklaşımlarının bireylerin öz yönetim davranışlarını geliştirebileceği, tedaviye uyumu artırabileceği ve diyabet bakım süreçlerini destekleyebileceği değerlendirilmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda mobil sağlık uygulamalarının farklı hasta gruplarında uzun dönem etkilerinin incelenmesi ve hemşirelik bakım süreçlerine entegrasyonunun güçlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Federation. ID. IDF Diabetes Atlas 11th Edition. 2025 [Available from: Available from: IDF Diabetes Atlas 11th Edition.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2. Wilson LM, Castle JR. Recent Advances in Insulin Therapy. Diabetes Technol Ther. 2020;22(12):929–36.
3. Świątoniowska N, Sarzyńska K, Szymańska-Chabowska A, Jankowska-Polańska B. The role of education in type 2 diabetes treatment. Diabetes Res Clin Pract. 2019;151:237–46.
4. Abujbara M, Khreisat EA, Khader Y, Ajlouni KM. Effect of Insulin Injection Techniques on Glycemic Control Among Patients with Diabetes. Int J Gen Med. 2022;15:8593–602.
5. Kamrul-Hasan A, Paul AK, Amin MN, Gaffar MAJ, Asaduzzaman M, Saifuddin M, et al. Insulin Injection Practice and Injection Complications - Results from the Bangladesh Insulin Injection Technique Survey. Eur Endocrinol. 2020;16(1):41–8.
6. Alaslawi H, Berrou I, Al Hamid A, Alhuwail D, Aslanpour Z. Diabetes self-management apps: systematic review of adoption determinants and future research agenda. JMIR diabetes. 2022;7(3):e28153.
7. Bene BA, O'Connor S, Mastellos N, Majeed A, Fadahunsi KP, O'Donoghue J. Impact of mobile health applications on self-management in patients with type 2 diabetes mellitus: protocol of a systematic review. BMJ open. 2019;9(6):e025714.
8. Corsica JA, Kelly MC, Bradley LE, Konsor MM, Wilson EJ, Quinones IC, et al. Mobile apps for diabetes self-management: An updated review of app features and effectiveness. J Behav Med. 2025;48(1):137–48.
9. Karimy M, Araban M, Zareban I, Taher M, Abedi A. Determinants of adherence to self-care behavior among women with type 2 diabetes: an explanation based on health belief model. Med J Islam Repub Iran. 2016;30:368.
10. Darvishi A, Hassani L, Mohseni S, Shahabi N. Predicting preventive self-care behaviours among type 2 diabetes based on the health belief model in Bandar Abbas city: A cross-sectional study. BMJ open. 2025;15(1):e091420.
11. Alhaiti A. Integrative technologies in nursing-led interventions for diabetes management: a systematic review of efficacy and outcomes. BMC nursing. 2025;24(1):846.
12. Singh J, Sangwan RK, Mudgal SK, Huda RK. Empowering diabetes care: Patient practices and the role of mobile health–A qualitative exploration. Dialogues in Health. 2025:100231.
13. Canbolat Ö, Ekenler Ş, Polat Ü. Diyabet özyönetiminde engeller ve kolaylaştiricilar. Medical Journal of Süleyman Demirel University. 2022;29(1):143–8.
14. Riangkam C, Ruksakulpiwat S, Jariyasakulwong P, Panichpathom V, Phianhasin L. Educational Interventions for Individuals with Insulin-Treated Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review. Patient Prefer Adherence. 2024;18:1831–43.
15. Hacene MNB, Saker M, Youcef A, Koudri S, Cheriet S, Merzouk H, et al. Insulin injection technique in the western region of Algeria, Tlemcen. Pan Afr Med J. 2020;36:327.
16. Galdón Sanz-Pastor A, Justel Enríquez A, Sánchez Bao A, Ampudia-Blasco FJ. Current barriers to initiating insulin therapy in individuals with type 2 diabetes. Front Endocrinol (Lausanne). 2024;15:1366368.
17. Butayeva J, Ratan ZA, Downie S, Hosseinzadeh H. The impact of health literacy interventions on glycemic control and self-management outcomes among type 2 diabetes mellitus: A systematic review. J Diabetes. 2023;15(9):724–35.
18. Yimer YS, Ahmed AA, Addissie A, Kidane EG, Reja A, Abdela AA. Patients and healthcare providers needs and challenges in diabetes self-management and support in Ethiopian primary healthcare context. BMC Health Services Research. 2025;25(1):774.
19. Liu K, Xia Y. Effective behavioral change techniques in m-health app supported interventions for glycemic control among patients with type 2 diabetes: A meta-analysis and

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

meta-regression analysis of randomized controlled trials. Digit Health. 2025;11:20552076251326126.
20. Lee JL, Kim Y. Evaluation of Mobile Applications for Patients with Diabetes Mellitus: A Scoping Review. Healthcare (Basel). 2024;12(3).
21. Usefi S, Davoodi F, Alizadeh A, Mohebi Far M. Online diabetes self-management education application for reducing glycated hemoglobin level among patients with type 1 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. Clin Diabetes Endocrinol. 2024;10(1):48.
22. Gu L, Jimma BL, Belsty Mihretie T. The effects of mobile health on self-management of patients with diabetes: A systematic review. Digit Health. 2025;11:20552076251382049.
23. Yan T, Su C, Xue W, Hu Y, Zhou H. Mobile phone short video use negatively impacts attention functions: an EEG study. Front Hum Neurosci. 2024;18:1383913.
24. Carpenter CJ. A meta-analysis of the effectiveness of health belief model variables in predicting behavior. Health Commun. 2010;25(8):661–9.
25. Alyafei A, Easton-Carr R. The Health Belief Model of Behavior Change. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
Copyright © 2026, StatPearls Publishing LLC.; 2026.
26. Shabibi P, Zavareh MSA, Sayehmiri K, Qorbani M, Safari O, Rastegarimehr B, et al. Effect of educational intervention based on the Health Belief Model on promoting self-care behaviors of type-2 diabetes patients. Electron Physician. 2017;9(12):5960–8.
27. 11. Chronic Kidney Disease and Risk Management: Standards of Care in Diabetes-2024. Diabetes Care. 2024;47(Suppl 1):S219–s30.
28. Yan Y, Li N, Tian C. Application of Digital Tools in the Care of Patients With Diabetes: Scoping Review. J Med Internet Res. 2025;27:e72167.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MİYOKARD İNFARKTÜSÜ GEÇİREN BİREYLERİN YAŞAM KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI[1]

[1]Atatürk University Faculty of Nursing, Department of Internal Medicine Nursing Erzurum Türkiye

mehtap.kavurmaci@atauni.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7062-4845

Betül KINCAL[2]

[2]Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İç Hastalıkları Hemşireliği AD Erzurum/Türkiye, betul.kincal24@ogr.atauni.edu.tr- ORCID ID: 0009-0000-7295-4952

ÖZET

Miyokard İnfarktüsü (MI), koroner arterlerin tıkanması sonucu kalbin beslenememesiyle ortaya çıkan ve yaşamı ciddi şekilde tehdit eden bir durumdur. 2024 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'deki ölümlerin %36'sı dolaşım sistemi hastalıklarından kaynaklanmakta ve bu grup içinde iskemik kalp hastalıkları ilk sırada yer almaktadır. Hastalık özellikle ilerleyen yaşla birlikte artmakta ve erkeklerde daha sık görülmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından bireyin yaşamdaki konumunu algılayış biçimi olarak tanımlanan yaşam kalitesi; mutluluk, doyum ve uyumun bir bileşimidir. Bu kavram, gelir ve eğitim gibi objektif unsurların yanı sıra, bireyin bu imkanlardan duyduğu tatmin gibi subjektif göstergeleri de içerir. Yaşam kalitesi; fiziksel, psikolojik, sosyal ve maddi boyutları olan çok yönlü bir yapıdır.

MI sonrası görülen semptomlar, fiziksel kısıtlılıklar, başkasına bağımlı olma hali ve reinfarktüs korkusu bireylerin yaşam kalitesini ciddi şekilde düşürmektedir. Ayrıca iş kaybı ve ekonomik sıkıntılar gibi faktörler hastanın psikososyal uyumunu bozarak anksiyete ve depresyona yol açabilmektedir.

Hemşirelik bakımında temel amaç sadece yaşam süresini uzatmak değil, hastanın biyopsikososyal esenliğini artırmaktır. Hemşireler; holistik bir yaklaşımla hastanın fonksiyonel kapasitesini artırmayı, semptomları yönetmeyi ve psikolojik yükü hafifletmeyi, hasta ve ailesine yönelik eğitim ve danışmanlık hizmetleri sunmayı hedefler. Bu iyileşme sürecinde,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

hastanın yaşam tarzı değişikliklerine uyumunun sağlanması, yaşam kalitesinin yükseltilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Miyokard infarktüsü, yaşam kalitesi, hemşirelik.

1. GİRİŞ

Miyokard İnfarktüsü (MI), koroner arterlerden bir veya daha fazlasının bir plak tarafından bloke olması sonucu kalbin kanlanamaması durumudur (Şafak ve Kızılkaya, 2023). Koroner arter hastalıkların en ileri düzeylerinden bir olan MI, önemli ölçüde hayati risk taşımaktadır (Salari vd, 2023).

Avrupa Birliği Resmi İstatistik Ofisi (Eurostat)'nden elde edilen verilere göre 2022 yılında Avrupa'da toplam gerçekleşen ölüm sayısı 5.160.000'dir. Dolaşım sistemi hastalıkları kaynaklı ölümlerin sayısı ise 1.680.000'dir. Bu veriler dolaşım sistemi hastalıkları kaynaklı ölümleri, ölüm sebepleri sıralamasında (oransal olarak %32,7) ilk sıraya yerleştirmektedir (Çil, 2025). Türkiye'de de durum Avrupa'ya paraleldir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'in verilerine göre 2024 yılında Türkiye'de toplam ölüm sayısı 489.361'dir. Bu ölümlerin %36'sını ise dolaşım sistemi hastalıkları kaynaklı ölümler oluşturmaktadır. Bu durum Türkiye'de de ölüm sebepleri sıralamasında dolaşım sistemi hastalıklarının ilk sırada yer aldığını göstermektedir. TÜİK verilerine göre dolaşım sistemi hastalıkları 2023 yılına göre oransal artış (2023'te %33) göstermiştir. Dolaşım sistemi hastalıkları kaynaklı ölümler içinde ise iskemik kalp hastalıkları %42,9 ile ilk sıradadır (TÜİK, 2025).

Kavradim'e göre (2022) MI ile yaş arasında doğru orantı vardır. Çoğunlukla yaş ilerledikçe MI geçirme riski artmaktadır. Ayrıca erkeklere göre kadınlarda daha az görülmektedir.

MI geçiren kişilerde dispne, yorgunluk gibi semptomlar ve fiziksel kısıtlılık, başkasına bağımlılık, reinfarktüs korkusu, işini kaybetme ve erken emeklilik gibi fiziksel, psikolojik ve sosyal sonuçlar gözlemlenmektedir. Bu semptom ve sonuçların bireylerin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemesi ise kaçınılmazdır (Erbakan ve Uysal, 2024).

2. YAŞAM KALİTESİ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)' ne göre yaşam kalitesi, sadece fiziksel sağlıkla sınırlı olmayıp, kişinin içinde bulunduğu kültürel yapı ve değerler bütünü çerçevesinde; kendi amaçları, standartları ve kaygıları doğrultusunda mevcut durumunu nasıl anlamlandırdığına dayanan subjektif bir değerlendirmedir (World Health Organization, 1998).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Tarihsel süreçte yaşam kalitesine dair farklı perspektifler sunulmuştur; kavramın öncüsü sayılan Thorndike'a göre bu olgu, toplumsal çevrenin birey üzerindeki yansımalarından ibarettir. Andrew ve Withey, konuyu sosyal ilişkiler ile kişisel doyumun kesişim kümesi olarak tanımlarken; Murrel, Zautra, Norris ve çalışma arkadaşları ise kavramın temel bileşenlerini mutluluk, adaptasyon (uyum) ve yaşam doyumu olarak belirlemişlerdir. (Özgür vd, 2008).

Yaşam kalitesini değerlendirirken yalnızca bireysel algılara odaklanmak eksik bir yaklaşım olacaktır; bu kavram objektif veriler ile subjektif değerlendirmelerin bir bileşimidir. Kişinin gelir seviyesi, eğitim geçmişi, mesleki statüsü, sağlık durumu ve barınma koşulları gibi somut unsurlar nesnel göstergeleri oluşturur. Buna karşılık, bireyin bu mevcut hayat standartlarından ne derece memnun olduğu ve hissettiği tatmin duygusu ise kavramın öznel boyutunu temsil eder (Aydıner ve Paçacıoğlu, 2016).

Grant ve Rivena'nın yaklaşımlarına göre yaşam kalitesi, tek bir boyuta indirgenemeyecek kadar kompleks bir yapıdadır; bu yazarlar kavramı inanç sistemi, psiko-sosyal adaptasyon, fiziksel ve sosyal refah şeklinde dört ana grupta toplamıştır. Öte yandan Hörnquist, sağlık odaklı değerlendirmelerde bütüncül bir bakış açısının şart olduğunu vurgulayarak; biyolojik, psikolojik ve sosyolojik katmanların yanı sıra bireyin aktiviteleri, maddi olanakları ve yapısal çevresinin de sürece dahil edilmesi gerektiğini belirtmiştir (Olgun, 2006).

Özünde yaşam kalitesi, bireyin mevcut yaşam koşullarıyla kurduğu duygusal bağ, hissettiği tatmin ve genel esenlik halidir. Bu olgu aynı zamanda, kişinin yaşamdan bekledikleri ve mutluluk kaynakları gibi varoluşsal sorulara verilen bir karşılık niteliği taşır. Unutulmamalıdır ki yaşam kalitesi durağan değildir; bireyler arasında farklılık gösterdiği gibi, aynı bireyin hayat süzgecinde zamanla evrilebilir ve değişim arz edebilir (Pınar, 1995).

Yaşam kalitesi literatürde genellikle iki temel eksende incelenmektedir: Kişisel ve kolektif boyutlar. Bireysel düzlemde; iş hayatındaki doyum, ekonomik güç, nitelikli zaman kullanımı ve sağlık durumu gibi unsurlar ön plana çıkar. Toplumsal boyutta ise odağa; ekolojik dengenin korunması, huzur ortamı, sosyal etkileşim ağları ve toplumsal kaynakların adil/yeterli dağılımı gibi daha makro değişkenler yerleşmektedir (Demir vd., 2021).

Yaşam kalitesi, bireyin fiziksel ve ruhsal esenliğinin yanı sıra ekonomik bağımsızlığı ve sosyal ilişkilerindeki uyumu kapsayan çok boyutlu bir olgudur. Kişinin hayatından aldığı doyumun bir göstergesi olan bu kavram (Olgun, 2006), özellikle kronik hastalık süreçlerinde kritik bir önem kazanmaktadır. Kronik rahatsızlıklar ve beraberinde getirdiği komplikasyonlar, bireyin fonksiyonel kapasitesini kısıtlayarak günlük yaşam aktivitelerinde yetersizliğe, çalışma

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

performansında düşüşe ve aile içi dinamiklerde zorunlu değişimlere yol açmaktadır. Bu durum, hastanın hem bedensel hem de psikolojik iyilik halini sarsarak yaşam kalitesini minimize etmektedir (Karakoç Kumsar ve Taşkın Yılmaz, 2014).

Kronik hastalığı olan bireylerde tedaviye uyumun en temel belirleyicisi, hastanın kendi durumuna yüklediği anlam ve geliştirdiği tutumlardır (Karakoç Kumsar ve Taşkın Yılmaz, 2014). Uyum sürecini etkileyen temel faktörler arasında; bireyin inançları, bilgi eksikliği, sosyokültürel yapısı, ekonomik düzeyi ve hastalığın seyri (prognozu) yer almaktadır (Kalender ve Sütçü Çiçek, 2014). Bu bağlamda, sağlık profesyonellerinin hasta ve bakım verenlere yönelik yürüteceği eğitim ve danışmanlık faaliyetleri, bireyin öz-yeterliliğini artırarak yaşam kalitesini yükseltmede kilit rol oynamaktadır (Karakoç Kumsar ve Taşkın Yılmaz, 2014).

Hemşirelik disiplini, holistik (bütüncül) bir perspektifle bireyi, ailesini ve sosyal çevresini analiz ederek yaşam doyumunu artırmayı hedefler (Erdem ve Ergüney, 2005). Hemşirelik biliminde yaşam kalitesine odaklanmak; hastanın konforunu artırmayı, biyolojik ve psikososyal esenlik durumunu yükseltmeyi ve mesleki bakımın niteliğini güçlendirmeyi esas alır (Bektaş vd., 2019). Bu süreçte hastaların, edindikleri bilgi ve becerileri günlük rutinlerine entegre etmeleri temel beklentidir (Türen vd., 2024).

Padilla ve arkadaşları, hemşirelikte yaşam kalitesine yönelik araştırma alanlarını şu stratejik başlıklarda özetlemektedir (Bektaş vd., 2019):

- Hastalığa karşı fiziksel ve psikososyal yanıtların tanımlanması,
- Tedavi sürecindeki semptom yönetimi stratejilerinin belirlenmesi,
- Hasta ve ailenin tedaviye verdikleri yanıtların analizi ve karşılaştırılması,
- Rehabilitasyon uygulamalarının somut etkilerinin ortaya konması,
- Sağlık-hastalık döngüsündeki riskli ve hassas dönemlerin saptanması.

Hemşirelik girişimleri ile yaşam kalitesi arasındaki etkileşim, Burckhardt, Lewis ve Padilla tarafından geliştirilen model çerçevesinde dört temel boyutta incelenmektedir. Bu modele göre; hemşirelik sürecine ait bağımsız değişkenler, sürece eşlik eden bilişsel unsurlar, dış kaynaklı faktörler ve nihai çıktı olarak kabul edilen bağımlı sonuç değişkenleri bir bütünlük arz eder (Bektaş vd., 2019).

3. MİYOKARD İNFARKTÜSÜNDE HEMŞİRELİK BAKIMININ YAŞAM KALİTESİNE ETKİSİ

MI tanısı alan hastaların yönetiminde temel strateji, yalnızca sağkalım süresini artırmakla sınırlı kalmamalıdır (Olgun, 2006). Klinik yaklaşımın öncelikli hedefleri; hastalığın yarattığı bedensel ve ruhsal travmayı hafifletmek, yeni kardiyak risklerin önüne geçmek,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

mevcut semptomları etkin bir şekilde yönetmek ve hastayı aktif bir sosyal yaşama geri kazandırarak yaşam kalitesini maksimize etmektir (Türen vd., 2024).

MI sonrası bireylerde görülen fiziksel kısıtlılıklar, hastalığın semptomatik yükü ve iş hayatındaki aksaklıklara bağlı gelişen ekonomik kaygılar, ciddi bir sosyal izolasyon riskini beraberinde getirmektedir. Ayrıca ölüm korkusu gibi psikolojik bariyerler, bireyin tedavi protokollerine uyumunu zorlaştırmakta ve hayat standardını aşağı çekmektedir (Akçay Fırat ve Dedeli, 2016). Bu nedenle hemşirelerin, hastayı değerlendirirken yalnızca klinik bulgulara değil; aile ilişkilerine, mesleki konumuna ve kaygılarını paylaşabileceği sosyal destek ağlarının varlığına da odaklanması elzemdir (Olgun, 2006).

Hemşireler, MI geçiren hastaları biyopsikososyal bir bütün olarak ele almalı; fonksiyonel kapasiteyi tolere edilebilir düzeyde artırarak fiziksel adaptasyonu sağlamalı ve hastalık belirtilerini minimize etmelidir. Hastaların anksiyete ve depresyon düzeylerini düşürmek amacıyla korku ve endişeleri dinlenmeli, yaşam tarzı değişikliklerine adaptasyonları desteklenmelidir (Durmaz vd., 2009). Süreçte en güçlü sosyal destek mekanizmasının aile olduğu gerçeğinden hareketle, hemşirelik tarafından sunulan eğitim ve danışmanlık hizmetlerine aile üyelerinin de aktif katılımı sağlanmalıdır (Olgun, 2006).

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

MI, Türkiye'de ve dünyada dolaşım sistemi kaynaklı ölümlerin en önemli nedenidir. Ancak sağlık bakımında nihai hedef sadece mortaliteyi azaltmak değil, bireyin yaşam doyumunu ve biyopsikososyal esenliğini en üst düzeye çıkarmaktır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda; MI sonrası gelişen semptomlar, reinfarktüs korkusu ve ekonomik kaygıların bireylerin yaşam kalitesini ciddi şekilde kısıtladığı görülmektedir. Bu noktada hemşirelik bakımı, sadece klinik bulgulara değil, hastanın sosyal destek ağlarına ve aile dinamiklerine de odaklanan holistik bir yaklaşım sergilemelidir. Hemşireler; fonksiyonel kapasiteyi artırarak, semptomları etkin yöneterek ve hastanın yeni yaşam tarzına adaptasyonunu destekleyerek rehabilitasyon sürecinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, MI geçiren hastaların yaşam kalitesini yükseltmek için ailenin sürece dahil edildiği kapsamlı eğitim ve danışmanlık hizmetleri elzemdir. Bakımın niteliğini güçlendiren bu yaklaşımlar, hastanın topluma aktif katılımını sağlayarak yaşam kalitesini yükseltecektir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA

1. Akçay Fırat, F. ve Dedeli, Ö., *Miyokart infarktüsü geçiren hastalarda umutsuzluk ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi,* Journal of Cardiovascular Nursing, 7(14), 153–161, 2016. https://doi.org/10.5543/khd.2016.72792

2. Aydıner Boylu, A. ve Paçacıoğlu, B., *Yaşam kalitesi ve göstergeleri*, Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 8(15), 137–150, 2016.

3. Bektaş Akpınar, N. ve Ceran, M. A., *Kronik hastalıklar ve rehabilitasyon hemşireliği*, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 3(2), 140-152, 2019.

4. Çil, B., *AB ölüm istatistikleri [İKV Bilgi Notu]*, İktisadi Kalkınma Vakfı, 2025. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ikv.org.tr/images/files/ikv_bilgi_notu_olum_verileri_bared_cil.pdf Erişim Tarihi: 22.02.2026.

5. Demir, R., Tanhan, A., Çiçek, İ., Yerlikaya, İ., Çırak Kurt, S. ve Ünverdi, B., *Yaşam kalitesinin yordayıcıları olarak psikolojik iyi oluş ve yaşam doyumu,* Yaşadıkça Eğitim, 35(1), 192-206, 2021. https://doi.org/10.33308/26674874.2021351256

6. Durmaz, T., Özdemir, Ö., Özdemir, B. A., KeleĢ, T., Bayram, N. A., ve Bozkurt, E., *Factors Affecting Quality Of Life Ġn Patients With Coronary Heart Disease*, Turkish Journal of Medical Sciences, 39(3), 343-351, 2009.

7. Erbakan, B. Ve Uysal, N., *Miyokard İnfarktüsü Geçiren Bireylerde Yaşam Kalitesi, Öz Yeterlilik ve Stres Düzeylerinin Belirlenmesi,* Istanbul Gelisim University Journal of Health Sciences (IGUSABDER), 24, 1186–1199, 2024. https://doi.org/10.38079/igusabder.1293541.

8. Erdem, N. ve Ergüney, S., *Koroner arter hastalarında yaşam kalitesinin ve yaşam kalitesini etkileyen faktörlerin incelenmesi*, Atatürk Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 8(3), 1–9, 2005.

9. Kalender, N. ve Sütcü Çiçek, H., *Kronik hastalıkların yönetimindeki engeller,* Türkiye Klinikleri Hemşirelik Bilimleri Dergisi, 6(1), 46-53, 2014.

10. Karakoç Kumsar, A. ve Taşkın Yılmaz, F., *Kronik hastalıklarda yaşam kalitesine genel bakış,* Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 2(2), 2014.

11. Olgun, S., *Miyokard infarktüsü geçirmiş hastaların yasam kalitesi ve hemşirelik bakımının değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2006.

12. Özgür, G., Yıldırım, S. ve Ziyaretli, G., *Hemşirelik öğrencilerinin yaşam kalitesi konusundaki görüşleri ve yaşam doyumları,* Ege Üniversitesi Hemşirelik Yüksek Okulu Dergisi, 24(1), 57–65, 2008.

13. Pınar R., *Diabetes mellituslu hastaların yasam kalitesi ve yasam kalitesini etkileyen faktörlerin incelenmesi*. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hemsirelik Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul, 14-29, 1995.

14. Salari, N., Morddarvanjoghi, F., Abdolmaleki, A., Rasoulpoor, S., Khaleghi, A. A., Hezarkhani, L. A., Shohaimi, S. and Mohammadi, M., *The global prevalence of myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis*, BMC Cardiovascular Disorders, 23, 206, 2023 https://doi.org/10.1186/s12872-023-03231-w

15. Şafak, M. ve Kızılkaya, M., *Miyokard enfarktüsü geçiren hastalarda ölüm kaygısı*, Turk J Cardiovasc Nurs, 14(34), 76-81, 2023. DOI: 10.5543/khd.2023.50490

16. Turan Kavradim, S., Sert, M. ve Özer, Z., *Miyokard İnfarktüsü Geçiren Bireylerin Ölüm Kaygısı ve Başa Çıkma Tutumlarının Belirlenmesi*, Turkish Journal of Cardiovascular Nursing, 13(31), 65–73, 2022. https://doi.org/10.5543/khd.2022.214169

17. Türen, S., Çetinkaya Işık, F. ve Türen, S., *The effect of cardiac rehabilitation program on quality of life, biophysiological parameters, and psychological features in patients with cardiovascular disease*, Turkish Journal of Cardiovascular Nursing, 15(36), 25–32, 2024. https://doi.org/10.5543/khd.2024.18480

18. Türkiye İstatistik Kurumu, *Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri, 2024,* 54195, 2025. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2024-54195 . Erişim Tarihi: 22.02.2026.

19. World Health Organization, *WHOQOL user manual (WHO/MNH/MHP/98.4.Rev.1), 1998.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/4c5cd94a-599e-450f-9141-4a21a7b74849/content Erişim Tarihi: 22.02.2026

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TRENDS AND GAPS IN TRANSCULTURAL NURSING

Prof. Dr. Mehtap KAVURMACI,
Atatürk University, Faculty of Nursing, Erzurum, Türkiye,
mehtap.kavurmaci@atauni.edu.tr - 0000-0001-7062-4845

SUMMARY

Intercultural nursing, whose conceptual framework was established by Madeline Leininger in the 1960s, became the subject of research in Turkey in the early 1980s. Turkey is a country with rich cultural diversity where different cultures coexist. This study aims to highlight current trends and gaps in the existing literature regarding intercultural nursing in Türkiye.

This study was conducted using document analysis. Data were collected through a systematic search of the National Thesis Center database of the Council of Higher Education. The search covered all available graduate theses from the earliest accessible year in the database through 2025. The keywords used were “intercultural nursing,” “cultural competence,” and “cultural care.”

As a result of the search, 19 theses were identified. After evaluating the titles and contents, all 19 theses directly related to transcultural nursing were included in the study. Among the examined theses, 14 (73.7%) were master's theses, while 5 (26.3%) were doctoral theses. When analyzing the distribution of theses by year, it was found that the highest number of theses was written in 2024 (n=5), followed by 2023 (n=3) and 2021 (n=2). Examining the sample groups according to the content of the theses, it was observed that the sample groups consisted of nursing students (n=8), immigrant/refugee patients (n=3), a general patient group from different cultures (n=5), and healthcare workers/nurses (n=3). In terms of thematic distribution, it was determined that the majority of studies focused on the themes of "education" (n=5) and "clinical practice" (n=5).

The findings indicate that although the number of graduate theses in transcultural nursing in Turkey has increased in recent years, it remains insufficient. Given the importance of transcultural nursing for person-centered and inclusive healthcare, further expansion and diversification of research in this field are needed.

Keywords: Transcultural nursing, intercultural nursing, cultural competence, cultural care

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KÜLTÜRLERARASI HEMŞİRELİKTEKİ TRENDLER VE EKSİKLİKLER

ÖZET

Kavramsal çerçevesi 1960'larda Madeline Leininger tarafından oluşturulan kültürlerarası hemşirelik, 1980'lerin başlarında Türkiye'de araştırma konusu haline geldi. Türkiye, farklı kültürlerin bir arada yaşadığı zengin bir kültürel çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Bu çalışma, Türkiye'deki kültürlerarası hemşirelik ile ilgili mevcut literatürdeki güncel eğilimleri ve eksiklikleri vurgulamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, belge analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler, Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veritabanında yapılan sistematik bir arama yoluyla toplanmıştır. Arama, veritabanındaki en eski erişilebilir yıldan 2025 yılına kadar mevcut tüm yüksek lisans tezlerini kapsamıştır. Kullanılan anahtar kelimeler "kültürlerarası hemşirelik", "kültürel yeterlilik" ve "kültürel bakım" olmuştur. Arama sonucunda 19 tez belirlenmiştir. Başlıklar ve içerikler değerlendirildikten sonra, kültürlerarası hemşirelikle doğrudan ilgili olan 19 tezin tamamı çalışmaya dahil edilmiştir. İncelenen tezler arasında 14'ü (%73,7) yüksek lisans tezi, 5'i (%26,3) ise doktora tezidir. Tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek tez sayısının 2024 yılında (n=5), ardından 2023 (n=3) ve 2021 yıllarında (n=2) yazıldığı tespit edilmiştir. Tezlerin içeriğine göre örneklem grupları incelendiğinde, örneklem gruplarının hemşirelik öğrencileri (n=8), göçmen/mülteci hastalar (n=3), farklı kültürlerden genel hasta grubu (n=5) ve sağlık çalışanları/hemşirelerden (n=3) oluştuğu gözlemlenmiştir. Tematik dağılım açısından, çalışmaların çoğunluğunun "eğitim" (n=5) ve "klinik uygulama" (n=5) temalarına odaklandığı belirlenmiştir. Bulgular, Türkiye'de kültürlerarası hemşirelik alanındaki yüksek lisans tezlerinin sayısının son yıllarda artmasına rağmen yetersiz kaldığını göstermektedir. Kişi merkezli ve kapsayıcı sağlık hizmetleri için kültürlerarası hemşireliğin önemi göz önüne alındığında, bu alanda araştırmaların daha da genişletilmesi ve çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kültürlerarası hemşirelik, kültürlerarası bakım, kültürel yeterlilik, kültürel bakım

1. INTRODUCTION

Health and illness are inherently cultural phenomena, and their meanings can differ significantly across societies. The distinct cultural characteristics of each society influence how individuals perceive and respond to concepts such as illness, health, happiness, and sadness. Nursing plays a crucial role in shaping the healthcare experiences of individuals from diverse cultural backgrounds. The field of Transcultural Nursing emerged from the necessity to engage with people from vastly different cultures (1-3).

Leininger (1999) described transcultural nursing as “a legitimate and formal area of study, research, and practice, centered on culturally based care, values, and practices that assist cultures or subcultures in maintaining or regaining their health while addressing disabilities or mortality in culturally appropriate and beneficial ways.” (4)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Transcultural nursing models serve as valuable resources for nurses to familiarize themselves with the cultural dynamics of the societies they serve and to assess these dynamics effectively. In addition to Leininger's foundational work, other researchers and theorists such as Purnell, Paulanka, Campinha-Bacote, Andrews, Boyle, Spector, Giger, and Davidhizar have expanded upon her ideas, developing new models and theoretical frameworks that guide transcultural care (1-8).

The current era is often referred to as an "age of migration." Historically, Turkey has been a country that has sent migrants to Western European nations since the 1960s. However, in recent years, the country has experienced significant migration influxes, transforming it into both a "receiving" and a "transit" nation. Given Turkey's multicultural heritage and the rising number of migrants and refugees, the demand for transcultural nursing has become increasingly urgent (1-4).

The health needs of individuals from various cultural backgrounds can differ greatly. It is a fundamental human right for everyone to express their cultural identities freely. There must be respect for the cultural values of all individuals, and nursing care should be tailored accordingly. At its core, nursing is a cultural phenomenon, where the cultural values, beliefs, and practices of patients are essential elements of comprehensive nursing care.In this context, there is a need for numerous scientific studies to develop transcultural nursing (1-8). There is a necessity to disseminate transcultural nursing practices and research to provide accurate and holistic care to patients. The aim of this study is to determine how intercultural nursing is addressed in graduate theses in Turkey and to analyze these theses in terms of topic distribution, year, university, graduate level (master's/doctoral), methodological characteristics, and approaches to cultural diversity. In this scope, the study aims to reveal the current state of academic research in the field of intercultural nursing and to draw inferences that will guide future research.

2. METHOD

This research was conducted using the document analysis method, which is one of the qualitative research designs. Data were collected through a systematic search conducted in the Higher Education Council National Thesis Center (YÖK Thesis) database between April 10 and April 16, 2025.

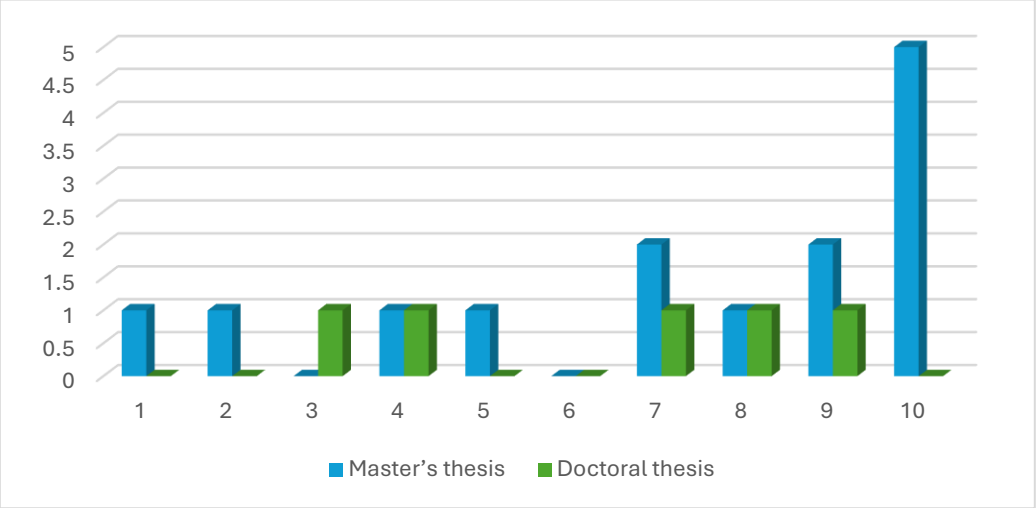
The population of the study consists of theses prepared on transcultural nursing topics at the graduate level in Turkey. The sample is limited to master's and doctoral theses in the field of nursing for which full texts are accessible.

During the search, the keywords "transcultural nursing," "intercultural nursing," "cultural competence," and "cultural care" were used. The identified theses were examined based on specific criteria. The obtained data were recorded in an Excel document and presented as frequencies and percentages.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3. FINDINGS

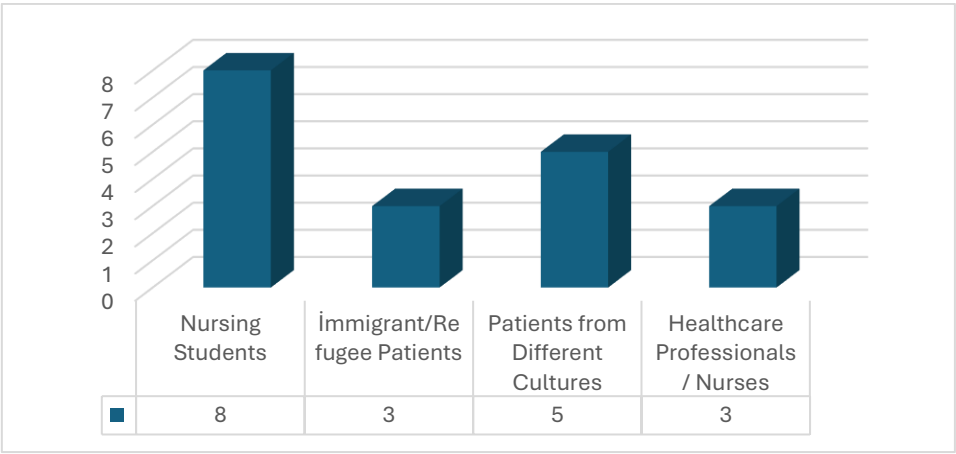
A total of 133 theses were found through a keyword search in the database. Among these theses, 114 that are not in the field of nursing were excluded from evaluation. Nineteen theses that met the inclusion criteria were included in the study. In this study, 19 graduate theses were identified as a result of the search conducted in the Higher Education Council National Thesis Center database (9-27). After evaluating the titles and contents, 19 theses directly related to transcultural nursing were included in the study. Of the examined theses, 14 (73.7%) were master's theses, while 5 (26.3%) were doctoral theses (Graph 1).



Graph 1. Distribution of postgraduate theses according to their academic degrees

When analyzing the distribution of the theses by year, it was found that the highest number of theses were written in 2024 (n=5), followed by 2023 (n=3) and 2021 (n=2). The first study on the topic of transcultural nursing appears to date back to 2011.

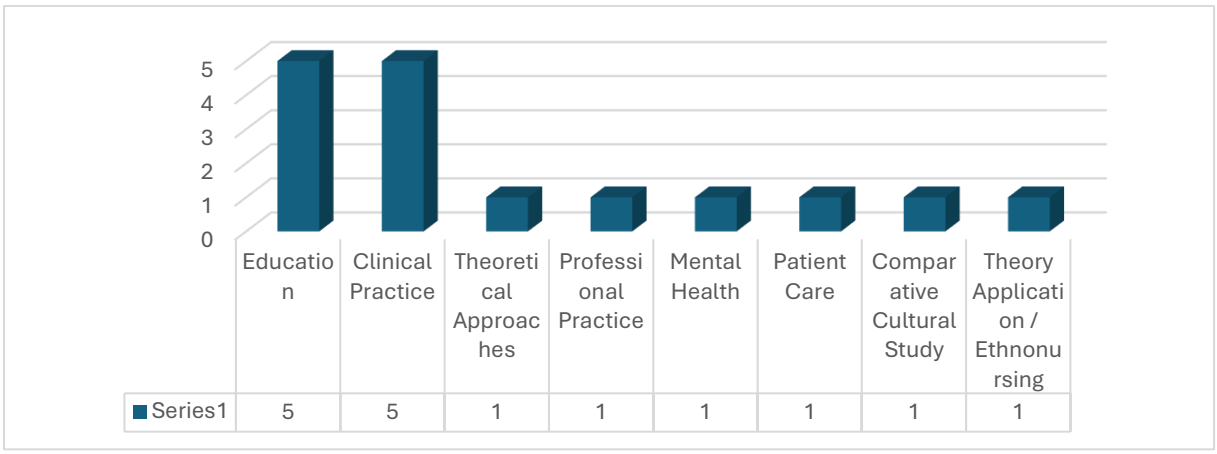
When examining the sample groups based on the contents of the theses, it was observed that the sample groups consisted of nursing students (n=8), immigrant/refugee patients (n=3), a general patient group from different cultural backgrounds (n=5), and healthcare workers/nurses (n=3) (Graph 2).



Graph 2. Contents of postgraduate theses

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

In terms of thematic distribution, it was determined that the largest number of studies focused on the themes of "education" (n=5) and "clinical practice" (n=5). The education-themed theses generally addressed the cultural competence, sensitivity, and awareness levels of nursing students, as well as the effects of educational methods (e.g., simulation). In the clinical practice-themed studies, topics such as communication with refugee or foreign patients, culturally sensitive care, and nurse-patient interaction were prominent. Additionally, themes such as "theoretical approaches" (n=1), "professional practice" (n=1), "mental health" (n=1), "patient care" (n=1), "comparative cultural studies" (n=1), "theory application/ethno-nursing" (n=1), and "mother-infant health" (n=1) were also explored (Graph 3).



Graph 3. Thematic distribution of postgraduate theses

4. CONCLUSION

The research findings indicate that the number of graduate theses conducted in the field of transcultural nursing in Turkey has been increasing in recent years, although it is still insufficient. The fact that the majority of the theses are at the master's level suggests that this field is primarily addressed in graduate education. It is observed that the majority of the sample groups consist of nursing students and patient groups from diverse cultural backgrounds. This situation indicates an existing effort to enhance sensitivity to cultural differences in both nursing education and practice.

Considering the importance of transcultural nursing in providing person-centered, effective, and inclusive healthcare services, it is necessary to both increase the quantity and diversify the graduate academic studies in this field. Particularly, encouraging doctoral-level studies will contribute to the stronger integration of cultural competence into both educational and healthcare delivery processes.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

REFERENCES

1. Tortumluoğlu, G. (2004). Transcultural Nursings and The Samples of Cultural Care Models. CÜ Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 8(2), 47-57.
2. Tanrıverdi, S., Soylemez, N., & Dilekci, C. (2018). Transcultural Nursing Approach to the Refugees in Turkey. Annals of Health Sciences Research, 7(1), 40-44.
3. Dığrak, E., & Tezel, A. (2024). The Papadopoulos Model for Transcultural Nursing and Cultural Competence. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hemşirelik Dergisi, 6(2), 175-180.
4. Leininger M (1996) Culturel care theory, research, and practice. Nurs Sci Q.,9,71-78.
5. Leininger M (1997) Transcultural nursing research to transform nursing education and practice: 40 years. Image J: Nurs. Sch.., :341-347.
6. Leininger M (1999) What is transcultural nursing and culturally competent care? J Transcult Nurs.,Jul 13(3):189- 192.
7. Leininger M (2002) Culture care theory: a major contribution to advance transcultural nursing knowledge and practices. J Transcult Nurs., 13(3):189-192.
8. Öztürk, E., & Öztaş, D. (2012). Transcultural Nursing. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 1(1), 293-300.
9. Bıyıklı, K. (2022). *The use of transcultural nursing theory and models in research:A meta analysis study* [Doctoral Thesis, Erciyes University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
10. Yüksel Kaçan, C. (2018). *Effects of intercultural nursing education on the professional values, empathic skills, cultural sensibilities and intelligence of students': An intervention study* [Doctoral Thesis, Eskişehir Osmangazi University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
11. Sönmez Aksoy, Ö. (2020). *Experiances and feelings of the nurses who work at a university hospital pediatric emergency medicine for refuges* [Master's thesis, Üniversite Adı]. Council of Higher Education National Thesis Center.
12. Akar, N. (2011). *Opinions of nurses about transcultural nursing care to the psychiatric/mentally patients* [Master's thesis, Manisa Celal Bayar University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
13. Al Musawi, D. M. A. (2024). Evaluation of cultural competence levels of nursing students [Master's thesis, Çankırı Karatekin University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
14. Al-Shaibani, S. A. M. (2024). Assessment of nurses' cultural competence levels [Master's thesis, Çankırı Karatekin University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
15. Gökkaya, G. (2024). *The effect of standardized parent simulation method on intercultural communication anxiety of nursing students* [Master's thesis, İstanbul Medipol University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
16. Yolcu, G. (2024). *The determination of intercultural sensitivity levels of nursing students* [Master's thesis, Ankara Yıldırım Beyazıt University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
17. Gül Aşık, P. (2024). *Determining the perspectives and attitudes of emergency nurses towards foreign patients* [Master's thesis, Ondokuz Mayıs University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
18. Altıntop, Ö. (2023). *Developing intercultural sensitivity levels of nursing students': a randomized controlled study improving intercultural sensitivity levels* [Doctoral Thesis, Aydın Adnan Menderes University]. Council of Higher Education National Thesis Center.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

19. Abbas Abbas, N. K. (2023). *Examination of nursing students' cultural awareness and intercultural sensitivity levels* [Master's thesis, Kırşehir Ahi Evran University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
20. Ayaz, N. P. (2021). The similarities and differences (congruency) of nurse-postoperative patient dyads related to their attitudes/perceptions, subjective and social norms/factors, and actions/behaviors regarding pain and pain management [Doctoral Thesis, Florida International University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
21. Demiral, M. (2021). *Intercultural communication competence of nurses work in surgical services and provide care for patients from different cultures* [Master's cultures [University-Cerrahpaşa]. Council of Higher Education National Thesis Center.
22. Çelebi, C. (2019). *The approaches of the nurses to the patients from different cultures* [Master's thesis, Üniversite Adı]. Council of Higher Education National Thesis Center.
23. Karabuğa Yakar, H. (2016). *The intercultural communication competence of the nurses who provide care to the patients from different cultures* [Doctoral Thesis, Marmara University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
24. Irmak Yılmaz, P. (2012). *Alanya ilçesinde yaşayan Türk ve Alman menopoza girmiş kadınlarda menopozun algılanması ve menopoza ilişkin görüşleri* [Master's thesis, Akdeniz University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
25. Can Kesici, M. (2023). *Determine of the health behaviours of Iranian women with international protection status using with Leininger's Sunrise Model: An ethnonursing study* [Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
26. Gülyenli, N. (2018). *Determination of culture care in syrian university students with the sunrise model of leininger* [Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
27. Kuşlu, S. (2022). *Problems faced by mothers in baby care and cultural practices* [Master's thesis, Gaziantep University]. Council of Higher Education National Thesis Center.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

PRODUCTION OF BIOACTIVE CAROTENOIDS FROM SOIL BACTERIA

Master's Student Nodirbek BOBOYOROV

Ataturk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics

boboyorovnodirbek8@gmail.com - ORCID: 0009-0005-0004-4171

Prof. Dr. Hakan ÖZKAN

Ataturk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics

hakanozkan@atauni.edu.tr- ORCID: 0000-0003-0048-8248

ABSTRACT

Carotenoids are naturally occurring pigments produced by different groups of organisms, such as bacteria, plants, and fungi, and can be yellow, red, pink, or orange in color. Important carotenoids of bacterial origin include lycopene, β-carotene, zeaxanthin, lutein, astaxanthin, and canthaxanthin. These pigments play a role in processes such as light energy management, protection against oxidative stress, maintenance of membrane integrity, and environmental adaptation in bacteria. In addition to their roles in bacteria, bacterial carotenoids find potential applications in the cosmetic, food, nutraceutical, and pharmaceutical industries due to their antioxidant, antibacterial, antifungal, anticancer, anti-aging, wound healing, and antilipidemic activities. This study aimed to isolate bacteria capable of producing carotenoid group pigments from different soil samples, to molecularly identify the best carotenoid-producing isolate, to analyze the chemical content of the carotenoid extract obtained from this isolate, and to test its biological activities (antimicrobial, antioxidant, anticancer, etc.). Isolation of carotenoid-producing bacteria was performed on tryptic soy agar (TSA) medium, while carotenoid production was carried out on tryptic soy broth (TSB) medium. Extraction of carotenoids from bacteria was performed by acetone-methanol treatment, and the chemical composition of the prepared carotenoid extract was analyzed by Q-TOF. The antibacterial activity of the extracts was evaluated in agar well diffusion assay, antioxidant activity in DPPH and ABTS radical scavenging assay, and anticancer activity in the WST-1 cell viability test. In the present study, a total of 75 bacteria were isolated from different soil samples, and 20 isolates were selected based on their differing colony and cell morphology. Among these 20 isolates, isolate coded NB11 was determined to produce the highest amount of carotenoid extract. This extract was found to have cytotoxic effects on different cancer cell lines (HepG2, Mcf-7, Panc-1, A549, and HT-29) in vitro, but did not have a significant toxic effect on a healthy cell line (human dermal fibroblasts) even at the highest dose. The extract was also found to have in vitro antimicrobial (against both gram-positive and gram-negative bacteria) and antioxidant activities.

Keywords: Bacteria, carotenoids, anticancer, antibacterial, antioxidant

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TOPRAK BAKTERİLERDEN BİYOAKTİF KAROTENOİDLERİN ÜRETİMİ

ÖZET

Karotenoidler, bakteri, bitki ve mantar gibi farklı organizma grupları tarafından üretilen sarı, kırmızı, pembe veya turuncu renklerde olabilen doğal pigmentlerdir. Bakteri kökenli önemli karotenoidler likopen, β-Karoten, zeaksantin, lutein, astaksantin ve canthaxanthindir. Bu pigmentler bakterilerde ışık enerjisinin yönetimi, oksidatif strese karşı koruma, zar bütünlüğünün sürdürülmesi ve çevresel adaptasyon gibi süreçlerde rol oynamaktadır. Bakterilerdeki rollerinin yanı sıra, bakteri kökenli karotenoidler sahip oldukları antioksidan, antibakteriyel, antifungal, antikanser, anti-aging, yara iyileştirme ve antilipidemik aktiviteleri sayesinde kozmetik, gıda, nutrasötik ve farmasötik endüstrilerde potansiyel kullanım alanları bulmaktadır. Bu çalışmada, farklı toprak örneklerinden karotenoid grubu pigmentleri üretme kapasitesine sahip olan bakterilerin izole edilmesi, en iyi karotenoid üretici izolatın moleküler olarak teşhis edilmesi, bu izolattan elde edilen carotenoid ekstraktının kimyasal içeriğinin analiz edilmesi ve biyolojik aktivitelerinin (antimikrobiyal, anti-oksidant, antikanser vb) test edilmesi amaçlanmıştır. Karotenoid üreten bakterilerin izolasyonu tryptic soy agar (TSA) besiyerinde, katotenoid üretimi ise tryptic soy broth (TSB) besiyerinde gerçekleştirilmiştir. Karotenoidlerin bakterilerden ekstraksiyonu aseton-metanol muamelesi ile gerçekleştirilmiş, hazırlanan karotenoid ekstraktının kimyasal içeriği ise Q-TOF ile analiz edilmiştir. Ekstraktların antibakteriyel etkinliği agar kuyucuk, antioksidant aktivitesi DPPH ve ABTS radikal giderme, antikanser aktivitesi ise WST-1 hücre canlılık testinde değerlendirilmiştir. Mevcut çalışmada, farklı toprak örneklerinden toplam 75 bakteri izole edilmiş, bu izolatlar arasından ise koloni ve hücre morfolojisi açısından farklı olduğu 20 izolat seçilmiştir. 20 izolat arasında ise NB11 kodlu izolatın en yüksek miktarda karotenoid ekstraktı ürettiği belirlenmiştir. Bu ekstraktın in vitro' da farklı kanser hücre hatları üzerinde (HepG2, Mcf-7, Panc-1, A549 ve HT-29) sitotoksik etkiye sahip olduğu ancak sağlıklı hücre hattında (insan dermal fibroblastları) en yüksek dozda bile anlamlı bir toksik etki yapmadığı belirlenmiştir. Ekstraktın ayrıca in vitro antimikrobiyal (hem gram pozitif hemde gram negatif bakterilere karşı) ve antioksidant aktivitelere sahip olduğu da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: bakteri, karotenoid, antikanser, antibakteriyel, antioksidant

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BIODEGRADATION POTENTIAL OF MARINE BACTERIAL ISOLATE DDA61 FOR BENZOPHENONE-3 REMOVAL

Dilara Deniz AYDIN

Atatürk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey,

dilaradenizaydin@gmail.com - 0009-0000-4966-6514

Mehmet Akif OMEROGLU

Atatürk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey,

akif.omeroglu@atauni.edu.tr - 0000-0003-0694-2480

Abstract

Benzophenone-3 (BP3) is one of the organic pollutants frequently encountered in terrestrial and aquatic ecosystems, as it is widely used as a UV stabilizer in sunscreens, personal care products, and certain plastics. Due to its environmental persistence and potential endocrine-disrupting effects, studies on the biological removal of BP3 have gained increasing importance. In this study, microorganisms capable of degrading BP3 were isolated from water samples collected from marine, lake, and river ecosystems. Based on fermentation experiments conducted in liquid culture, the isolate coded DDA61 was selected as having the highest BP3 degradation efficiency among the isolates. To enhance degradation efficiency, culture parameters such as temperature, pH, BP3 concentration, and incubation time were optimized. Under optimized conditions, the isolate DDA61 achieved over 90% BP3 removal. The obtained results indicate that the isolate DDA61 could be considered a potential bioremediation agent for the biological degradation of BP3 and may be integrated as a microbial support culture into wastewater treatment systems.

Keywords: Benzophenone-3, Marine Isolate, Biodegradation.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

HORSESHOE ADASI (ANTARTİKA) KARASAL HABİTATLARDA KÜLTÜRDEN BAĞIMSIZ METABARKODLAMA YÖNTEMİ İLE PROKARYOT ÇEŞİTLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Emine Berra YILMAZ, Selma SEZEN, Gökçe KARADAYI, Mehmet KARADAYI, Medine GÜLLÜCE

Emine Berra YILMAZ, Atatürk Üniversitesi, berrakum35@gmail.com-

0009-0005-3674-8912

Selma SEZEN, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, ssezen@agri.edu.tr, 0000-0001-6575-6149

Gökçe KARADAYI, Atatürk Üniversitesi, gokce.karadayi@atauni.edu.tr,

0000-0003-2044-9609

Mehmet KARADAYI, Atatürk Üniversitesi, mkaradayi@atauni.edu.tr,

0000-0002-2473-0409

Medine GÜLLÜCE, Atatürk Üniversitesi, gullucem@atauni.edu.tr, 0000-0002-5957-8259

TAE-9 bilimsel seferi kapsamında Horseshoe Adası'ndaki Türk Bilim Üssü çevresinden toplanacak su, toprak ve buzul örneklerinde prokaryot biyoçeşitliliğinin kültürden bağımsız yöntemlerle araştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada kullanılan toprak örneği, 9. Ulusal Antarktika Bilim Seferi (TAE-IX) sırasında Horseshoe Adası'ndan (67°49'35.7" G/ 67°13'28.7" B) toplanmış ve soğuk zincir protokolü ile aseptik koşullar altında araştırma laboratuvarına taşınmıştır. DNA izolasyonu, Qiagen DNeasy PowerMax Toprak Kiti kullanılarak yapılmıştır ve sonrasında 16S rRNA geninin V3–V4 bölgesi, evrensel primer seti 341F (5'-CCTACGGGNGGCWGCAG-3') ve 805R (5'-GACTACHVGGGTATCTAATCC-3') ile çoğaltılmıştır. Daha sonra, Illumina'nın önerilen kitleri ve protokolleri kullanılarak amplikon kütüphanesi hazırlama, indeksleme ve sekanslama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sekanslama verilerinin biyoinformatik analizi, QIIME 2 platformu kullanılarak yapılmıştır. Örnek için, ortalama okuma uzunluğu 250 bp ve %100 okuma başarı oranı ile toplam 53.389 okuma sayısı elde edildi. OTU'ların veritabanı eşleştirmesi, toprak örneğinin prokaryotik çeşitliliğine hakim olan grupların, Bacteroidia (%10), Verrucomicrobiia (%10), Bacilli (%9), Gammaproteobacteria (%7), Alphaproteobacteria (%4) sınıflarına ait olduğunu ortaya koydu. Sonuç olarak, Horseshoe Adası toprağında biyoteknolojik öneme sahip türleri barındıran mikrobiyal grupların ilk kez ayrıntılı olarak raporlanması literatür için dikkate değerdir. Ayrıca, devam eden çalışmalarda bu türlerin kültivasyonu, ulusal bir kaynak oluşturulmasında büyük önem taşıyacaktır.

Anahtar Kelimeler : Antartika, metagenom, prokaryotik çeşitlilik

Bu çalışma T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve TUBITAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü Koordinasyonunca desteklenmiştir. (Proje No: 123G030)

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SMİTHSONİTE LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: B_SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ[1]

Lisansüstü Öğrencisi Rauf HAKHIYEV
Atatürk Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi,
rauf.hakhiyev24@ogr.atauni.edu.tr- ORCID ID: 0009-0007-6430-5283

Prof. Dr. Ömer LAÇİN
Atatürk Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi,
olacin@atauni.edu.tr - ORCID ID:0000-0002-5276-3056

ÖZET

Bu çalışmada, smithsonit ($ZnCO_3$) cevherinden çinkonun çevreci bir liç reaktifi olan glisin kullanılarak çözündürülmesi üzerine sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Deneyler; 2 M glisin konsantrasyonu, 1/250 $g \cdot mL^{-1}$ katı-sıvı oranı, pH ≈ 7,9, 500 rpm karıştırma hızı, 181 µm partikül boyutu, 2 mL hacminde H_2O_2 sabit parametre değerlerinde ve 40–80 °C sıcaklık değişiminde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sıcaklık artışıyla birlikte çinko çözünme veriminin belirgin şekilde arttığını ve yüksek sıcaklıklarda reaksiyonun daha kısa sürede dengeye ulaştığını göstermiştir.

Kinetik analizler, çözünme sürecinin büzülen çekirdek modeli ile uyumlu olduğunu ve sıcaklık değişiminden elde edilen verilere göre en iyi korelasyonun ürün filmi difüzyon kontrol modelinde bulunduğu belirlenmiştir. Arrhenius yaklaşımıyla hesaplanan aktivasyon enerjilerinin 7,7–17,5 $kJ \cdot mol^{-1}$ aralığında olması, reaksiyonun difüzyon kontrollü gerçekleştiğini ve hız sınırlayıcı basamağın ürün tabakası içerisinden kütle transferi olduğunu desteklemektedir.

Glisinin Zn^{2+} iyonları ile kararlı kompleksler oluşturması, çözünme verimini artırarak süreci desteklemekte ve doğrudan çinko glisinat oluşumuna olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem etkin bir liç yöntemi hem de katma değerli ürün üretimi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Sonuç olarak, glisin; seçiciliği, düşük çevresel etkisi ve yeterli performansı ile smithsonit cevherlerinin değerlendirilmesinde sürdürülebilir bir alternatif reaktif olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Smitsonit, Glisin liçi, Çinko glisinat, Sıcaklık, Aktivasyon Enerjisi

[1] Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi BAPSİS Birimi tarafından FYL-2025-15475 ID numaralı desteklenmiş proje ve yüksek lisans tez çalışmasının eşzamanlı yürütülmesiyle elde edilen verilerin bir kısmıyla üretilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Çinko, demir, alüminyum ve bakırdan sonra dünya genelinde tüketim hacmi bakımından dördüncü sırada yer alan stratejik bir demir dışı metaldir. Dünya çinko üretiminin önemli bir kısmı sülfürlü cevherlerden sağlanmakla birlikte, yüksek tenörlü sülfürlü rezervlerin azalması ve çevresel kısıtlamaların artması nedeniyle oksitli çinko cevherleri alternatif bir kaynak olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu oksitli çinko mineralleri arasında en yaygın olanlardan biri smithsonite ($ZnCO_3$) olup, özellikle karbonatlı düşük tenörlü yataklarda önemli rezervler oluşturmaktadır. Smithsonite cevherlerinin klasik flotasyon yöntemleriyle zenginleştirilmesinin zor olması nedeniyle hidrometalurjik yöntemler ön plana çıkmaktadır.[1] Smithsonite cevherlerinin liçinde genellikle sülfürik asit, hidroklorik asit ve organik asitler gibi farklı liç ajanları kullanılmaktadır. Ancak kuvvetli mineral asitlerin kullanımı; yüksek asit tüketimi, ekipman korozyonu, safsızlıkların çözünmesi ve çevresel yük gibi önemli dezavantajlar doğurmaktadır. Bu nedenle son yıllarda daha çevreci, seçici ve geri kazanılabilir alternatif liç ajanlarının araştırılması hız kazanmıştır.[2] Özellikle organik asitler ve amino asit bazlı liç sistemleri, düşük çevresel etkileri ve seçici kompleks oluşturma yetenekleri nedeniyle dikkat çekmektedir.[3-6]

Glukonik asit liç reaktifi ile gerçekleştirilen bir çalışmada smithsonite çözünmesinin büzülen çekirdek modeli ile uyumlu olduğu, aktivasyon enerjisinin 47,92 kJ/mol olduğu ve sürecin yüzey kimyasal reaksiyon kontrollü olduğu bildirilmiştir.[2] Benzer şekilde sülfamik asit ortamında yapılan çalışmalarda aktivasyon enerjisi 42,86 kJ/mol, amonyum sitrat ortamında ise yaklaşık 42 kJ/mol olarak bulunmuş ve süreçler yüzey kimyasal reaksiyon kontrollü olarak tanımlanmıştır.[7]Amonyum klorür çözeltisiyle yapılan liç kinetiği çalışmasında ise kimyasal reaksiyon ve ürün tabakasından difüzyonun birlikte belirleyici olduğu karma kontrol mekanizması tanımlanmış ve görünür aktivasyon enerjisi 21,3 kJ/mol bulunmuştur. Bu sınırlılıklar, daha yeşil ve seçici bir liç yönteminin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.[8] Asetik asit çözeltisiyle gerçekleştirilen liç çalışmasında bükülen çekirdek modelinin uygulanabilirliği doğrulanmış ve aktivasyon enerjisi 74 kJ/mol olarak belirlenmiş; çözünme hızının kimyasal reaksiyonla kontrol edildiği ifade edilmiştir.[9]

Günümüzde sürdürülebilir hidrometalurji yaklaşımı kapsamında glisin (NH_2CH_2COOH), en basit amino asit olması, biyouyumlu ve düşük toksisiteye sahip bulunması, biyolojik olarak parçalanabilir olması ve metal iyonlarıyla kararlı kompleksler oluşturabilmesi nedeniyle "yeşil liç ajanı" olarak öne çıkmaktadır. Khodaei vd., tarafından yayımlanan çalışmada glisinin düşük tenörlü cevherlerin liçinde etkili bir parametre olduğu, demir ve silisyum çözünmelerinin ise oldukça düşük seviyelerde kaldığı rapor edilmiştir. Bu durum glisinin yalnızca çözündürme verimi açısından değil, aynı zamanda seçicilik bakımından da önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir.[10]

Glisinin metal iyonlarıyla kompleksleşme davranışı literatürde özellikle bakır sistemlerinde ayrıntılı biçimde incelenmiştir.[11-13] Bornit cevherinin alkali glisin çözeltilerinde liçinde, glisinin Cu^{2+} iyonlarıyla kararlı metal-glisinat kompleksleri oluşturduğu ve bunun liç verimini önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir.[14] Benzer kompleksleşme mekanizmasının smithsonite liçinde Zn^{2+} iyonları için de gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu bağlamda smithsonite cevherinin glisin ile liçi yalnızca metal ekstraksiyonu açısından değil, aynı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

zamanda doğrudan çinko glisinat [$Zn(gly)_2$] gibi katma değerli ürünlerin sentezi açısından da önemli bir potansiyel taşımaktadır.[15] Glisin liç sürecinin nihai ürünü olan çinko glisinat, endüstriyel açıdan büyük önem taşıyan bir metal-amino asit şelatıdır. Glisin şelatı (Zn-Gly) ve metiyonin şelatı (Zn-Met) gibi organik çinko formlarının biyoyararlanımını karşılaştıran çalışmalarda, Zn-Gly'nin büyüme performansı, tibia ve pankreas çinko konsantrasyonu ile metalotiyonein mRNA ekspresyonu gibi biyolojik göstergeler esas alındığında $ZnSO_4$'a kıyasla belirgin biçimde daha yüksek göreli biyoyararlanım değeri sergilediği gösterilmiştir.[16] Öte yandan çinko glisinat şelatının, çinko sülfata kıyasla sindirim kanalında çözünmez kompleks oluşumunu engellediği ve bağırsak mukozasından taşınmayı kolaylaştırdığı bildirilmektedir. Bu üstün biyoyararlanım özellikleri, çinko glisinatı hayvan yemi katkı maddesi, insan besin takviyesi ve ilaç hammaddesi olarak ticari açıdan değerli kılmaktadır.[17]

Smithsonit cevherinin glisinle liçine yönelik çalışmalar, konvansiyonel asit ve amonyak proseslerine kıyasla sınırlı kalmakta; özellikle reaksiyon kinetiği ve mekanizması üzerine sistematik araştırmaların eksikliğini sürdürmektedir. Liç kinetiğinin aydınlatılması; endüstriyel ölçeğe taşınabilecek proseslerin tasarımı, reaktör boyutlandırması ve proses optimizasyonu açısından temel bir gereklilik oluşturmaktadır.

Kinetik çalışmalarda sıcaklık, reaksiyon hızı üzerindeki en belirleyici parametrelerden biri olmakla birlikte, aktivasyon enerjisinin hesaplanmasına da doğrudan olanak tanıması nedeniyle ayrı bir önem taşımaktadır. Aktivasyon enerjisi değeri; reaksiyonun difüzyon kontrolü ($Ea < 20$ kJ.mol^{-1}), karma (karışık, mixed) kontrol (20–40 kJ.mol^{-1}) ya da yüzey kimyasal reaksiyon kontrolü ($Ea > 40$ kJ.mol^{-1}) altında gerçekleşip gerçekleşmediğini ortaya koyan temel bir kinetik gösterge olarak kabul edilmektedir. Smithsonite liç sistemlerinde rapor edilen 40–75 kJ.mol^{-1} aralığındaki aktivasyon enerjileri çoğunlukla yüzey kimyasal reaksiyon kontrolünü desteklemektedir.[17]

Bu çalışmada smithsonite cevherinin glisin amino asit çözeltisiyle liçi araştırılmış; 1/250 g·mL^{-1} katı-sıvı oranı, 2 M glisin konsantrasyonu, 2 mL H_2O_2, 7,91 serbest pH, 500 rpm karıştırma hızı ve ortalama 181 µm partikül boyutu sabit tutularak 0-150 dk süre aralığında yalnızca sıcaklığın (40-80 ^oC) liç verimine etkisi incelenmiştir. Sıcaklık değişiminin reaksiyon kinetiğine etkisi değerlendirilmiş, büzülen çekirdek modeli kapsamında olası kontrol mekanizmaları test edilmiş ve korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Ayrıca Arrhenius eşitliği yardımıyla görünür aktivasyon enerjileri hesaplanarak reaksiyonun baskın kontrol mekanizması ortaya konulmuştur. Böylece hem smithsonite cevherinin çevreci bir reaktif olan glisin ile çözündürülmesi hem de doğrudan çinko glisinat üretimine yönelik kinetik ve mekanistik temel oluşturulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada, Türkiye'nin Kayseri yöresinden temin edilen smithsonit cevherinin çözünürlüğü incelenmiştir. Cevher, öncelikle çeneli kırıcıda kırılmış, ardından bilyalı değirmende öğütülmüştür. Öğütülen numune, ASTM standart elekleri kullanılarak ortalama

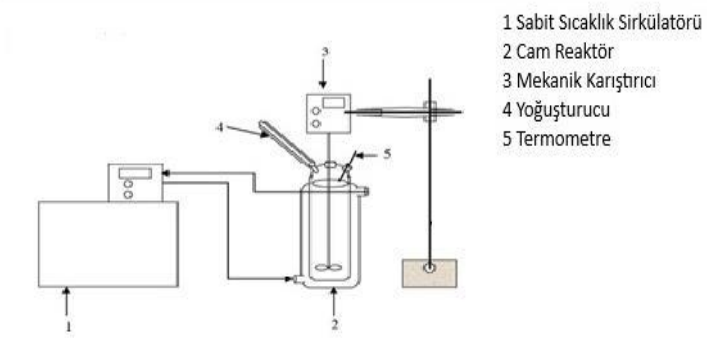
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

478, 284, 181, 138 ve 116 µm tane boyutlarına sahip fraksiyonlara ayrılmış; bu çalışmada ise ortalama 181 µm tane boyutuna sahip fraksiyon kullanılmıştır.
Smithsonit cevherinin kimyasal bileşimi, İlhan vd. 2023 çalışması kapsamında standart hacimsel ve gravimetrik analiz yöntemleri kullanılarak ağırlıkça yüzde (%) cinsinden şu şekilde belirlenmiştir: ZnO: 59,1; Al_2O_3: 1,5; SiO_2: 1,8; CaO: 0,9; Fe_2O_3: 1,6; kızdırma kaybı: 33,9 ve diğerleri: 1,2.[18]

Ayrıca, deneysel çalışmalarda liç reaktifi olan glisin ile diğer yardımcı kimyasallar, analitik saflıkta kullanılmıştır.

2.2.Yöntem

Liç deneyleri, Şekil 1'de verilen; yoğuşturucu, mekanik karıştırıcı ve sıcaklık kontrol ünitesi ile bağlantılı 500 mL hacminde ceketli bir cam reaktörde, sürekli bir sistemde gerçekleştirilmiştir. Reaktör içerisindeki; serbest pH değeri 7,9 olan, 2 mL H_2O_2 içeren, 500 rpm karıştırma hızında ve 250 mL hacminde 2 M glisin çözeltisi, 40–80 °C sıcaklık aralığında istenen sıcaklığa ayarlandıktan sonra, yaklaşık 1 g kütleye ve ortalama 180 µm tane boyutuna sahip smithsonit cevheri ilavesiyle reaksiyon başlatılmış ve süre kronometre ile takip edilmiştir.



Şekil 1. Liçing işlemi için kullanılan deneysel sistem

0–150 dakika zaman aralığında belirli periyotlarda 2 mL numune alınarak çinko tayinleri volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve dönüşüm yüzdeleri hesaplanmıştır. Bu yöntemde, EDTA ile kompleksometrik titrasyon; NH_3/NH_4Cl tampon çözeltisi ve Eriochrome Black T indikatörü varlığında uygulanmıştır.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

3.1. Çözünme Reaksiyonları

Smithsonit ($ZnCO_3$) cevherinin, pH ≈ 7,9 ve 40–80 °C sıcaklık aralığında, glisin (NH_2CH_2COOH) ve H_2O_2 içeren bir ortamda çözünmesi; asit–baz, kompleksleşme ve oksidatif destekli reaksiyonların birlikte gerçekleştiği bir süreçtir. Bu koşullar altında $ZnCO_3$ katısı, H_2O_2 ve hafif bazik özellik gösteren glisin çözeltisi ile etkileşerek Eşitlik 1 ve 2'de gösterildiği üzere çözünür; Zn^{2+} iyonu ve glisinat ($NH_2CH_2COO^-$) anyonu varlığında çinko-glisinat kompleksi

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

oluşur. Karbonat iyonu ise CO_2 gazı olarak ortamdan uzaklaşır. Toplam reaksiyon ise Eşitlik 3'te verildiği gibidir:

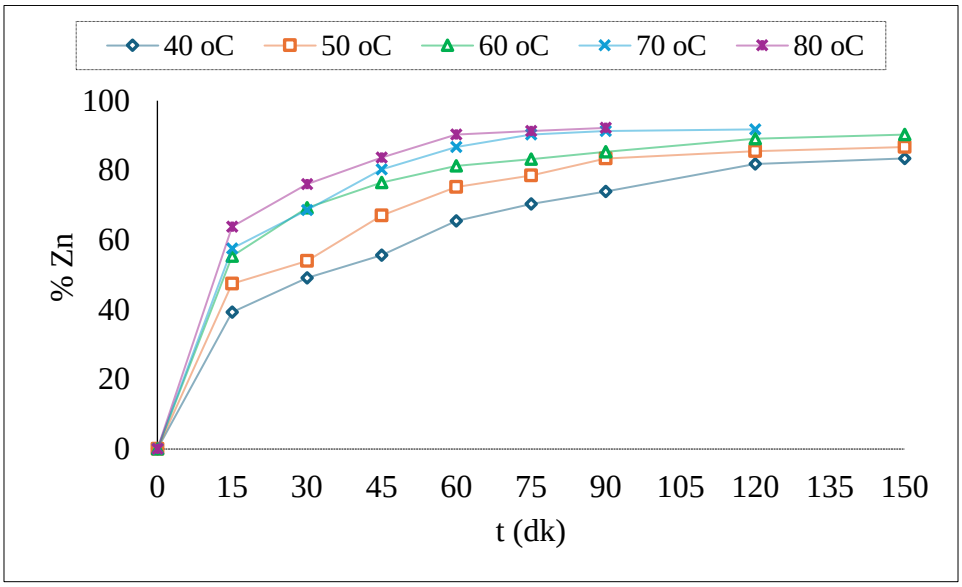
$$2NH_2CH_2COOH(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + 2NH_2CH_2COO^-(aq) \quad (1)$$

$$ZnCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) \xrightarrow{H_2O_2} Zn^{2+}(aq) + CO_2(g) + 3H_2O\ (l) \quad (2)$$

$$ZnCO_3(s) + 2NH_2CH_2COOH(s) \rightarrow Zn(NH_2CH_2COO)_2(aq) + CO_2(g) + H_2O\ (l) \quad (3)$$

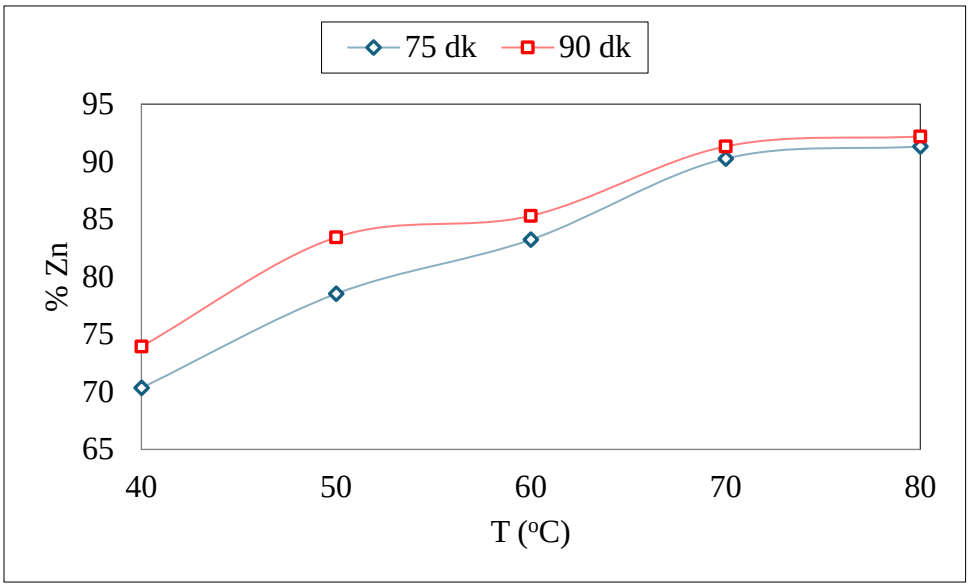
3.2 Sıcaklığın Çözünme Kinetiği Üzerine Etkisi

250 mL hacminde ve 2 M glisin konsantrasyonuna sahip çözeltiye 2 mL H_2O_2 ilave edilerek, 40–80 °C sıcaklık aralığında belirli sıcaklıklarda çinkonun çözünürlüğü incelenmiştir. Bu süreçte diğer parametreler sabit tutulmuş olup; partikül boyutu 181 µm, çözelti içerisindeki serbest pH 7,9 ve karıştırma hızı 500 rpm olarak ayarlanmıştır. 0–150 dakika zaman aralığında belirli periyotlarda çözeltiden süzüntü numuneleri alınmış, çinko dönüşüm yüzdeleri hesaplanmış ve elde edilen veriler Şekil 2a–b'de grafik olarak sunulmuştur.



a)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



b)

Şekil 2. a) Değişen Sıcaklık ve Sürelere Karşı Zn Dönüşümü b) Sabit Sürede Değişen Sıcaklığa karşı Zn Dönüşümü (partikül boyutu 181 µm, karıştırma hızı 500 rpm, glisin konsantrasyonu 2 M, katı-sıvı oranı 1/250 g·mL^{-1}, pH 7,9 ve H_2O_2 2 mL)

Şekil 2a–b incelendiğinde, sıcaklığın glisin ortamında smithsonit cevherinin çözünme kinetiği üzerinde önemli bir parametre olduğu açıkça görülmektedir. 40–80 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilen deneylerde, tüm süreler boyunca sıcaklık artışıyla birlikte çinko dönüşüm yüzdesinin arttığı tespit edilmiştir. Özellikle başlangıç aşamasında (ilk 15–30 dakika) sıcaklığın etkisi daha belirgin olup, bu aralıkta 40 °C'de yaklaşık %39 olan dönüşümün 80 °C'de %64 seviyesine ulaştığı belirlenmiştir.

İlerleyen aşamalarda ise artış hızının azaldığı ve sistemin dengeye yaklaştığı gözlenmiştir. Nitekim 75. ve 90. dakika verileri incelendiğinde, 40 °C'de sırasıyla %70 ve %74 olan dönüşüm değerlerinin, 80 °C'de %91 ve %92 seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Bu durum, sıcaklığın reaksiyon hızını artırarak çözünme sürecini hızlandırdığını göstermektedir. Özellikle 70 ve 80 °C'de, 75. dakikadan sonra dönüşüm değerlerindeki artışın sınırlı kalması, çözünmenin büyük ölçüde tamamlandığına işaret etmektedir.

120 ve 150. dakika verileri de bu durumu desteklemekte; yüksek sıcaklıklarda maksimum dönüşüm değerlerine daha kısa sürede ulaşıldığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, artan sıcaklıkla birlikte smithsonite yüzeyinden çözünen Zn^{2+} iyonlarının çözeltideki glisin molekülleri ile kompleksleşme hızının arttığı ve bunun çözünürlüğü olumlu yönde etkilediği değerlendirilmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda difüzyon katsayısının artması ve çözeltinin viskozitesinin azalması, reaktiflerin mineral yüzeyine taşınmasını kolaylaştırarak çözünme hızını artırdığı şeklinde açıklanabilir.

3.3. Kinetik Analiz

Heterojen bir reaksiyonda süreç, katı parçacığın yüzeyinde gerçekleşmektedir. Reaksiyon ilerledikçe, reaksiyona girmemiş çekirdek zamanla küçülürken, oluşan ürün tabakası giderek kalınlaşmaktadır. Heterojen reaksiyon modeli temel olarak üç aşamadan oluşur: (1)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

akışkan reaktanın, parçacık yüzeyini çevreleyen sınır tabaka (film) boyunca difüzyonu, (2) akışkan reaktanın ürün tabakası içerisinden difüze olarak reaksiyona girmemiş çekirdek yüzeyine ulaşması ve (3) reaksiyon ara yüzeyinde akışkan-katı faz arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyon.

Bu sistemde reaksiyon hızını belirleyen mekanizma, toplam reaksiyon direnci içerisinde en yüksek dirence sahip olan basamaktır. Kontrol edici adımın belirlenmesi amacıyla, Tablo 1'de verilen model eşitliklerinin, bütün parametreleri dikkate alarak çoklu regresyon analizi ve her bir parametreden elde edilen sonuçların olası modelle uygunluk grafikleri çizilerek değerlendirilmektedir.[19]

Tablo 1. Heterojen Reaksiyonları Kontrol Eden Basamaklar ve Sıcaklık Parametresinden Hesaplanan R^2 Değerleri

Reaksiyonu Kontrol Eden Basamak	**Model Eşitliği**	**R^2**	**Eşitlik No**
Akışkan Filminden Difüzyon	$\mathrm{kt} = 1 - (1 - \mathrm{x})^{\frac{1}{2}}$	0,940	(4)
Ürün Filminden Difüzyon	$\mathrm{kt} = 1 - 3(1 - \mathrm{x})^{\frac{2}{3}} + 2(1 - \mathrm{x})$	0,975	(5)
Kimyasal	$k\mathrm{t} = 1 - (1 - \mathrm{x})^{\frac{1}{3}}$	0,949	(6)
Karma (ürün-kimyasal)	$\mathrm{kt} = 1 - (1 - \mathrm{x})^{\frac{2}{3}}$	0,931	(7)

*k:reaksiyon hız sabiti (s^{-1}), t:süre (s), x:çinko dönüşüm kesri, R^2: regrasyon analizinden bulunan korelasyon katsayısı

Tablo 1'de verilen modellerin regresyon analizleri incelendiğinde, en yüksek R^2 değerinin ürün filmi difüzyon modeli (Eşitlik 5) için elde edildiği görülmektedir. Bu durum, sürecin büyük ölçüde ürün tabakası difüzyonu ile kontrol edildiğine işaret etmektedir.

Bunun yanı sıra, hidrometalurjik liç süreçlerinde reaksiyon hız sabiti (k) ile sıcaklık arasındaki ilişki literatürde Arrhenius eşitliği (Eşitlik 8) ile ifade edilmektedir. Bu eşitlik kullanılarak hesaplanan aktivasyon enerjisi değerleri de, reaksiyonu kontrol eden basamak hakkında önemli bilgiler sağlar.

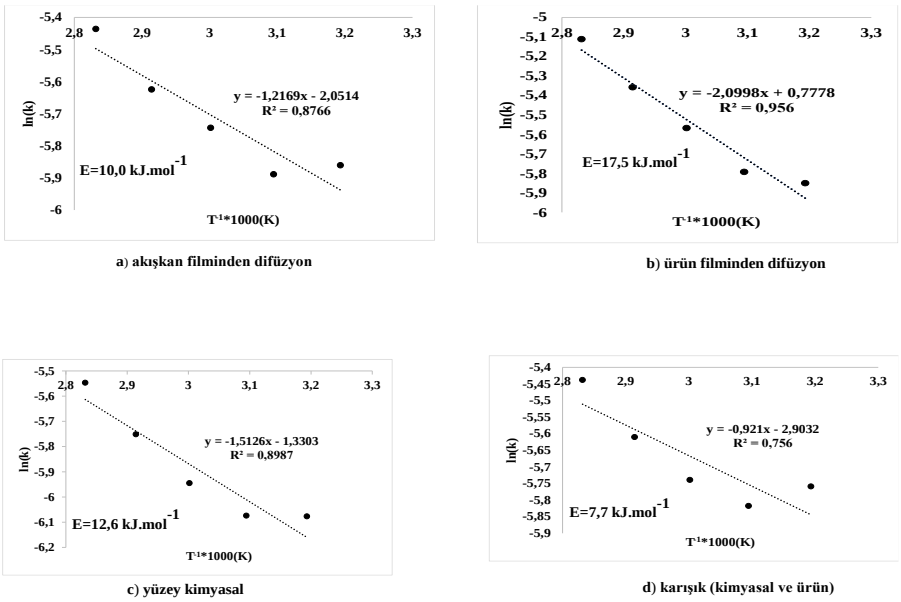
$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{RT} \qquad (8)$$

Burada, k_0 frekans faktörünü (ön-üstel sabit), E aktivasyon enerjisini ($J.mol^{-1}$), R evrensel gaz sabitini ($J.K^{-1}.mol^{-1}$) ve T ise mutlak sıcaklığı (K) temsil etmektedir.

Eşitlik 8'e göre, ln k değerlerinin T^{-1} değerlerine karşı grafiğe geçirilmesiyle doğrusal bir ilişki elde edilmesi beklenir. Bu doğrusal ilişkinin eğimi −E/R değerini, y-eksenini kestiği nokta ise ln k_0 değerini vermektedir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Bu doğrultuda, Şekil 3a–d'de sunulan Arrhenius grafikleri yardımıyla, farklı modellere göre reaksiyonun aktivasyon enerjileri ve doğrusal uyuma ait R^2 değerleri hesaplanmış ve grafikler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3. Olası Reaksiyon Kontrol Modelleri İçin Arrhenius Grafikleri, E ve R^2 Değerleri

Elde edilen aktivasyon enerjisi değerleri, smithsonit cevherinin glisin ortamındaki çözünme mekanizmasının belirlenmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada hesaplanan aktivasyon enerjilerinin 7,7–17,5 kJ/mol aralığında olması, sürecin genel olarak difüzyon kontrollü bir karakter sergilediğine işaret etmektedir.

Ayrıca, doğrusal uyuma en yakın modelin $R^2 = 0,956$ değeriyle ürün filmi difüzyon kontrol modeli olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, çözünme sürecinin baskın olarak ürün tabakası üzerinden gerçekleşen difüzyon mekanizması tarafından kontrol edildiğini desteklemektedir.

Özellikle ürün (kül) filminden difüzyon için hesaplanan 17,5 $kJ \cdot mol^{-1}$ değeri, çözünme sırasında katı yüzeyde oluşan ürün tabakasının (muhtemelen çözünmeyen gang mineralleri veya reaksiyon ürünleri) kütle transferine karşı direnç oluşturduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, akışkan film difüzyonu için elde edilen 10,0 $kJ \cdot mol^{-1}$, kimyasal–ürün karışık modelinden bulunan 7,7 $kJ \cdot mol^{-1}$ ve kimyasal kontrol modeli için hesaplanan 12,5 $kJ \cdot mol^{-1}$ değerlerinin 40 $kJ \cdot mol^{-1}$'den düşük olması, sistemde hem dış film difüzyonunun hem de yüzey reaksiyonlarının belirli ölçüde etkili olduğunu; ancak bu mekanizmaların baskın olmadığını göstermektedir.

Literatürde, glisin gibi kompleks oluşturucu reaktiflerin kullanıldığı liç sistemlerinde metal iyonlarının çözeltiye geçişinin yalnızca yüzey reaksiyonlarıyla değil, aynı zamanda difüzyon süreçleriyle de sınırlandığı belirtilmektedir. Bu çalışmada da, sıcaklık artışıyla çözünme hızının artmasına rağmen aktivasyon enerjisinin düşük kalması, sıcaklığın esas olarak difüzyon hızını artırarak süreci hızlandırdığını göstermektedir. Ayrıca, karıştırma hızının (500 rpm) sabit tutulmasına rağmen difüzyon kontrolünün baskın olması, özellikle ürün tabakası içerisindeki iç difüzyonun belirleyici olduğunu desteklemektedir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sonuç olarak, sıcaklık değişiminden elde edilen bulgular, smithsonit cevherinin çözünmesinde glisinin liç reaktifi olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, olası reaksiyon kontrol modellerinden elde edilen R^2 değerleri, Arrhenius grafiklerinin doğrusal uyumuna ait R^2 değerleri ve hesaplanan aktivasyon enerjileri birlikte değerlendirildiğinde; smithsonit cevherinin glisin ile liçinde reaksiyon mekanizmasının ağırlıklı olarak ürün filmi difüzyonu tarafından kontrol edildiği, ancak kimyasal reaksiyon basamağının da tamamen ihmal edilemeyeceği anlaşılmaktadır.

Bu durum, proses optimizasyonunda yalnızca sıcaklık değişiminin değil; aynı zamanda pH, çözelti konsantrasyonu, katı–sıvı oranı, partikül boyutu ve karıştırma hızı gibi parametrelerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla, söz konusu parametrelerin etkisinin incelendiği ileri çalışmalarla reaksiyonun kinetik modelinin daha sağlıklı bir şekilde belirlenebileceği değerlendirilmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, smithsonit cevherinden çinkonun çevreci ve sürdürülebilir bir liç reaktifi olan glisin kullanılarak sıcaklık parametresinin çözünme kinetiği üzerindeki etkisi ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, hem reaksiyon mekanizmasının aydınlatılması hem de prosesin endüstriyel uygulanabilirliğinin ortaya konulması açısından önemli sonuçlar sunmaktadır.

Deneysel sonuçlar, 40–80 °C sıcaklık aralığında sıcaklık artışıyla birlikte çinko çözünme veriminin belirgin şekilde arttığını göstermiştir. Özellikle reaksiyonun başlangıç aşamalarında sıcaklığın etkisinin daha belirgin olduğu, yüksek sıcaklıklarda ise sistemin daha kısa sürede dengeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, sıcaklığın hem reaksiyon hızını artırdığını hem de kütle transfer süreçlerini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Kinetik analizler kapsamında büzülen çekirdek modeli çerçevesinde değerlendirilen farklı kontrol mekanizmaları arasında, en yüksek korelasyon katsayısının ürün filmi difüzyon modeline ait olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, reaksiyonun hız sınırlayıcı basamağının büyük ölçüde katı yüzeyde oluşan ürün tabakası içerisinden gerçekleşen difüzyon olduğunu göstermektedir. Arrhenius yaklaşımıyla hesaplanan aktivasyon enerjilerinin 7,7–17,5 $kJ \cdot mol^{-1}$ aralığında olması, sürecin genel olarak difüzyon kontrollü bir karakter sergilediğini açıkça ortaya koymaktadır.

Glisin ortamında gerçekleşen liç sürecinde Zn^{2+} iyonlarının çözeltide glisin ile kararlı kompleksler oluşturması, çözünme dengesini sağ tarafa kaydırarak çözünürlüğü artırmakta ve aynı zamanda doğrudan çinko glisinat oluşumuna olanak tanımaktadır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca metal kazanımı değil, aynı zamanda katma değerli bir ürün olan çinko glisinat üretimi açısından da önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır.

Elde edilen tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, glisinin smithsonit cevherlerinin liçinde etkin, seçici ve çevre dostu bir alternatif reaktif olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle düşük aktivasyon enerjisi, yüksek çözünme verimi ve kompleksleşme avantajları, bu sistemin klasik asidik liç yöntemlerine kıyasla önemli üstünlükler sunduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, prosesin daha verimli hale getirilebilmesi için yalnızca sıcaklık parametresinin değil; pH, glisin konsantrasyonu, katı–sıvı oranı, partikül boyutu ve karıştırma

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

hızı gibi diğer operasyonel parametrelerin de bütüncül bir yaklaşımla optimize edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma; smithsonit cevherlerinin glisin ile liçine yönelik kinetik ve mekanistik açıdan kapsamlı bir değerlendirme sunmakta, aynı zamanda sürdürülebilir hidrometalurji uygulamaları kapsamında çevreci liç sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi BAPSİS Birimi tarafından FYL-2025-15475 ID numaralı desteklenmiş proje ve yüksek lisans tez çalışmasının eş zamanlı yürütülmesiyle elde edilen verilerin bir kısmıyla üretilmiştir.

KAYNAKÇA

1. Chen, H., Wu, D., & Wang, Z. (2024). Investigation of the leaching kinetics of zinc from smithsonite in ammonium citrate solution. Metals, 14(5), 519.
2. Hurşit, M., Laçin, O., & Saraç, H. (2009). Dissolution kinetics of smithsonite ore as an alternative zinc source with an organic leach reagent. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 40(1), 6-12.
3. Darj, M.M., Malinowski, E.R., 1996. Complexation between copper(II) and glycine in aqueous acid solutions by window factor analysis of visible spectra. Anal. Chem. 68 (9), 1593–1598.
4. Feng, Q., Wen, S., Zhao, W., LV, C., Bai, X., 2015. Leaching of copper from malachite with methanesulfonic acid. In: Solvent Extraction Research and Devlopment, Japan. 22(2). pp. 159–168.
5. Konishi, Y., Katoh, M., Asai, S., 1991. Leaching kinetics of copper from natural chalcocite in alkaline Na4edta solutions. Metall. Trans. B 22 (3), 295–303.
6. Nabizadeh, A., Aghazadeh, V., 2015. Dissolution study of chalcopyrite concentrate in oxidative ammonia/ammonium carbonate solutions at moderate temperature and ambient pressure. Hydrometallurgy 152 (0), 61–68.
7. Wu, D. D., Wen, S. M., Yang, J., Deng, J. S., & Jiang, L. (2013). Dissolution kinetics of smithsonite in sulfamic acid solution. Asian J. of Chem, 25(18), 10556-10560.
8. Ju, S., Motang, T., Shenghai, Y., & Yingnian, L. (2005). Dissolution kinetics of smithsonite ore in ammonium chloride solution. Hydrometallurgy, 80(1-2), 67-74.
9. Laçin, O., Dönmez, B., & Eti, F. E. (2018). Investigation of leaching kinetics of smithsonite ore. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 37(1), 205-212.
10. Khodaei, H., Haghshenas, D. F., & Firoozi, S. (2022). Selective leaching of zinc from carbonate source using glycine as an ecofriendly lixiviant. Minerals Engineering, 185, 107680.
11. Oraby, E.A., Eksteen, J.J., 2015. Gold leaching in cyanide-starved copper solutions in the presence of glycine. Hydrometallurgy 156, 81–88.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

12. Tanda, B.C., Eksteen, J.J., Oraby, E.A., 2017a. An investigation into the leaching behaviour of copper oxide minerals in aqueous alkaline Glycine solutions. Hydrometallurgy 167, 153–162.
13. Tanda, B. C., Oraby, E. A., & Eksteen, J. J. (2021). Kinetics of malachite leaching in alkaline glycine solutions. Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 130(1), 16-24.
14. Nurtazina, N. . ., & Syzdykova, L. (2021). Kinetics of bornite leaching in the presence of glycine. Engineering Journal of Satbayev University, 143(4), 117–126.
15. Devarshi PP, Mao Q, Grant RW, Hazels Mitmesser S. Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. Nutrients 2024, Vol 16, Page 4269. 2024;16:4269.
16. Chen, X., He, C., Zhang, K., Wang, J., Ding, X., Zeng, Q., ... & Bai, S. (2022). Comparison of zinc bioavailability in zinc-glycine and zinc-methionine chelates for broilers fed with a corn-soybean meal diet. Frontiers in Physiology, 13, 983954.
17. Jarosz, Ł., Marek, A., Grądzki, Z., Kwiecień, M., & Kalinowski, M. (2017). The effect of feed supplementation with zinc chelate and zinc sulphate on selected humoral and cell-mediated immune parameters and cytokine concentration in broiler chickens. Research in veterinary science, 112, 59-65.
18. Ilhan, S. S., Demir, F., Lacin, O., & Sevim, F. (2023). Zinc leaching from smithsonite ore in lactic acid solution: Studies on parametric optimization, kinetic and mechanism. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, 37(3), 735-744.
19. Levenspiel, O. (1998). Chemical reaction engineering. John wiley & sons.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SMİTHSONİTE LİÇİNDE AMİNO ASİT TABANLI LİÇ REAKTİFİ KULLANIMI: A_HİDROJEN PEROKSİT ETKİSİNİN İNCELENMESİ[1]

Lisansüstü Öğrencisi Rauf HAKHIYEV
Atatürk Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi,
rauf.hakhiyev24@ogr.atauni.edu.tr- ORCID ID: 0009-0007-6430-5283

Prof. Dr. Ömer LAÇİN
Atatürk Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi,
olacin@atauni.edu.tr - ORCID ID:0000-0002-5276-3056

ÖZET

Smithsonite ($ZnCO_3$) cevherinden çinko kazanımında daha önce hiç kullanılmayan çevre dostu ve seçici bir liç reaktifi olan glisin (NH_2CH_2COOH) ortamında çözündürülmesi sırasında hidrojen peroksit (H_2O_2) ilavesinin çözünme davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Nihai hedef olarak yüksek biyoyararlanımlı çinko glisinat [$Zn(NH_2CH_2COO)_2$] üretimi için gerekli temel veriler elde edebilmektir.Deneylerden önce, X-ışını kırınımı analizinden smithsonite cevherinin, baskın fazının yüksek kristaliniteye sahip $ZnCO_3$ olduğunu ve $2\theta \approx 29,7°$ konumundaki karakteristik (104) düzlem pikinin bunu açıkça doğruladığını ortaya koymuştur. Kimyasal bileşim analizi, cevherin %59,1 ZnO içerdiğini göstermiştir. Deneyler; ortalama 180 µm tane boyutu, 2 M glisin konsantrasyonu, 1/250 $g \cdot mL^{-1}$ katı-sıvı oranı, 60 °C sıcaklık, 7,9 serbest pH ve 500 rpm karıştırma hızı sabit parametre koşullarında, 0–120 dakika süre ve 0–6 mL H_2O_2 aralıklarında değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.

Deneysel sonuçlar, H_2O_2 ilavesinin belirli bir konsantrasyona kadar çinko çözünürlüğünü önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Oksitleyici ajan kullanılmayan deney koşullarında (0 mL H_2O_2) 120 dakika sonunda çinko dönüşümü yaklaşık %79 düzeyinde kalırken, 3 mL H_2O_2 ilavesi ile bu değer %95'e kadar yükselmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında, smithsonite cevherinin glisin ortamında liçi sırasında optimum miktarda H_2O_2 kullanımı, çözünme verimini artıran ve çinko glisinat üretimi açısından önemli avantajlar sunan etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma, ilaç, gıda takviyesi ve kozmetik sektörlerinde kritik bir bileşen olan çinko glisinatın smithsonite cevherinden doğrudan üretimine yönelik uygulanabilir bir yol haritası ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Smithsonite, Glisin liçi, Çinko glisinat, Hidrojen peroksit, Hidrometalurji

[1] Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi BAPSİS Birimi tarafından FYL-2025-15475 ID numaralı desteklenmiş proje ve yüksek lisans tez çalışmasının eşzamanlı yürütülmesiyle elde edilen verilerin bir kısmıyla üretilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Çinko, temel eser elementlerden biri olup insan fizyolojisi açısından kritik öneme sahiptir ve süperoksit dismutaz, karbonik anhidraz, karboksipeptidaz ve alkol dehidrogenaz gibi birçok enzimin yapısında yer almaktadır. Kemik oluşumu, hücresel bağışıklık yanıtı, nörolojik fonksiyonlar ve doku gelişimi gibi temel biyolojik süreçlerin sürdürülmesinde hayati rol oynamaktadır. Ayrıca çinko, çinko parmak proteinleri (zinc finger proteins, ZNF'ler) olarak adlandırılan özel protein yapılarını stabilize edebilme yeteneğine sahiptir. Bu proteinler; DNA, RNA ve çeşitli proteinlerle etkileşime girerek gen ekspresyonunun düzenlenmesinde ve hücresel süreçlerin kontrolünde görev almaktadır. Çinkonun koordinasyon kimyasındaki esnekliği, Ca^{2+} ve Mg^{2+} gibi diğer iki değerlikli katyonlara kıyasla daha güçlü kompleks oluşturma eğilimi göstermesine olanak tanımaktadır. Endüstriyel ve günlük uygulamalarda ise, klorür (Cl^{-}), nitrat (NO_3^{-}) veya sülfat (SO_4^{2-}) gibi korozif etki oluşturabilecek anyonları içermemesi nedeniyle özellikle ilaç, gıda ve kozmetik sektörlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir.[1] Son yıllarda ise yüksek biyoyararlanıma sahip ve düşük yan etki profili sunan mineral takviyeleri içerisinde önemli bir yer edinmiştir.[2]

İnsan vücudunda çok sayıda biyokimyasal süreçte görev alan çinko; bağışıklık sistemi fonksiyonları, enzimatik aktiviteler, hücre proliferasyonu ve doku onarımı gibi yaşamsal mekanizmalarda etkin rol oynamaktadır.[2] Bununla birlikte, inorganik çinko bileşiklerinin doğrudan kullanımında düşük çözünürlük ve sınırlı biyoyararlanım gibi dezavantajlar söz konusudur.[3] Bu nedenle, çinkonun amino asitlerle oluşturduğu kompleks bileşikler, biyoyararlanımı artırmaları ve gastrointestinal yan etkileri azaltmaları nedeniyle öne çıkmaktadır.[4] Bu kompleksler arasında yer alan çinko glisinat, yüksek emilim kapasitesi nedeniyle son yıllarda yoğun araştırmalara konu olmaktadır.[5–7] Çinko glisinat kompleksinde metal koordinasyonu genellikle oktahedral geometriye sahip olup, iki glisin ligandının metal merkezine şelat bağlarıyla koordine olduğu, diğer koordinasyon pozisyonlarının ise karboksil grupları tarafından doldurulduğu ve amino gruplarının hidrojen bağlarıyla stabilize edildiği bir yapı söz konusudur.[8]

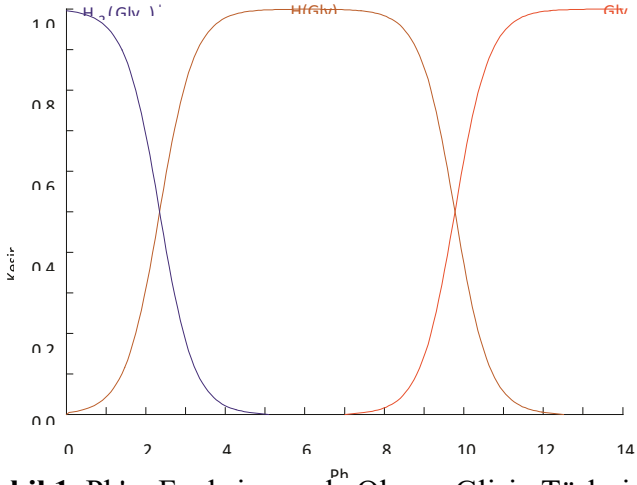
Çinko glisinat, geniş bir pH aralığında kararlı kalabilen ve farklı ortam koşullarında çözünürlüğünü koruyabilen stabil bir kompleks bileşiktir. Çinko oksit ve çinko sülfat gibi geleneksel çinko tuzlarına kıyasla bağırsaklarda daha yüksek biyoyararlanım göstermektedir. Ayrıca antimikrobiyal, antifungal, antioksidan ve antiinflamatuar özellikleri sayesinde tıp, ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde önemli bir uygulama alanı bulmaktadır. Çinko glisinat, çinko iyonlarının en basit amino asit olan glisin ($C_2H_5NO_2$) ile etkileşimi sonucu oluşan bir şelat kompleksidir.[9,10]

Hidrometalurjik proseslerde yaygın olarak kullanılan güçlü asidik ve bazik liç reaktifleri, hedef metalin yanı sıra safsızlıkların da çözünmesine neden olarak selektivitenin düşmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda daha seçici çözünme sağlayan zayıf ve çevre dostu liç reaktiflerine yönelik çalışmalar artış göstermiştir.[11–14] Bununla birlikte, bu tür reaktiflerin düşük reaktivitesi nedeniyle zor çözünen katıların çözündürülmesinde sınırlı etkinlik gösterebildiği bilinmektedir.[15] Son on yılda, özellikle altın ve bakır liçinde, en basit amino asit olan glisinin liç reaktifi olarak kullanımına yönelik çok sayıda bilimsel çalışma ve patent geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda glisinin; toksik olmayan, uçucu olmayan, yanıcı ve patlayıcı özellik göstermeyen,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

çevre dostu bir reaktif olduğu ve özellikle düşük tenörlü cevherlerin işlenmesinde önemli avantajlar sunduğu vurgulanmaktadır. Glisin, alifatik ve hidrofilik karaktere sahip olup, bir α-karbon atomuna bağlı iki hidrojen atomu, bir amino (-NH_2) ve bir karboksil (-COOH) grubundan oluşan en basit amino asittir.[11–14]

Glisin aynı zamanda amfoterik özellik gösteren bir bileşiktir. Karboksil grubunun ($pKa_1 \approx 2,35$) deprotonasyonu ile negatif yük, amino grubunun ($pKa_2 \approx 9,78$) protonasyonu ile pozitif yük kazanması sonucu farklı pH koşullarında farklı iyonik türler oluşturabilmektedir. Asidik ortamda katyonik formda, bazik ortamda anyonik formda ve nötr ortamda zwitteriyonik (hem pozitif hem negatif yüklü) formda bulunur.[16] Bu özellik, glisinin liç ortamında seçici kompleksleşme davranışı sergilemesini sağlamaktadır. Nitekim glisin, çoğunlukla hedef metal iyonlarını çözerek çözeltide kompleks oluştururken, istenmeyen gang minerallerinin çözünmesini sınırlayarak yüksek seçicilik sunmaktadır. Bu nedenle, hidrometalurjik süreçlerde cazip bir liç reaktifi olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, reaksiyon koşullarının kontrolü, oluşan kompleks türlerinin belirlenmesi ve ürün saflığının sağlanması prosesin başarısı açısından kritik öneme sahiptir.[17] 25 °C'de 0,5 M glisin çözeltisinde pH'a bağlı olarak ortamda bulunan glisin türlerinin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.[18]



Şekil 1. Ph'ın Fonksiyonuyla Oluşan Glisin Türleri (25 °C'de 0,5 M Glisin)

Son yıllarda altın ve bakır liçinginde etkinliği kanıtlanmış olan glisinin, çinko içeren cevherlerin çözündürülmesinde sınırlı düzeyde incelenmiş olması ve bu süreç sonucunda elde edilebilecek çinko glisinatın yüksek biyoyararlanım ve geniş uygulama alanına sahip olması, bu alanda yapılacak çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, çinko kaynağı olarak kullanılan smithsonit cevherinin glisin gibi zayıf ve çevreci bir liç reaktifi ile çözünme davranışı araştırılmadan önce, çözünürlük üzerine oksidatif ortamın etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda oksijen kaynağı olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) kullanılmıştır. Söz konusu parametrenin etkisinin incelenmesi amacıyla; partikül boyutu 181 µm, karıştırma hızı 500 rpm, glisin konsantrasyonu 2 M, katı–sıvı oranı 1/250 $g \cdot mL^{-1}$, serbest pH 7,9 ve sıcaklık 60 °C sabit tutulmuş; reaksiyon süresi 0–120 dakika ve H_2O_2 miktarı 0–6 mL aralığında değiştirilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2. MATERYAL VE YÖNTEM

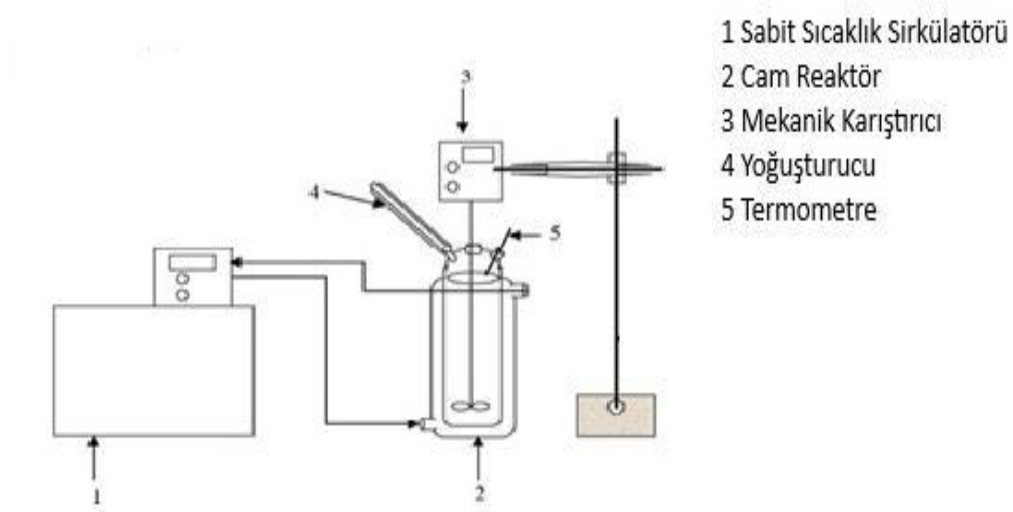
2.1. Materyal

Çalışmada, Türkiye'nin Kayseri yöresinden temin edilen smithsonit cevherinin çözünme davranışı incelenmiştir. Cevher, öncelikle çeneli kırıcıda kırılmış, ardından bilyalı değirmende öğütülmüş ve ASTM standart elekleri kullanılarak ortalama 478, 284, 181, 138 ve 116 µm tane boyutlarına ayrılmıştır. Deneysel çalışmalarda ortalama 181 µm tane boyutuna sahip fraksiyon kullanılmıştır. Smithsonit cevherinin kimyasal bileşimi, İlhan ve ark. (2023) tarafından standart hacimsel ve gravimetrik analiz yöntemleri ile belirlenmiş olup, ağırlıkça % olarak ZnO: 59,1; Al_2O_3: 1,5; SiO_2: 1,8; CaO: 0,9; Fe_2O_3: 1,6; kızdırma kaybı: 33,9 ve diğer bileşenler: 1,2 şeklindedir. Ayrıca, deneylerde kullanılan glisin ve diğer kimyasallar analitik saflıkta temin edilmiştir.

2.2.Yöntem

Liçing deneyleri için deneysel sistem, Şekil 2'de görüldüğü gibi, yoğuşturucu, mekanik karıştırıcı ve sıcaklık kontrol ünitesine sahip 500 mL hacimli ceketli cam reaktörde gerçekleştirilmiştir. Reaktör içerisinde 250 mL hacminde, 2 M glisin konsantrasyonuna sahip ve serbest pH değeri 7,9 olan çözelti, 60 °C sıcaklıkta ve 500 rpm karıştırma hızında dengelendikten sonra, oksidan ajan olarak 0–6 mL H_2O_2 ilave edilmiştir. Ardından yaklaşık 1 g kütleye ve ortalama 180 µm partikül boyutuna sahip smithsonite cevheri eklenerek reaksiyon başlatılmıştır.

Süspansiyondan, 0–120 dakika boyunca belirli zaman aralıklarında 2 mL'lik numuneler alınmış ve çözeltideki çinko miktarı volümetrik yöntemle belirlenmiştir. Analizlerde, EDTA ile kompleksometrik titrasyon yöntemi, NH_3/NH_4Cl tampon çözeltisi ve Eriochrome Black T indikatörünün varlığında uygulanmış ve elde edilen veriler kullanılarak çinko dönüşüm yüzdeleri hesaplanmıştır.



Şekil 2. Liçing işlemi için kullanılan deneysel sistem

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EDTA, çinko iyonlarıyla 1:1 oranında Eşitlik 1'deki gibi çok kararlı kompleksler oluşturur.

$$Zn^{2+} + EDTA^{4-} \rightarrow [Zn{-}EDTA]^{2-} \quad (1)$$

EDTA'nın metal bağlama gücü pH'a bağlıdır; düşük pH'da EDTA protonlanıp bağlanamaz ve yüksek pH'da ise $Zn(OH)_2$ çökelir. NH_3/NH_4Cl tamponu pH ≈ 10'da sistemi dengede tutar. Amonyak ayrıca zayıf kompleks (Eşitlik 2) yaparak çinkonun çökelmesini önler:

$$Zn^{2+} + NH_3 \rightleftharpoons Zn(NH_3)_n^{2+} \quad (2)$$

Eriokrom Black T indikatörü metal iyonlarıyla zayıf kompleks oluşturur (Eşitlik 3).

$$Zn^{2+} + \text{İndikatör} \rightarrow Zn^{2+}_{\text{İndikatör}}\ (\text{kırmızı}) \quad (3)$$

EDTA ile titrasyona başlandığında Eşitlik 4'teki gibi, dönüm noktasına ulaşıldığında artık Zn−İndikatör kalmaz ve indikatör tamamen serbest hale gelir:

$$Zn^{2+}_{\text{İndikatör}} + EDTA^{4-} \rightarrow [Zn{-}EDTA]^{2-} + \text{İndikatör (mavi)} \quad (4)$$

Çinko dönüşüm yüzdesi, 1 mL süzüntü için harcanan EDTA sarfiyatı ve tepkime stokiometrisinden faydalanarak Eşitlik 5'teki gibi hesaplanır.

$$\%\,X_{Zn} = \text{Sarfiyat, mL EDTA} \times \frac{\text{mmol EDTA}}{\text{mL EDTA}} \times \frac{1\ \text{mmol Zn}}{1\ \text{mmol EDTA}} \times \frac{65{,}4\ \text{mg Zn}}{1\ \text{mmol Zn}} \times \frac{1\ \text{g Zn}}{1000\ \text{mg Zn}} \times \frac{250\ \text{mL toplam çözeltide g Zn}}{1\ \text{mL süzüntüde g Zn}} \times \frac{100}{\text{cevher g} \times \frac{0{,}475\ \text{g Zn}}{1\ \text{g cevher}}} \quad (5)$$

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

3.1. Çözünme Reaksiyonları

Smithsonite ($ZnCO_3$) cevherinin pH ≈ 7,9 ve 60 °C sıcaklık koşullarında, glisin (NH_2CH_2COOH) ve H_2O_2 içeren bir ortamda çözünmesi; asit–baz dengesi, kompleksleşme ve oksidatif reaksiyonların birlikte gerçekleştiği çok aşamalı bir süreçtir. Bu koşullar altında $ZnCO_3$ katısı, H_2O_2 varlığında ve hafif bazik karakter gösteren glisin çözeltisiyle etkileşerek çözünmekte; oluşan Zn^{2+} iyonları glisinat ($NH_2CH_2COO^-$) anyonları ile kompleksleşerek çözeltide çinko glisinat türlerini meydana getirmektedir. Bu süreçte karbonat iyonu ise CO_2 gazı olarak ortamdan uzaklaşmaktadır. Toplam reaksiyon ise Eşitlik 8'deki gibi olur:

$$2NH_2CH_2COOH(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + 2NH_2CH_2COO^-(aq) \quad (6)$$

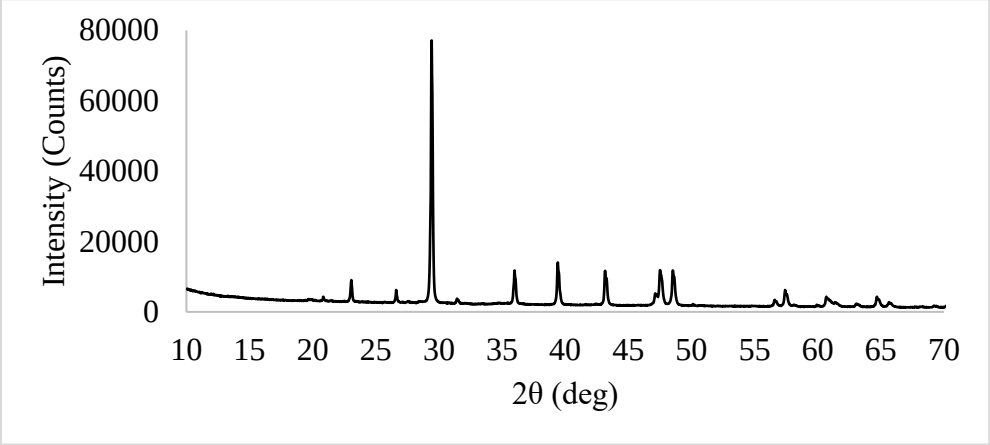
$$ZnCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) \xrightarrow{H_2O_2} Zn^{2+}(aq) + CO_2(g) + 3H_2O\ (l) \quad (7)$$

$$ZnCO_3(s) + 2NH_2CH_2COOH(s) \rightarrow Zn(NH_2CH_2COO)_2(aq) + CO_2(g) + H_2O\ (l) \quad (8)$$

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

3.2. Smithsonite Cevherinin X-Işını Kırınımı

Smithsonit cevherinin mineralojik yapısı, Empyrean–Malvern Panalytical X-ışını kırınımı (XRD) cihazı kullanılarak Cu Kα radyasyonu (45 kV, 40 mA, otomatik monokromatör) altında, $10° < 2\theta < 90°$ tarama aralığında ve uygun tarama hızında analiz edilmiştir. Faz tanımlamaları, International Centre for Diffraction Data (ICDD) veri tabanındaki PDF kartları kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, smithsonit ($ZnCO_3$) mineraline ait referans veriler PDF 00-008-0449 kartından alınmıştır.[20]



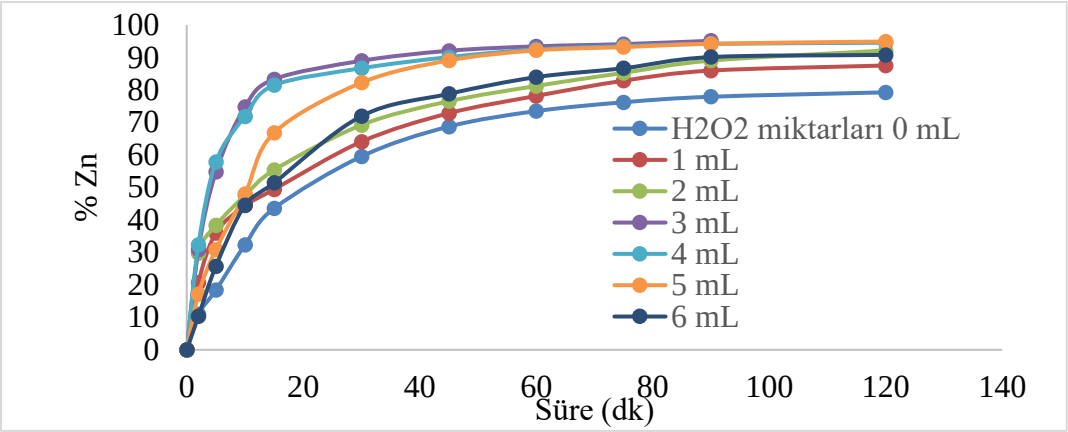
Şekil 3. Smithsonite Cevherinin X-Işını Kırınımı

Elde edilen XRD deseninde, yaklaşık $2\theta \approx 29,7°$ civarında gözlenen yüksek şiddetli pik, smithsonitin en karakteristik (104) kristal düzlemine karşılık gelmektedir. Ayrıca 35,9°, 39,3°, 43,1° ve 47,7° civarında belirlenen pikler sırasıyla (110), (113), (202) ve (018) kristal düzlemlerine karşılık gelmekte olup, mineralin trigonal karbonat yapısını doğrulamaktadır. $2\theta \approx 23,2°$ civarında gözlenen düşük şiddetli pik ise (012) düzlemi ile ilişkilendirilmiş olup ikincil smithsonit fazını temsil etmektedir. Bunun yanı sıra, yaklaşık 26,6° civarında tespit edilen zayıf pik, kuvars (SiO_2) gibi gang minerallerinin varlığına işaret etmektedir. Bu bulgular, incelenen cevherin yüksek kristaliniteye sahip smithsonit fazının baskın olduğunu ve sınırlı miktarda gang minerali içerdiğini göstermektedir.

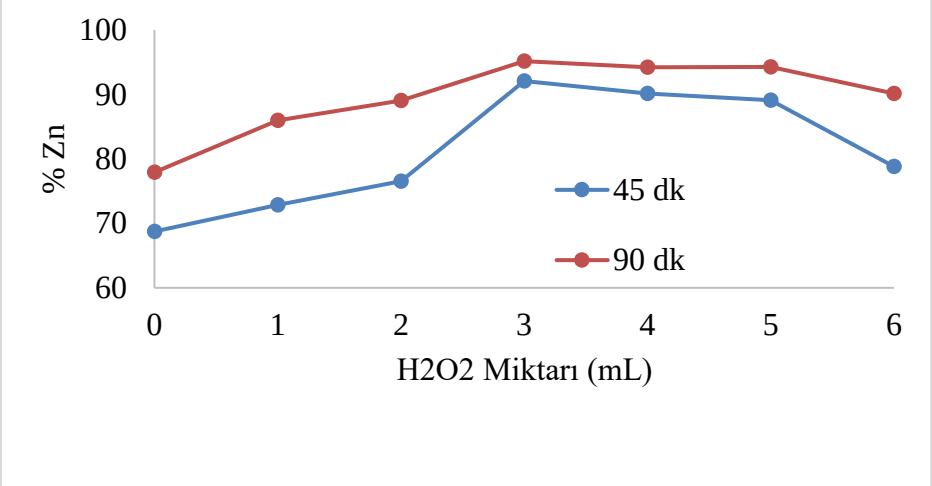
3.3. H_2O_2 Konsantrasyonunun Etkisi

Smithsonit cevherinin çözünürlüğü üzerine oksitleyici ajan etkisini incelemek amacıyla, 250 mL hacminde ve 2 M glisin konsantrasyonuna sahip çözeltiye 0–6 mL aralığında değişen miktarlarda H_2O_2 ilave edilmiştir. Deneyler sırasında diğer parametreler sabit tutulmuş olup; partikül boyutu 181 μm, serbest pH 7,9, sıcaklık 60 °C ve karıştırma hızı 500 rpm olarak ayarlanmıştır. 0–120 dakika zaman aralığında belirli periyotlarda alınan numunelerde çinko derişimi belirlenmiş ve dönüşüm yüzdeleri hesaplanarak sonuçlar Şekil 4a-b'de grafik edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



a



b

Şekil 4. a) Değişen H_2O_2 ve Sürelere Karşı Zn Dönüşümü b) Sabit Sürede Değişen H_2O_2'e karşı Zn Dönüşümü (partikül boyutu 181 µm, karıştırma hızı 500 rpm, glisin konsantrasyonu 2 M, katı-sıvı oranı 1/250 g·mL^{-1}, pH 7,9 ve sıcaklık 60 °C)

Elde edilen bulgular, oksitleyici ajan bulunmayan sistemde (0 mL H_2O_2) çinko çözünmesinin zamanla artmasına rağmen sınırlı kaldığını ve 120 dakika sonunda yaklaşık %79 seviyesine ulaştığını göstermektedir. Buna karşın, H_2O_2 ilavesi ile çözünme kinetiğinin belirgin şekilde hızlandığı ve özellikle 3 mL H_2O_2 varlığında maksimum dönüşüm değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. Nitekim 45 ve 90 dakikalık sürelerde çinko dönüşüm yüzdeleri sırasıyla yaklaşık %92 ve %95 seviyelerine ulaşmıştır. Bu durum, H_2O_2'nin oksitleyici etkisiyle mineral yüzeyinde reaksiyon hızını artırması ve Zn^{2+} iyonlarının glisin ile kompleksleşmesini kolaylaştırmasıyla açıklanabilir.

Bununla birlikte, 4–6 mL H_2O_2 ilavelerinde, çinko dönüşüm oranlarının azaldığı gözlenmiştir. Bu durum, H_2O_2'nin katalizörsüz ortamda parçalanarak ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$) etkinliğini kaybetmesi ve yüksek oksidatif koşulların oluşan çinko glisinat kompleksinin kararlılığını olumsuz yönde etkilemesi ile ilişkilendirilebilir.

Sonuç olarak, elde edilen veriler, glisin ortamında smithsonit cevherinin çözünürlüğü için optimum bir oksidan konsantrasyonunun bulunduğunu ve bu parametrenin proses

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

verimliliği üzerinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bu bulgular, özellikle tıp, kozmetik ve gıda sektörlerinde önemli kullanım alanlarına sahip olan çinko glisinatın üretimine yönelik hidrometalurjik süreçlerin geliştirilmesi açısından önemli bir bilimsel temel sunmaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, smithsonite ($ZnCO_3$) cevherinin amino asit tabanlı bir liç reaktifi olan glisin (NH_2CH_2COOH) ortamında çözünürlüğü üzerine hidrojen peroksit (H_2O_2) ilavesinin etkisi sistematik olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, glisinin hidrometalurjik süreçlerde güçlü asidik/bazik reaktiflere alternatif olabilecek potansiyele sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle 3 mL H_2O_2 ilavesi, tüm deney sürelerinde en yüksek çinko dönüşüm değerlerinin elde edilmesini sağlamış ve optimum oksidan miktarı olarak belirlenmiştir.

Bununla birlikte, 3 mL'nin üzerindeki H_2O_2 konsantrasyonlarında yüksek H_2O_2 miktarlarında radikal oluşumu, reaktifin kendi kendine bozunması ve kompleks stabilitesinin azalması gibi faktörlerle sistem veriminin azalması, liç süreçlerinde oksidan miktarının dikkatli bir şekilde optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Geleneksel kuvvetli asit veya baz liç reaktiflerin aksine, glisin, uçucu, toksik, yanıcı ve patlayıcı olmayan, çevre dostu bir amino asittir. Amfoterik yapısı sayesinde istenilen ürünü ($ZnCO_3$) seçici biçimde çözerken gang minerallerini (kuvars, kalsit, dolomit vb.) çözmemektedir. Bu özelliği onu düşük tenörlü ve karmaşık yapılı cevherlerin işlenmesinde cazip bir liç reaktifi haline getirmektedir.

Optimum koşullar altında gerçekleştirilen bu süreç hem çevresel açıdan daha sürdürülebilir hem de endüstriyel uygulamalar açısından umut verici bir alternatif sunmaktadır. Elde edilen bulgular, çinko glisinat üretimi başta olmak üzere, amino asit tabanlı liç sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli katkılar sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi BAPSİS Birimi tarafından FYL-2025-15475 ID numaralı desteklenmiş proje ve yüksek lisans tez çalışmasının eş zamanlı yürütülmesiyle elde edilen verilerin bir kısmıyla üretilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA

1. Abendrot, M., Chęcińska, L., Kusz, J., Lisowska, K., Zawadzka, K., Felczak, A., & Kalinowska-Lis, U. (2020). Zinc (II) complexes with amino acids for potential use in dermatology: Synthesis, crystal structures, and antibacterial activity. Molecules, 25(4), 951.
2. Kiouri DP, Tsoupra E, Peana M, Perlepes SP, Stefanidou ME, Chasapis CT. Multifunctional role of zinc in human health: an update. EXCLI J. 2023;22:809. https://doi.org/10.17179/EXCLI2023-6335.
3. Wegmüller R, Tay F, Zeder C, Brnić M, Hurrell RF. Zinc Absorption by Young Adults from Supplemental Zinc Citrate Is Comparable with That from Zinc Gluconate and Higher than from Zinc Oxide. J Nutr. 2013;144:132. https://doi.org/10.3945/JN.113.181487.
4. Devarshi PP, Mao Q, Grant RW, Hazels Mitmesser S. Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. Nutrients 2024, Vol 16, Page 4269. 2024;16:4269. https://doi.org/10.3390/NU16244269.
5. Chen X, He C, Zhang K, Wang J, Ding X, Zeng Q, et al. Comparison of zinc bioavailability in zinc-glycine and zinc-methionine chelates for broilers fed with a corn-soybean meal diet. Front Physiol. 2022;13:983954. https://doi.org/10.3389/FPHYS.2022.983954.
6. Gandia P, Bour D, Maurette JM, Donazzolo Y, Duchène P, Béjot M, et al. A bioavailability study comparing two oral formulations containing zinc (Zn bis-glycinate vs. Zn gluconate) after a single administration to twelve healthy female volunteers. Int J Vitam Nutr Res. 2007;77:243–8. https://doi.org/10.1024/0300-9831.77.4.243.
7. Devarshi PP, Mao Q, Grant RW, Hazels Mitmesser S. Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. Nutrients 2024, Vol 16, Page 4269. 2024;16:4269. https://doi.org/10.3390/NU16244269.
8. Low, B. W., Hirshfeld, F. L., & Richards, F. M. (1959). Glycinate complexes of zinc and cadmium. Journal of the American Chemical Society, 81(16), 4412-4416.
9. Maares M, Haase H. A Guide to Human Zinc Absorption: General Overview and Recent Advances of In Vitro Intestinal Models. Nutrients. 2020;12:762. https://doi.org/10.3390/NU12030762.
10. Devarshi PP, Mao Q, Grant RW, Hazels Mitmesser S. Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. Nutrients 2024, Vol 16, Page 4269. 2024;16:4269. https://doi.org/10.3390/NU16244269.
11. Eksteen, J.J., Oraby, E., 2017. Recovery of precious and chalcophile metals. In: Australian Provisional Patent Application No. 2017903251.
12. Oraby, E.A., Eksteen, J.J., 2014. The selective leaching of copper from a gold–copper concentrate in Glycine solutions. Hydrometallurgy 150 (0), 14–19.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

13. Lacin, O., Dönmez, B., & Eti, F. E. (2018). Investigation of leaching kinetics of smithsonite ore. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE), 37(1), 205-212.
14. Feng, Q., Wen, S., Zhao, W., LV, C., Bai, X., 2015. Leaching of copper from malachite with methanesulfonic acid. In: Solvent Extraction Research and Devlopment, Japan. 22(2). pp. 159–168.
15. Lacin, O., Dönmez, B., Demir, F., 2005. Dissolution kinetics of natural magnesite in acetic acid solutions. Int.J.Miner.Process, 75, 91-99.
16. Streitwieser Jr, A. (1992). Introduction to Organic Chemistry. 31 Aksu, S. and Doyle, F.M., 2001. Electrochemistry of Copper in Aqueous Glycine Solutions. Journal of The Electrochemical Society, 148(1): B51-B57.
17. Devarshi PP, Mao Q, Grant RW, Hazels Mitmesser S. Comparative Absorption and Bioavailability of Various Chemical Forms of Zinc in Humans: A Narrative Review. Nutrients 2024, Vol 16, Page 4269. 2024;16:4269. https://doi.org/10.3390/NU16244269.
18. Perea, C. G., & Restrepo, O. J. (2018). Use of amino acids for gold dissolution. Hydrometallurgy, 177, 79-85.
19. Ilhan, S. S., Demir, F., Lacin, O., & Sevim, F. (2023). Zinc leaching from smithsonite ore in lactic acid solution: Studies on parametric optimization, kinetic and mechanism. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, 37(3), 735-744.
20. Hubbard, C. R., & O'Connor, B. H. (2002). International centre for diffraction data (ICDD) Powder Diffraction File (PDF) database, Newtown Square, PA, USA: ICDD.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

INTEGRATIVE BIOINFORMATICS APPROACH for THE DISCOVERY of CO-EXPRESSED CANCER-ASSOCIATED GENES in LUNG and LIVER CANCERS

Baraa Mıaad Ataaallah ORUJ
Atatürk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey,
baraata70@gmail.com - 0009-0005-7521-303X

Murat ISIYEL
Atatürk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey,
muratisiyel9@gmail.com - 0000-0003-4157-2729

Assoc. Prof. Hamid CEYLAN*
Atatürk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey,
*hamid.ceylan@atauni.edu.tr - 0000-0003-3781-4406

ABSTRACT

Lung and liver malignancies rank among the primary contributors to global cancer mortality and represent a significant public health burden. These two cancer types are influenced by common environmental and socioeconomic factors such as tobacco use, heavy metal exposure, environmental pollution, alcohol consumption, and dietary habits. Shared risk factors are thought to induce similar molecular mechanisms and affect common genetic drivers across both organs. Accordingly, the identification of genes implicated in both lung and liver cancers is essential for elucidating disease mechanisms and facilitating the development of targeted therapeutic approaches. Through bioinformatics-based analyses, abnormally expressed molecular targets can be identified, providing a powerful framework to elucidate how complex diseases such as cancer are regulated by various stimuli. In this study, high-throughput transcriptomic datasets were analyzed using multiple bioinformatics databases, including GEPIA, UALCAN, STRING, CTD, SwissTargetPrediction, and KM-Plotter. The analysis revealed that ANLN, COL1A1, and TOP2A are commonly dysregulated genes in both lung and liver cancers and are associated with disease progression. This bioinformatics study provides valuable insight into the shared molecular signatures of lung and liver cancers, highlighting potential diagnostic and therapeutic targets that may contribute to future multi-organ cancer research and precision medicine approaches.

Keywords: Lund adenocarcinoma, Hepatocellular carcinoma, Bioinformatics, *In silico*

1. INTRODUCTION

Cancer represents a diverse group of diseases marked by uncontrolled cell proliferation, local tissue invasion, and often distant metastasis; collectively, these malignancies remain among the

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

leading causes of death globally and constitute a substantial burden on public health (Sung et al., 2021). Cancer incidence and mortality show marked geographic and socioeconomic variation, reflecting differences in exposure to risk factors, access to early detection and treatment, and underlying population demographics. Because of this global impact, improving molecular understanding, early detection and targeted therapies is a major public-health priority (Bray et al., 2024). In this study we focus specifically on two clinically important epithelial malignancies lung adenocarcinoma (LUAD) and hepatocellular carcinoma (HCC) whose high mortality and partially overlapping environmental and molecular risk profiles make them compelling targets for comparative, bioinformatics-driven target discovery.

Lung adenocarcinoma (LUAD), the predominant histological subtype of non-small cell lung cancer, has shown increasing incidence among both smokers and an expanding population of never-smokers. Owing to its frequent diagnosis at advanced stages, LUAD continues to be the foremost cause of cancer-related mortality worldwide (Myers & Wallen, 2023). LUAD displays characteristic molecular heterogeneity with frequent driver alterations that both define biological subsets and provide the rationale for precision therapies in selected patients (Smolarz et al., 2025). Importantly, recent population-scale analyses implicate non-tobacco exposures such as air pollution in a rising share of adenocarcinomas among never-smokers, underscoring the need to map diverse etiologic routes to common molecular endpoints (Sui et al., 2020).

Hepatocellular carcinoma is the dominant primary liver cancer and a major cause of cancer mortality, particularly in regions with high prevalence of chronic hepatitis B and C, heavy alcohol use, or growing burdens of metabolic-associated fatty liver disease; globally, HCC incidence and deaths remain substantial and geographically concentrated (Rumgay et al., 2022). The etiologic heterogeneity of HCC viral hepatitis, alcohol, aflatoxin exposure, and metabolic liver disease drives diverse molecular trajectories but converges on pathways controlling cell proliferation, inflammation and fibrosis that are potential therapeutic entry points (Li et al., 2024). Although curative options exist for early-stage HCC, most cases are diagnosed late and systemic therapies show only modest benefits for many patients, motivating efforts to discover novel, actionable molecular targets.

Despite arising from distinct anatomical sites, LUAD and HCC share several convergent biological features at the molecular level, particularly those related to dysregulated cell-cycle control, aberrant extracellular matrix (ECM) remodeling, and sustained proliferative signaling. Increasing evidence suggests that tumor progression in both entities is not solely driven by tissue-specific oncogenic events, but also by conserved core pathways that govern cellular proliferation, genomic instability, and tumor stroma interactions (Hanahan, 2022; Arnold et al., 2020). In this context, identifying genes that are consistently dysregulated across both LUAD and HCC may help to uncover fundamental oncogenic regulators that transcend tissue specificity and represent universal cancer-associated vulnerabilities.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Integrated bioinformatics offers a powerful, cost-effective framework to nominate candidate therapeutic genes across large cohorts by combining differential expression analysis, pathway/Gene Ontology enrichment, protein–protein interaction (PPI) network prioritization, immune/stromal deconvolution and *in-silico* clinical validation (Ataş et al., 2022; Zhang et al., 2025). Such computational pipelines can reveal genes that are consistently dysregulated across independent datasets, connect those genes to coherent biological programs and prioritize high-confidence hub genes for downstream experimental validation and druggability assessment (Veneziano et al., 2025). In the present work following approaches similar to recent integrative studies we apply cross-cohort transcriptomic integration and network-based ranking to nominate shared and tumour-specific candidate targets in LUAD and HCC, with the ultimate aim of guiding focused experimental follow-up and translational prioritization.

Within this framework, systems-level bioinformatics approaches have become increasingly important for disentangling complex cancer-related gene networks and prioritizing key regulatory hubs. Network-based strategies, including protein–protein interaction (PPI) mapping and topological ranking algorithms, enable the identification of highly connected genes that may serve as central regulators of tumor biology and potential therapeutic targets (Barabási et al., 2011; Szklarczyk et al., 2021). Moreover, integrative analyses across multiple independent transcriptomic datasets improve robustness by reducing dataset-specific bias and increasing reproducibility of candidate gene selection. Accordingly, such approaches provide a rational basis for the identification of shared hub genes that may simultaneously contribute to LUAD and HCC pathogenesis.

In summary, the global burden and clinical lethality of LUAD and HCC, together with their molecular complexity and partially overlapping environmental drivers, make them ideal candidates for an integrated bioinformatics approach to target discovery; by systematically interrogating public transcriptomic resources and applying network and functional filters, we aim to identify robust, biologically plausible therapeutic targets that warrant experimental validation and may ultimately inform precision treatment strategies.

2. MATERIAL and METHOD

2.1 Data collection

Six publicly accessible and independent microarray datasets related to LUAD and LIHC were obtained from the GEO database (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/, accessed on May 2, 2026) (Edgar et al., 2002). Dataset selection was performed according to the aims of the study using specific filtering criteria, including Homo sapiens, expression profiling, LUAD, and LIHC. The properties of the included expression datasets are presented in Table 1.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Table 1. Features of the datasets used in this study.

Type	GEO Accession	Sample size	Platform	Profile	References
LUAD	GSE159857	32 tumor samples, 26 healty tissues	GPL18573 Illumina	mRNA	(Xu et al., 2022)
	GSE40791	94 tumor samples, 100 healty tissues	GPL570 Affymetrix	mRNA	(Zhang et al., 2012)
	GSE229253	15 tumor samples, 13 healty tissues	GPL24676 Illumina	mRNA	(Dolgalev et al., 2023)
LIHC	GSE22058	100 tumor samples, 97 healty tissues	GPL6793 Affymetrix	mRNA	(Burchard et al., 2010)
	GSE62232	81 tumor samples, 10 healty tissues	GPL570 Affymetrix	mRNA	(Schulze et al., 2015)
	GSE64041	60 tumor samples, 65 healty tissues	GPL6244 Affymetrix	mRNA	(Makowska et al., 2016)

2.2 Data processing and target identification

Differentially expressed genes (DEGs) between LUAD and LIHC tissues and adjacent non-tumorous tissue samples were analyzed using the GEO2R platform (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo2r, accessed on May 2, 2026). DEG screening was conducted using the criteria of $|\log2FC| \geq 1$ and an adjusted p-value (Benjamini–Hochberg FDR) below 0.05. Genes exhibiting log2FC values ≥ 1 were classified as upregulated, whereas genes with log2FC values ≤ -1 were regarded as downregulated. Only genes satisfying both thresholds were retained for further analyses (Benjamini & Hochberg, 1995). Common candidate genes identified across the different datasets were subsequently determined through Venn diagram analysis using the Multiple List Comparator tool (http://molbiotools.com/listcompare.html, accessed May 2, 2026).

2.3 Protein-protein interaction (PPI) network analysis

A protein-protein interaction (PPI) network was constructed to examine the relationships among highly dysregulated genes in tumor cells compared to adjacent non-tumorous colon tissues and to identify possible hub genes (Ceylan, 2021, 2022). The PPI network was created using the Search Tool for Retrieval of Interacting Genes database (https://string-db.org/, accessed on May 2, 2026) (Szklarczyk et al., 2015).The resulting interaction network was subsequently visualized and analyzed in Cytoscape software version 3.10.3 (Isiyel et al., 2025; Shannon et al., 2003). Identification of hub genes was performed using the CytoHubba plugin based on six topological methods, including Betweenness, Closeness, Edge Percolated Component (EPC), Degree, Maximum Neighborhood Component (MNC), and Maximal Clique Centrality (MCC).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

2.4 Gene ontology and pathway enrichment analysis

Functional enrichment analysis of overlapping DEGs was carried out using Gene Ontology (GO) classification and Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) pathway annotation (Tosun et al., 2024). These analyses were implemented via the ToppFun module within the ToppGene Suite (https://toppgene.cchmc.org/enrichment.jsp, accessed on May 2, 2026) (Chen et al., 2009).

2.5 In silico Validation

2.5.1 Gene and Protein Expression Validation

The expression profiles of the identified hub genes in LUAD and LIHC were analyzed using two publicly accessible bioinformatics platforms: the Gene Expression Profiling Interactive Analysis tool (GEPIA2; http://gepia2.cancer-pku.cn/#index, accessed May 2, 2026) (Tang et al., 2019) and the UALCAN interactive database (https://ualcan.path.uab.edu/, accessed May 2, 2026) (Chandrashekar et al., 2017). These platforms facilitated the comparative evaluation of mRNA expression levels between LUAD and LIHC tumor samples and adjacent histologically normal tissues without evident pathological abnormalities (Aran et al., 2017), in addition to assessing their prognostic significance. Furthermore, UALCAN was utilized to examine the relationship between hub gene expression and different clinical stages of LUAD and LIHC, as well as to investigate the corresponding protein expression levels encoded by these genes.

2.5.2 Overall Survival (OS) Analysis

Survival analyses were conducted using the Kaplan-Meier Plotter platform (https://kmplot.com/analysis/, accessed on May 2, 2026) (Gyorffy et al., 2013), which categorizes patients into high- and low-expression groups based on the median expression value of each gene. The platform automatically produces Kaplan-Meier survival curves, determines statistical significance through the log-rank test, and calculates hazard ratios (HRs) with 95% confidence intervals via univariate Cox proportional hazards regression analysis. A p-value below 0.05 was accepted as statistically significant for evaluating the prognostic significance of hub genes in relation to the overall survival of patients with LUAD and LIHC.

3. RESULTS

3.1 Determination of DEGs

A total of 472 and 313 DEGs were identified in LUAD and LIHC datasets, respectively. For LUAD comprising 137 upregulated and 335 downregulated and for LIHC 92 upregulated and 221 downregulated genes shared across all datasets. Finally, comparing the up-regulated and down-regulated DEGs associated with LUAD and LIHC, 10 up-regulated and 8 down-regulated

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

genes were identified that were commonly expressed in both cancer types. The distribution of DEGs and overlapping genes identified as a result of the analysis of the datasets is summarized in Tables 2-5.

Table 2. List of differentially expressed genes (DEGs) distributions from each dataset. GEO; gene expression omnibus.

	GEO	Total of DEGs	Upregulated DEGs	Downregulated DEGs
LUAD	GSE159857	1497	752	745
	GSE40791	4919	1888	3031
	GSE229253	3458	1591	1867
LIHC	GSE22058	2161	746	1415
	GSE62232	1953	1006	947
	GSE64041	931	436	495

Table 3. Common up-regulated and down-regulated DEGs in GEOs derived from LUAD tumor tissues and adjacent non-tumor tissues. LUAD; lung adenocarcinoma, DEGs; differentially expressed genes, GEO; gene expression omnibus.

Shared up-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≥ 1) genes in all GEOs				
ABCB6	*FAM3C*	*KRT80*	*OCIAD2*	*SLC2A1*
ABCC3	*FAP*	*KRTCAP3*	*P3H4*	*SLC35F2*
ADAM28	*FAXC*	*LAPTM4B*	*PAFAH1B3*	*SLC39A4*
AGR2	*FBXO32*	*LGR4*	*PAICS*	*SMPDL3B*
ANKRD36BP2	*FCGBP*	*LGSN*	*PDIA4*	*SNRPE*
ANLN	*FHL2*	*LRIG3*	*PGM2L1*	*SORD*
AP1S1	*FIGNL1*	*LTF*	*PHLDA2*	*SOX4*
ASPM	*FNDC1*	*MANEAL*	*PLPP2*	*SPP1*
ATP6V1C2	*FUT8*	*MANF*	*PPAT*	*SRD5A1*
CBX3	*GALNT7*	*MARCKSL1*	*PPIL1*	*SRD5A3*
CCDC167	*GGCT*	*MDK*	*PPP1R14B*	*SSR4*
CD24	*GLB1L2*	*MGST1*	*PROM2*	*STEAP1*
CDH3	*GMNN*	*MIF*	*PSMG3*	*STK32A*
CEACAM5	*GOLM1*	*MMP7*	*PYCR1*	*STK39*
CEMIP	*GPT2*	*MROH6*	*QPRT*	*TDRKH*
CKS1B	*GREM1*	*MRPS12*	*RALGPS2*	*TFAP2C*
CLDN12	*GRIP1*	*MRPS17*	*RAMP1*	*TGFA*
COL1A1	*HELLS*	*MRPS23*	*RECQL4*	*TMEM106B*
CP	*HMGB3*	*MUC5B*	*RHNO1*	*TMEM45B*
CRABP2	*HPS3*	*NECTIN4*	*RNF43*	*TMPRSS4*
DSG2	*HS6ST2*	*NHS*	*RPL37A*	*TNFSF15*
DSP	*IER5L*	*NIPSNAP1*	*SDF2L1*	*TOP2A*

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ENC1	*IGHM*	*NLN*	*SERINC2*	*TPBG*
EPCAM	*IGLV1-44*	*NME1*	*SEZ6L2*	*TPX2*
EPHB2	*KCNN4*	*NPM3*	*SFXN1*	*TRIM2*
ERO1A	*KDELR2*	*NQO1*	*SIX4*	*TXNDC17*
FAM169A	*KIF26B*	*NT5E*	*SLC22A18*	*VSTM2L*
XDH	*XPR1*			
Shared down-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≤ 1) genes in all GEOs				
A2M	*COL6A6*	*GNLY*	*NCKAP5*	*SEMA6D*
ABCA3	*COX7A1*	*GPC3*	*NES*	*SERPING1*
ABCA8	*CPED1*	*GPD1*	*NFASC*	*SFTPC*
ABCA9	*CRISPLD2*	*GPIHBP1*	*NKD1*	*SH2D3C*
ABCG1	*CRYAB*	*GPRIN2*	*NKD2*	*SHANK3*
ABI3BP	*CSF3R*	*GPX3*	*NOTCH4*	*SIRPB1*
ABLIM3	*CSPG4*	*GRK5*	*NPNT*	*SLC11A1*
ABTB1	*CSRNP1*	*GUCY1A2*	*NR4A3*	*SLC19A3*
ACACB	*CTIF*	*GYPC*	*OSCAR*	*SLC25A25*
ACKR1	*CXCL3*	*HBB*	*OTUD1*	*SLC31A2*
ACOXL	*CYP27A1*	*HBEGF*	*P2RY1*	*SLC5A9*
ACP5	*DACH1*	*HLX*	*PALD1*	*SLIT2*
ACSS3	*DAPK2*	*HSPA12B*	*PCAT19*	*SLIT3*
ACVRL1	*DCHS1*	*HSPB6*	*PCDH12*	*SOCS2*
ADAMTS1	*DENND2A*	*HSPB8*	*PCDH17*	*SOCS3*
ADAMTS15	*DENND3*	*ID1*	*PCSK5*	*SORBS3*
ADAMTS8	*DES*	*ID4*	*PDE1C*	*SOX5*
ADAMTSL3	*DLL1*	*IGSF10*	*PDE2A*	*SOX7*
ADAMTSL4	*DMD*	*IL18R1*	*PDE3B*	*SPARCL1*
ADGRE5	*DOCK11*	*IL1RL1*	*PDGFB*	*SPI1*
ADGRL2	*DPEP2*	*IL20RA*	*PDK4*	*SPN*
ADH1B	*ECSCR*	*IL3RA*	*PDLIM2*	*SPOCK2*
ADIRF	*EDNRB*	*IL6*	*PDLIM3*	*SPTBN1*
ADRB2	*EFCC1*	*INMT*	*PDZRN3*	*SRPX*
ADTRP	*EFR3B*	*ITGA5*	*PEAR1*	*ST6GALNAC5*
AFF3	*EGFL7*	*ITGA8*	*PECAM1*	*ST6GALNAC6*
AGER	*EGR2*	*ITIH5*	*PEG3*	*STAC*
AHNAK	*EMCN*	*ITPRIP*	*PKDCC*	*STARD13*
AKAP12	*EMP1*	*JAM2*	*PLAC9*	*STARD8*
ALOX5	*EMP2*	*JAM3*	*PLCE1*	*STARD9*
ANKRD29	*EPAS1*	*JDP2*	*PLCL1*	*STON1*
AOC3	*EPB41L2*	*KANK3*	*PPARG*	*STX11*
APOBR	*EPB41L3*	*KCNE1*	*PPP1R14A*	*STXBP6*
APOLD1	*FABP4*	*KCNT2*	*PPP1R15A*	*SULT1C4*
AQP9	*FADS3*	*KLF2*	*PREX1*	*SVEP1*
ARAP3	*FAM107A*	*KLF4*	*PREX2*	*SYNE1*
ARHGAP6	*FAM13C*	*KLF6*	*PRKCQ*	*SYNM*

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ARHGEF15	*FAM167A*	*KRT4*	*PRKG1*	*SYT15*
ARHGEF26	*FAT3*	*LAMC3*	*PRX*	*TACC1*
ARHGEF6	*FCN3*	*LAMP3*	*PTGDS*	*TAL1*
ATF3	*FENDRR*	*LARP6*	*PTGER4*	*TBX2*
ATP10A	*FEZ1*	*LDB2*	*PTGIS*	*TBX3*
BCL6B	*FGD5*	*LDLR*	*PTPN1*	*TBX4*
BMP2	*FGFR4*	*LIMS2*	*PTPN21*	*TCF21*
BTNL9	*FGR*	*LMCD1*	*PTPRB*	*TEK*
C5AR1	*FHL1*	*LMO2*	*RAB11FIP1*	*TGFBR3*
CA4	*FHL5*	*LMO7*	*RAI2*	*THBD*
CACNA2D2	*FMO2*	*LPL*	*RAMP2*	*TIE1*
CALCRL	*FOS*	*LRRC32*	*RAMP3*	*TIMP3*
CASKIN2	*FOSB*	*LYVE1*	*RAPGEF4*	*TMEM100*
CAT	*FOXF1*	*MARCO*	*RASGRP2*	*TMEM204*
CAV1	*FPR1*	*MCEMP1*	*RASIP1*	*TMEM255B*
CCDC141	*FRMD3*	*MFAP4*	*RFX2*	*TRPV2*
CCDC85A	*FRMD4A*	*MFSD2A*	*RGCC*	*TSPAN18*
CD34	*FXYD6*	*MGAT3*	*RGS22*	*TTLL7*
CD36	*FZD4*	*MITF*	*RHOJ*	*TTN*
CD52	*G0S2*	*MMP19*	*ROBO4*	*TUBB6*
CD83	*GABARAPL1*	*MMRN2*	*RTKN2*	*UPK3B*
CD93	*GADD45B*	*MRAS*	*S1PR1*	*VSIG4*
CDH5	*GATA2*	*MRC1*	*SASH1*	*VWF*
CFD	*GATA6*	*MSR1*	*SBSPON*	*WASF3*
CHRDL1	*GFOD1*	*MSRB3*	*SCN7A*	*WFS1*
CLDN18	*GIMAP1*	*MYADM*	*SCNN1G*	*ZDHHC14*
CLDN5	*GIMAP8*	*MYCT1*	*SELP*	*ZEB2*
CLEC14A	*GLDN*	*MYL9*	*SEMA3G*	*ZFP36*
CLIC5	*GLIPR2*	*MYRF*	*SEMA5A*	*ZNF366*
CNTN6	*GNG11*	*MYZAP*	*SEMA6A*	*ZNF423*

Table 4. Common up-regulated and down-regulated DEGs in GEOs derived from LIHC tumor tissues and adjacent non-tumor tissues. LIHC; Liver hepatocellular carcinoma, DEGs; differentially expressed genes, GEO; gene expression omnibus.

Shared up-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≥ 1) genes in all GEOs				
ABCC4	*CDC6*	*GAS2L3*	*MUC13*	*RNF157*
ACSL4	*CDKN2A*	*GPC3*	*NCAPG*	*ROBO1*
AKR1B10	*CDKN3*	*HELLS*	*NQO1*	*RRM2*
ANLN	*CENPF*	*HKDC1*	*NUF2*	*SLC7A11*
APOBEC3B	*CENPK*	*IQGAP3*	*NUSAP1*	*SMPX*
ASPM	*CKAP2*	*ITGA2*	*OLFML2B*	*SPATS2*
AURKA	*COL1A1*	*ITGA6*	*OSBPL3*	*SPINK1*
BUB1	*DTL*	*KIF20A*	*PBK*	*SQLE*
BUB1B	*DTNA*	*LAMC1*	*PEA15*	*STIL*
CA12	*E2F8*	*LCN2*	*PLVAP*	*STK39*

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CAP2	*ECT2*	*LRRC1*	*PLXNC1*	*SULT1C2*
CCL20	*EDIL3*	*MAP2*	*PODXL*	*TCF19*
CCNA2	*ENAH*	*MCM3*	*PRC1*	*THY1*
CCNB2	*EZH2*	*MCM4*	*PRKAA2*	*TMEM45B*
CCNE2	*FANCI*	*MCM6*	*PTTG1*	*TOP2A*
CD109	*FLVCR1*	*MELK*	*RAB3B*	*TPX2*
CD24	*FOXM1*	*MKI67*	*RACGAP1*	*TXNRD1*
CDC20	*G6PD*	*MMP12*	*RBM24*	*TYMS*
UBE2T	*VWF*			
Shared down-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≤ 1) genes in all GEOs				
AADAT	*CD5L*	*F9*	*KYNU*	*RDH16*
AASS	*CETP*	*FAM134B*	*LDHD*	*RNF165*
ABCA8	*CFHR4*	*FBP1*	*LECT2*	*RSPO3*
ABCC9	*CFP*	*FCGR2B*	*LIFR*	*SARDH*
ABCG2	*CLEC1B*	*FCN2*	*LPA*	*SDS*
ACAA1	*CLEC4G*	*FCN3*	*LPAL2*	*SERPINA4*
ACADL	*CLEC4M*	*FETUB*	*LY6E*	*SERPINA5*
ACADS	*CLRN3*	*FTCD*	*LYVE1*	*SHBG*
ACADSB	*CNDP1*	*FXYD1*	*MAN1C1*	*SLC10A1*
ACMSD	*CNGA1*	*GBA3*	*MASP1*	*SLC16A4*
ACOT12	*COLEC10*	*GCDH*	*MASP2*	*SLC17A2*
ACSL1	*CPS1*	*GCGR*	*MBL2*	*SLC19A3*
ACSM3	*CRHBP*	*GCH1*	*MCC*	*SLC22A1*
ACVR1C	*CTH*	*GCKR*	*MFAP3L*	*SLC22A7*
ADAMTSL3	*CXCL12*	*GHR*	*MME*	*SLC27A2*
ADH1B	*CXCL14*	*GLS2*	*MOGAT2*	*SLC27A5*
ADH1C	*CYP1A1*	*GLYAT*	*MT1F*	*SLC39A5*
ADH4	*CYP1A2*	*GNAO1*	*MT1G*	*SLC41A2*
ADH6	*CYP26A1*	*GNMT*	*MT1H*	*SLC6A13*
ADRA1A	*CYP2B6*	*GPD1*	*MT1M*	*SLC7A2*
AFM	*CYP2C18*	*GPR180*	*MT1X*	*SLCO1B1*
AGXT	*CYP2C19*	*GRAMD1C*	*NAT2*	*SLCO1B3*
AGXT2	*CYP2C8*	*GREM2*	*NPC1L1*	*SLCO4C1*
AKR1D1	*CYP2C9*	*GSTZ1*	*NR1I2*	*SLITRK3*
ALDH6A1	*CYP2E1*	*GYS2*	*NR1I3*	*SPP2*
ALDH8A1	*CYP2J2*	*HAAO*	*OAT*	*SRD5A2*
AMDHD1	*CYP39A1*	*HAL*	*OGDHL*	*STAB2*
ANGPTL1	*CYP3A43*	*HAMP*	*OIT3*	*SULT1E1*
ANXA10	*CYP4A11*	*HAO2*	*PBLD*	*TAT*
APOA5	*CYP4V2*	*HGFAC*	*PCK1*	*TCTEX1D1*
APOF	*CYP4X1*	*HHIP*	*PCOLCE*	*TDO2*
ASPA	*CYP8B1*	*HPGD*	*PHGDH*	*THRSP*
ATF5	*DMGDH*	*HS3ST3B1*	*PHYHD1*	*TM6SF2*
BBOX1	*DNAJC12*	*HSD11B1*	*PLAC8*	*TMEM27*

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BCHE	*DNASE1L3*	*IGF1*	*PLEK2*	*TMEM45A*
BCKDHB	*ECM1*	*IGFALS*	*PLSCR4*	*TPPP2*
BDH2	*EFHD1*	*IGFBP3*	*PON1*	*TUBE1*
BHMT	*EHD3*	*IL13RA2*	*PPP1R3B*	*UGT3A1*
BMPER	*ENO3*	*IL1RAP*	*PRG4*	*UPB1*
C6	*EPHX2*	*IYD*	*PRODH2*	*UROC1*
C8A	*ESR1*	*KCND3*	*PROZ*	*VIPR1*
C9	*ETFDH*	*KCNN2*	*PTPRD*	*VNN1*
CA2	*EXPH5*	*KLKB1*	*PZP*	*WDR72*
CAT	*F11*	*KMO*	*RBP5*	*XDH*
ZFP1				

Table 5. Common up-regulated and down-regulated DEGs in GEOs derived from comparing LUAD and LIHC tumor tissues and adjacent non-tumor tissues. LUAD; Lung adenoccarcima LIHC; Liver hepatocellular carcinoma, DEGs; differentially expressed genes, GEO; gene expression omnibus.

Shared up-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≥ 1) genes in all GEOs				
ANLN	*ASPM*	*CD24*	*COL1A1*	*HELLS*
NQO1	*STK39*	*TMEM45B*	*TOP2A*	*TPX2*
Shared down-regulated (*p*-value <0.05, |log2FC| ≤ 1) genes in all GEOs				
ABCA8	*ADAMTSL3*	*ADH1B*	*CAT*	*FCN3*
GPD1	*LYVE1*	*SLC19A3*		

3.2 PPI network and Hub gene identification

A PPI network was established to investigate the interactions among common genes exhibiting significant expression alterations between tumor tissues of patients with LUAD and LIHC and adjacent non-tumorous tissue samples. The constructed network consisted of 16 nodes and 42 interaction edges (Fig. 1). To identify biologically important targets shared between LUAD and LIHC, six topological algorithms integrated within the CytoHubba plugin were applied for hub gene detection. The top five genes identified by each of the six CytoHubba algorithms in Cytoscape are summarized in Table 4. Among these candidates, ANLN, COL1A1, and TOP2A were consistently ranked across all analytical methods and were therefore selected as robust hub genes. These genes exhibited strong topological centrality and interaction significance within the PPI network.

Table 6. Top 5 genes evaluated in the PPI network using four calculation methods and employing CytoHubba in Cytoscape.

MCC	MNC	Degree	EPC	Closeness	Betweenness
TOP2A	**TOP2A**	**TOP2A**	**TOP2A**	**TOP2A**	**TOP2A**
ASPM	ADH1B	ADH1B	ADH1B	ADH1B	ADH1B
ANLN	**COL1A1**	**COL1A1**	**COL1A1**	**COL1A1**	**ANLN**
TPX2	**ASPM**	**ASPM**	**ASPM**	**ASPM**	**COL1A1**
COL1A1	**ANLN**	**ANLN**	**ANLN**	**ANLN**	**ASPM**

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

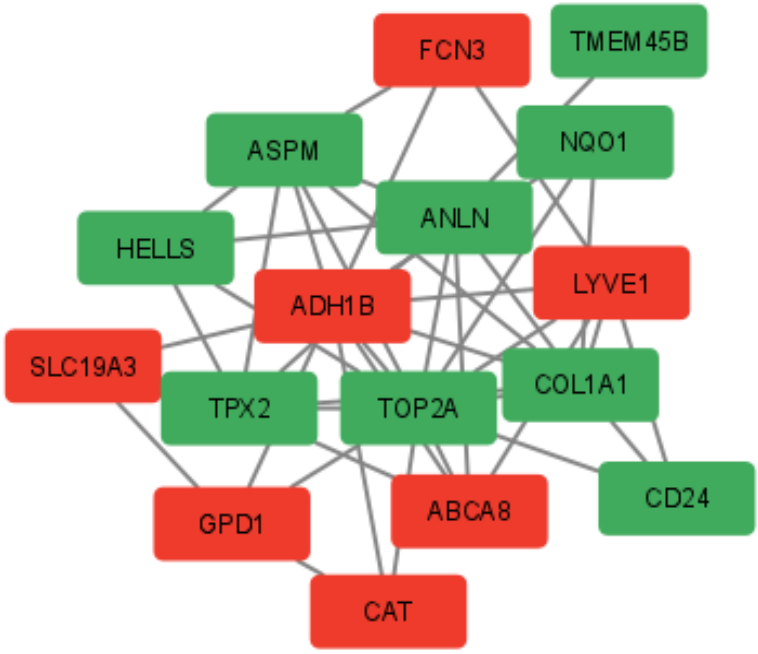


Fig 1. The whole PPI network of DEGs (green nodes represent upregulated DEGs and red nodes represent downregulated DEGs).

3.3 Gene ontology and pathway enrichment analysis

To investigate the biological roles of hub genes in LUAD and LIHC, Gene Ontology (GO) and KEGG pathway enrichment analyses were performed using the ToppFun Functional Analysis Tool. The identified hub genes were functionally categorized into three Gene Ontology domains, including biological processes, cellular components, and molecular functions (Table 7).

Table 7. GO (Gene Ontology) and KEGG (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes) pathway enrichment analysis results of hub genes identified as differentially expressed in LIHC and LUAD tumor tissues compared with adjacent non-tumor tissues (p-value < 0.05, |log2FC| ≥ 1 and |log2FC| ≤ 1). HCC; hepatocellular carcinoma, LUAD; lung adenocarcinoma, MF; Molecular Function, BP; Biological Process, and CC; Cellular Component.

Category	GO ID	Term	p-value	q-value FDR B&H	Hit Query
MF	GO:0034335	DNA negative supercoiling activity	4,51E-04	1,05E-02	TOP2A
MF	GO:0003918	DNA topoisomerase type II (double strand cut, ATP-hydrolyzing) activity	6,01E-04	1,05E-02	TOP2A
MF	GO:0003916	DNA topoisomerase activity	1,20E-03	1,40E-02	TOP2A
MF	GO:0048407	platelet-derived growth factor binding	1,80E-03	1,58E-02	COL1A1
MF	GO:0008301	DNA binding, bending	3,15E-03	2,21E-02	TOP2A
BP	GO:0071306	cellular response to vitamin E	1,46E-04	1,14E-02	COL1A1
BP	GO:0000921	septin ring assembly	1,46E-04	1,14E-02	ANLN

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BP	GO:0002244	hematopoietic progenitor cell differentiation	2,86E-04	1,14E-02	TOP2A, ANLN
BP	GO:0031106	septin ring organization	2,92E-04	1,14E-02	ANLN
BP	GO:1904172	positive regulation of bleb assembly	2,92E-04	1,14E-02	ANLN
CC	GO:0009330	DNA topoisomerase type II (double strand cut, ATP-hydrolyzing) complex	1,44E-04	4,60E-03	TOP2A
CC	GO:0005584	collagen type I trimer	2,87E-04	4,60E-03	COL1A1
CC	GO:0005826	actomyosin contractile ring	1,01E-03	9,19E-03	ANLN
CC	GO:0032059	bleb	1,44E-03	9,19E-03	ANLN
CC	GO:0005583	fibrillar collagen trimer	1,72E-03	9,19E-03	COL1A1
Pathway	M47876	KEGG_MEDICUS_REFERENCE_CONDENSIN_LOADING	4,21E-03	1,26E-02	TOP2A
Pathway	M7098	KEGG_ECM_RECEPTOR_INTERACTION	1,76E-02	2,64E-02	COL1A1
Pathway	M7253	KEGG_FOCAL_ADHESION	4,13E-02	4,13E-02	COL1A1

3.4 *In silico* validations

3.4.1 Gene and Protein Expression

Consistent with the GEO dataset findings, the mRNA expression levels of ANLN, COL1A1, and TOP2A were significantly increased in both LUAD (Fig. 2A–F) and LIHC (Fig. 3A–F) tumor tissues relative to adjacent non-cancerous tissues. In addition, stage-dependent expression profiles of these hub genes were evaluated using the UALCAN database. The results demonstrated a gradual elevation in the expression levels of ANLN, COL1A1, and TOP2A across advanced stages of both LUAD and LIHC (Fig. 4A–F). Protein expression analyses further showed patterns largely consistent with the corresponding mRNA expression profiles. Nevertheless, COL1A1 protein expression in LIHC was observed to be reduced compared with the control group (Fig. 5A–F).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

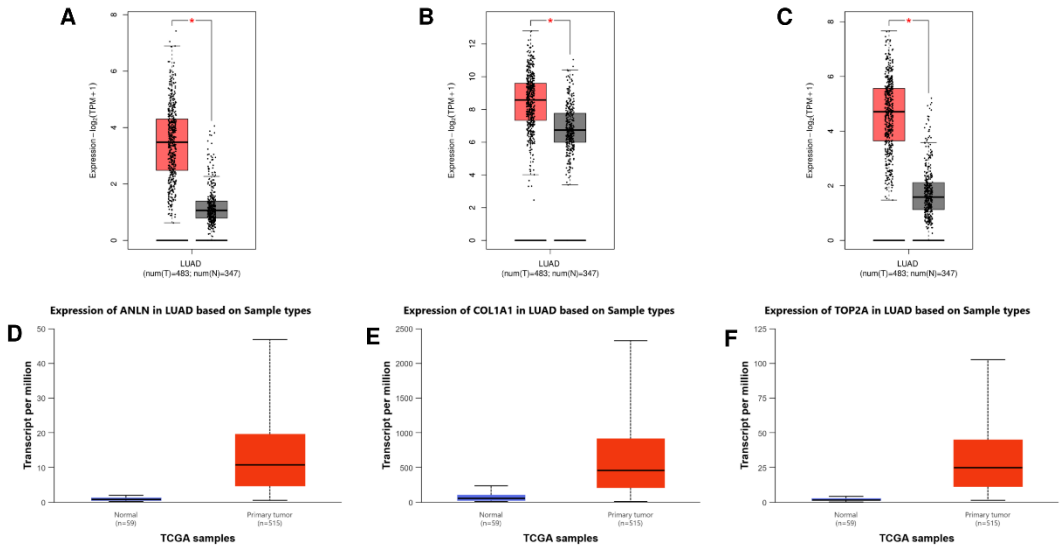


Fig. 2 *In silico* validation results of the hub genes. mRNA expression profiles of hub genes in LUAD according to the GEPIA2 database: ANLN (A), COL1A1 (B), and TOP2A (C). mRNA expression profiles of hub genes in LUAD according to the UALCAN database: ANLN (D), COL1A1 (E), and TOP2A (F).

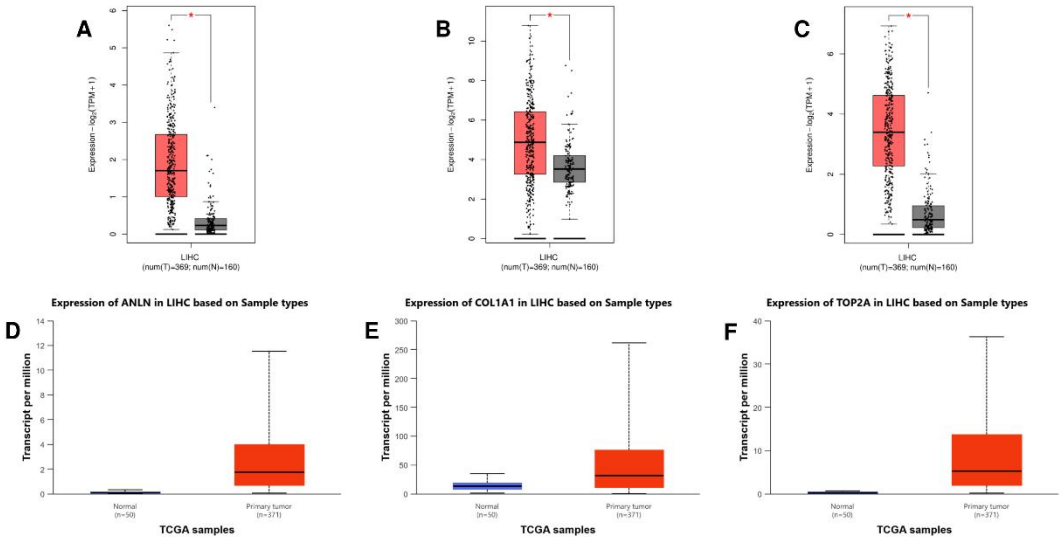


Fig. 3 *In silico* validation results of the hub genes. mRNA expression profiles of hub genes in LIHC according to the GEPIA2 database: ANLN (A), COL1A1 (B), and TOP2A (C). mRNA expression profiles of hub genes in LIHC according to the UALCAN database: ANLN (D), COL1A1 (E), and TOP2A (F).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

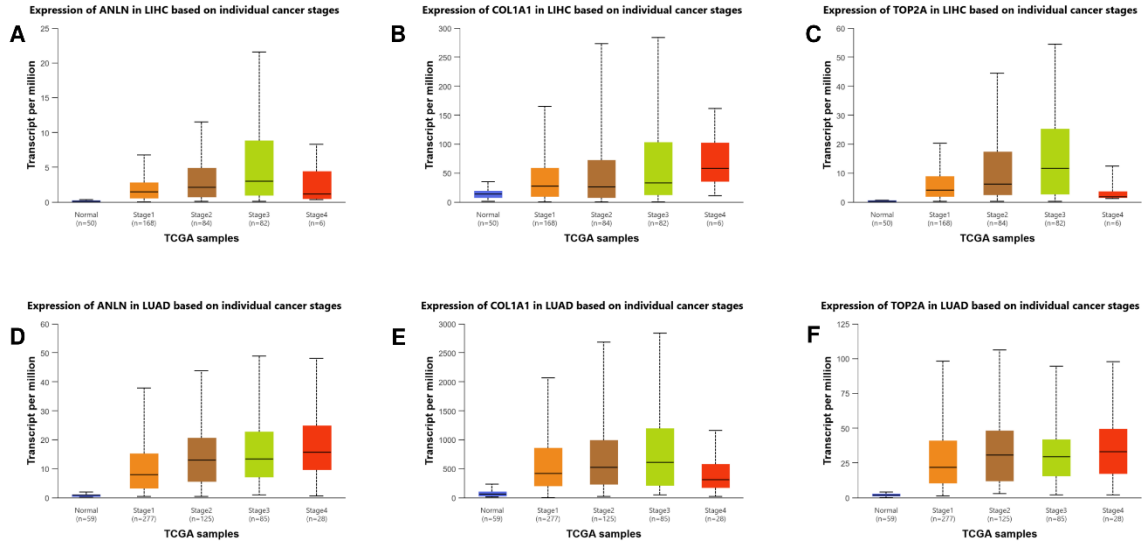


Fig. 4 The mRNA expression profiles of LIHC and LUAD patients in different cancer stages according to the UALCAN database.

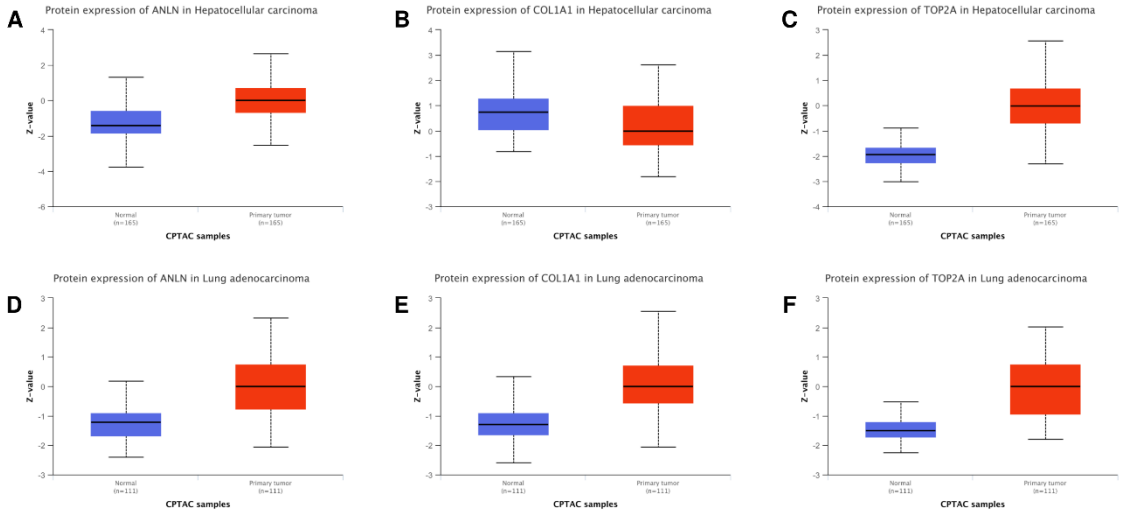


Fig. 5 Protein expression levels of ANLN, COL1A1, and TOP2A in liver and lung tissues of patients diagnosed with LIHC and LUAD compared with healthy liver and lung tissues.

3.4.2 OS Analysis

In LUAD and LIHC patients, high expression of ANLN, COL1A1 and TOP2A was consistently associated with significantly poorer overall survival (Fig. 6). In all three analyses the high-expression groups showed an early and sustained separation of Kaplan–Meier survival curves relative to low expressors, indicating that increased expression of these ECM-related genes is associated with worse clinical outcome in LUAD and LIHC.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

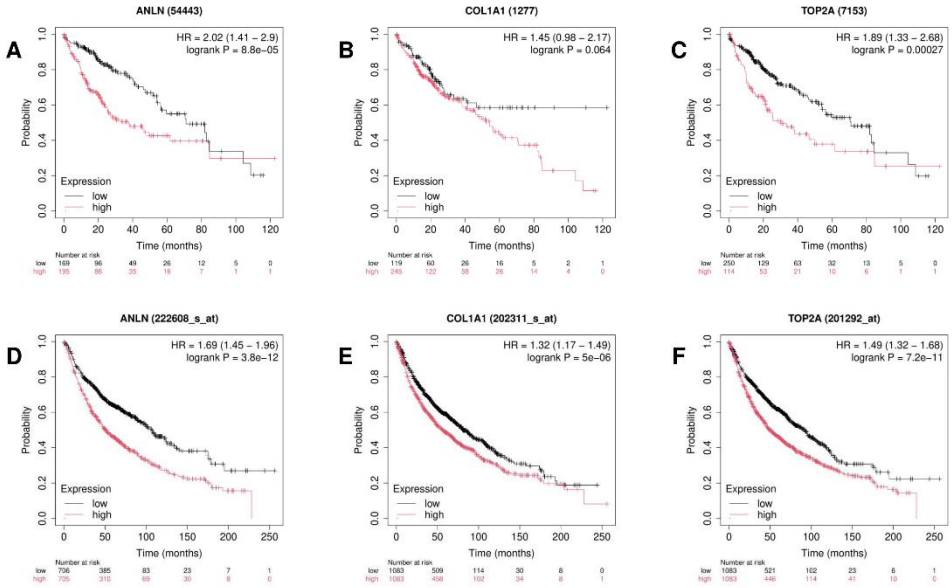


Fig. 6 OS analyses of hub genes in patients with LUAD and LIHC.

4. DISCUSSION

Although significant progress has been made in diagnosing and treating cancers including LUAD and LIHC, they are still among the most lethal types of cancers world-wide due to their aggressive nature, molecular diversity and lack of effective treatments for patients with late stage cancer. These tumors have different origins but research is showing a greater amount of overlap concerning environmental risk factors and similar molecular mechanisms resulting in common genetic changes associated with the beginning stages of tumorigenesis. A better understanding of how LUAD and LIHC share commonly disrupted genes or signaling pathways will provide valuable insights on shared carcinogenesis and could lead to new biomarkers for diagnostic use and new targets for therapy. Comparative transcriptomics found three key hub genes (ANLN, COL1A1, and TOP2A) that are consistently disrupted in both LUAD and LIHC.

Anillin Actin Binding Protein (ANLN), was identified to be one of the major hub genes. The anillin actin binding protein (ANLN) is a very highly conserved actin-binding protein that has roles in cytokinesis, cytoskeleton reorganization and maintaining cell structure throughout mitosis. Disrupted levels of ANLN have been found to be linked to increased proliferative capacity, invasive potential and metastasis in numerous cancers (Hall et al., 2005; Piekny & Glotzer, 2008). The increased levels of ANLN in LUAD and LIHC found in this study are in agreement with previous research indicating an association of elevated levels of ANLN with a poorer prognosis as well as aggressive behavior of tumors in hepatocellular carcinoma and lung cancer (Xu et al., 2019). The molecular mechanisms behind how ANLN impacts tumor cells include its regulation of the cell cycle, cell migration and interaction with components of the

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

cytoskeleton via RHOA associated signaling (Piekny & Maddox, 2010). Therefore, ANLN may represent a promising prognostic biomarker and therapeutic target in both LUAD and LIHC.

COL1A1 was one of the other top hub genes found in this research. COL1A1 encodes for the alpha-1 chain of Type I Collagen, which is a main building block of the Extracellular Matrix (ECM), which is made up of cells and their surrounding matrix. The ECM is remodeled abnormally during all stages of Cancer Progression, and abnormal remodeling of the ECM has been linked to Fibrosis, Invasion, Angiogenesis and Metastasis (Lu et al., 2011). In addition to identifying COL1A1 as a key hub gene in both LUAD and HCC, the GO and KEGG enrichment analyses identified that there were multiple pathways involved in structural constituent activity of the Extracellular Matrix, collagen fibril formation, and interactions with the ECM receptor. These data indicate the biologic significance of COL1A1 in both LUAD and HCC. Other previous studies have indicated that over-expression of COL1A1 leads to increased migration and invasiveness of tumor cells, and also indicates poor prognosis in many different cancers, including LUAD and HCC. (Zhang et al., 2018). Increased COL1A1 expression has additionally been linked with tumor stromal activation and epithelial mesenchymal transition processes (Geng et al., 2021). It is also interesting to note that while there was an increase in mRNA levels of COL1A1 observed for both LUAD and LIHC, as well as in comparison to control samples via protein expression studies; the latter study showed that there were decreased levels of COL1A1 protein found exclusively in LIHC tissues when comparing them to their respective control tissues. There are a number of possible explanations for this discrepancy (such as post-transcriptional regulation of mRNAs, increased degradation of proteins, etc.) but these would require additional experimental verification.

TOP2A (DNA Topoisomerase II alpha), also ranked as one of the major hub genes to be expressed in both LUAD and LIHC, is a crucial nuclear enzyme that plays important roles in DNA replication, chromosome segregation, and transcriptional control during the cell cycle. TOP2A has been associated with increased tumor proliferation and poorer patient prognosis (Nitiss, 2009). In this research TOP2A over-expression was especially related to DNA topoisomerase activity and pathways for DNA negative supercoiling, indicating a higher level of proliferation and replication in both types of cancer. The literature has shown that high levels of TOP2A expression contribute to increased aggressive nature of tumors as well as poor prognosis in lung adenocarcinoma (LUAD) and hepatocellular carcinoma patients (De Resende et al., 2013). Additionally, TOP2A is also an appropriate drug target since many drugs used in chemotherapy such as anthracycline and etoposide derivatives work by inhibiting the activity of topoisomerase II (Pommier et al., 2016). Thus, the presence of TOP2A as a common hub gene clearly demonstrates it's significance for translation in drug treatments for multi-cancer sites.

The convergence of LUAD and LIHC on shared dysregulated pathways suggests that tumor progression in both cancer types is strongly driven by the interplay between cell-cycle dysregulation and tumor microenvironment remodeling. In particular, extracellular matrix

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

(ECM) reorganization not only provides structural support for tumor growth but also actively regulates signaling pathways involved in proliferation, migration, and epithelial–mesenchymal transition (EMT). Previous studies have demonstrated that ECM-associated genes can directly influence cell-cycle regulators through integrin-mediated signaling and downstream activation of PI3K/AKT and MAPK pathways (Pickup et al., 2014; Hynes, 2009). Therefore, the co-dysregulation of COL1A1 together with cell-cycle-associated genes such as ANLN and TOP2A may reflect a coordinated oncogenic network linking microenvironmental remodeling with uncontrolled cellular proliferation in both LUAD and LIHC.

The results from the survival analyses indicate that high levels of expression for ANLN, COL1A1 and TOP2A were significantly associated with an adverse outcome regarding overall survival in both LUAD and LIHC patient populations. As previously demonstrated by other investigators; this is consistent with the idea that unregulated cell cycle regulatory proteins, along with those involved in the extracellular matrix contribute to poor clinical outcomes and enhanced aggressive behavior of tumors (Hanahan & Weinberg, 2011). Additionally, the stage dependent increase in gene expression indicates that these three genes likely have roles in development of primary tumor, as well as in progressive stages of cancer disease.

From a clinical perspective, the identification of shared hub genes across LUAD and LIHC may have important implications for biomarker development and targeted therapy design. Genes that are consistently dysregulated across multiple tumor types are more likely to represent fundamental cancer drivers rather than tissue-specific bystanders, and therefore may serve as robust diagnostic or prognostic biomarkers. ANLN, COL1A1, and TOP2A have each been individually associated with tumor aggressiveness and poor clinical outcomes in different malignancies, supporting their potential utility as cross-cancer biomarkers (Wang et al., 2022; Shen et al., 2020; Wong et al., 2009). Moreover, TOP2A in particular represents a clinically actionable target due to the availability of FDA-approved chemotherapeutic agents that directly inhibit its enzymatic activity, highlighting its translational relevance in both LUAD and LIHC management strategies (Nitiss, 2009; Pommier et al., 2016).

Collectively, our current research results show that LUAD and LIHC have common oncogenetic features related to cellular growth, the remodeling of the extracellular matrix, and abnormal regulation of mitosis. Furthermore, we identified three commonly expressed genes (ANLN, COL1A1, and TOP2A) with significant implications for understanding a possible molecular connection between LUAD and LIHC and for developing future use as biomarkers and/or drug targets. However, there is a limitation of this study because it was conducted using an exclusively computational method based upon data sets available through public access. Therefore, other types of validation such as in vitro, in vivo, and clinical experiments will be necessary to determine if the results from this study are biologically relevant and can be translated into new treatment options for patients with either disease. Subsequent studies using combinations of transcriptomics, proteomics, and functional experimental methods will provide

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

greater clarity regarding how each of the three commonly expressed genes may contribute to the mechanisms involved in the development of LUAD and LIHC.

Importantly, the present study extends existing knowledge by systematically integrating independent transcriptomic datasets from two distinct malignancies and prioritizing shared hub genes through network-based analytical approaches. Unlike single-cohort studies, this integrative design enhances the robustness and reproducibility of identified candidate genes, reducing dataset-specific bias and improving biological confidence in the results. In addition, the combined use of differential expression analysis, protein–protein interaction network construction, and functional enrichment provides a multi-layered perspective of tumor biology that strengthens the interpretability of the findings. Collectively, this systems-level approach highlights conserved oncogenic programs that may otherwise remain undetected in cancer-type-specific analyses (Barabási et al., 2011; Szklarczyk et al., 2021).

5. CONCLUSION

In conclusion, this integrative bioinformatics study identified ANLN, COL1A1, and TOP2A as common hub genes shared between LUAD and LIHC through comprehensive analysis of multiple independent transcriptomic datasets, PPI network modeling, and functional enrichment approaches. These genes were consistently associated with key cancer-related biological processes, particularly cell cycle regulation, DNA replication, mitotic progression, and extracellular matrix organization, suggesting that these pathways may represent convergent molecular mechanisms underlying tumor development in both malignancies. The in silico validation results further supported the dysregulated expression patterns of these hub genes, highlighting their potential relevance in tumor biology and clinical progression.

Overall, the findings of this study suggest that LUAD and LIHC, despite arising from distinct tissues, may share common oncogenic regulatory networks. ANLN, COL1A1, and TOP2A may therefore serve as promising candidate biomarkers for further experimental validation and potential therapeutic targeting. However, additional in vitro and in vivo studies are required to confirm their functional roles and to evaluate their clinical applicability in cancer diagnosis, prognosis, and treatment strategies.

ACKNOWLEDGMENT
The present study was supported by the Ataturk University Scientific Research Project Coordination Unit (Grant Number: FBA-2025-16396).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

REFERENCES

Aran, D., Camarda, R., Odegaard, J., Paik, H., Oskotsky, B., Krings, G., Goga, A., Sirota, M., & Butte, A. J. (2017). Comprehensive analysis of normal adjacent to tumor transcriptomes. *Nature communications*, *8*(1), 1077.

Ataş, S., Demir, G., Özkan, M., & Erbaş, O. (2022). Bioinformatics Approaches to Cancer Research. *Journal of Experimental and Basic Medical Sciences*, *3*(3), 246-252.

Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal statistical society: series B (Methodological)*, *57*(1), 289-300.

Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, *74*(3), 229-263.

Burchard, J., Zhang, C., Liu, A. M., Poon, R. T., Lee, N. P., Wong, K. F., Sham, P. C., Lam, B. Y., Ferguson, M. D., Tokiwa, G., Smith, R., Leeson, B., Beard, R., Lamb, J. R., Lim, L., Mao, M., Dai, H., & Luk, J. M. (2010). microRNA-122 as a regulator of mitochondrial metabolic gene network in hepatocellular carcinoma. *Mol Syst Biol*, *6*, 402. https://doi.org/10.1038/msb.2010.58

Ceylan, H. (2021). A bioinformatics approach for identifying potential molecular mechanisms and key genes involved in COVID-19 associated cardiac remodeling. *Gene Rep*, *24*, 101246. https://doi.org/10.1016/j.genrep.2021.101246

Ceylan, H. (2022). Integrated Bioinformatics Analysis to Identify Alternative Therapeutic Targets for Alzheimer's Disease: Insights from a Synaptic Machinery Perspective. *J Mol Neurosci*, *72*(2), 273-286. https://doi.org/10.1007/s12031-021-01893-9

Chandrashekar, D. S., Bashel, B., Balasubramanya, S. A. H., Creighton, C. J., Ponce-Rodriguez, I., Chakravarthi, B. V., & Varambally, S. (2017). UALCAN: a portal for facilitating tumor subgroup gene expression and survival analyses. *Neoplasia*, *19*(8), 649-658.

Chen, J., Bardes, E. E., Aronow, B. J., & Jegga, A. G. (2009). ToppGene Suite for gene list enrichment analysis and candidate gene prioritization. *Nucleic acids research*, *37*(suppl_2), W305-W311.

Dolgalev, I., Zhou, H., Murrell, N., Le, H., Sakellaropoulos, T., Coudray, N., Zhu, K., Vasudevaraja, V., Yeaton, A., Goparaju, C., Li, Y., Sulaiman, I., Tsay, J. J., Meyn, P., Mohamed, H., Sydney, I., Shiomi, T., Ramaswami, S., Narula, N., . . . Tsirigos, A. (2023). Inflammation in the tumor-adjacent lung as a predictor of clinical outcome in lung adenocarcinoma. *Nat Commun*, *14*(1), 6764. https://doi.org/10.1038/s41467-023-42327-x

Edgar, R., Domrachev, M., & Lash, A. E. (2002). Gene Expression Omnibus: NCBI gene expression and hybridization array data repository. *Nucleic acids research*, *30*(1), 207-210.

Gyorffy, B., Surowiak, P., Budczies, J., & Lanczky, A. (2013). Online survival analysis software to assess the prognostic value of biomarkers using transcriptomic data in non-small-cell lung cancer. *PloS One*, *8*(12), e82241. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082241

Isiyel, M., Ceylan, H., & Demir, Y. (2025). Bioinformatics-Based Discovery of Therapeutic Targets in Cadmium-Induced Lung Adenocarcinoma: The Role of Oxyresveratrol. *Biol Trace Elem Res*. https://doi.org/10.1007/s12011-025-04730-x

Li, Q., Ding, C., Cao, M., Yang, F., Yan, X., He, S., Cao, M., Zhang, S., Teng, Y., Tan, N., Wang, J., Xia, C., & Chen, W. (2024). Global epidemiology of liver cancer 2022: An emphasis on geographic disparities. *Chin Med J (Engl)*, *137*(19), 2334-2342. https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000003264

Makowska, Z., Boldanova, T., Adametz, D., Quagliata, L., Vogt, J. E., Dill, M. T., Matter, M. S., Roth, V., Terracciano, L., & Heim, M. H. (2016). Gene expression analysis of biopsy samples reveals critical limitations of transcriptome-based molecular classifications of hepatocellular carcinoma. *J Pathol Clin Res*, *2*(2), 80-92. https://doi.org/10.1002/cjp2.37

Myers, D. J., & Wallen, J. M. (2023). Lung adenocarcinoma. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.

Rumgay, H., Arnold, M., Ferlay, J., Lesi, O., Cabasag, C. J., Vignat, J., Laversanne, M., McGlynn, K. A., & Soerjomataram, I. (2022). Global burden of primary liver cancer in 2020 and predictions to 2040. *Journal of hepatology*, *77*(6), 1598-1606.

Schulze, K., Imbeaud, S., Letouze, E., Alexandrov, L. B., Calderaro, J., Rebouissou, S., Couchy, G., Meiller, C., Shinde, J., Soysouvanh, F., Calatayud, A. L., Pinyol, R., Pelletier, L., Balabaud, C., Laurent, A., Blanc, J. F., Mazzaferro, V., Calvo, F., Villanueva, A., . . . Zucman-Rossi, J. (2015). Exome sequencing of hepatocellular carcinomas identifies new mutational signatures and potential therapeutic targets. *Nat Genet*, *47*(5), 505-511. https://doi.org/10.1038/ng.3252

Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., Amin, N., Schwikowski, B., & Ideker, T. (2003). Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. *Genome Res*, *13*(11), 2498-2504. https://doi.org/10.1101/gr.1239303

Smolarz, B., Łukasiewicz, H., Samulak, D., Piekarska, E., Kołaciński, R., & Romanowicz, H. (2025). Lung Cancer—Epidemiology, Pathogenesis, Treatment and Molecular Aspect (Review of Literature). *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(5), 2049.

Sui, Q., Liang, J., Hu, Z., Chen, Z., Bi, G., Huang, Y., Li, M., Zhan, C., Lin, Z., & Wang, Q. (2020). Genetic and microenvironmental differences in non-smoking lung adenocarcinoma patients compared with smoking patients. *Translational Lung Cancer Research*, *9*(4), 1407.

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin*, *71*(3), 209-249. https://doi.org/10.3322/caac.21660

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Szklarczyk, D., Franceschini, A., Wyder, S., Forslund, K., Heller, D., Huerta-Cepas, J., Simonovic, M., Roth, A., Santos, A., Tsafou, K. P., Kuhn, M., Bork, P., Jensen, L. J., & von Mering, C. (2015). STRING v10: protein-protein interaction networks, integrated over the tree of life. *Nucleic Acids Res*, *43*(Database issue), D447-452. https://doi.org/10.1093/nar/gku1003

Tang, Z., Kang, B., Li, C., Chen, T., & Zhang, Z. (2019). GEPIA2: an enhanced web server for large-scale expression profiling and interactive analysis. *Nucleic acids research*, *47*(W1), W556-W560.

Tosun, H., Karadas, H., & Ceylan, H. (2024). Bioinformatics-based identification of hepatocellular carcinoma-associated hub genes and assessment of the restorative effect of tannic acid in rat liver exposed to monosodium glutamate. *Cancer Medicine*, *13*(12), e7404.

Veneziano, M., Savini, I., Cortellesi, E., Gasperi, V., Gambacurta, A., & Catani, M. V. (2025). Bioinformatics Strategies in Breast Cancer Research. *Biomolecules*, *15*(10), 1409.

Xu, Y., Zhang, L., Thaiparambil, J., Mai, S., Perera, D. N., Zhang, J., Pan, P. Y., Coarfa, C., Ramos, K., Chen, S. H., & El-Zein, R. (2022). Patients with Lung Cancer of Different Racial Backgrounds Harbor Distinct Immune Cell Profiles. *Cancer Res Commun*, *2*(8), 884-893. https://doi.org/10.1158/2767-9764.CRC-22-0057

Zhang, W., Zhu, M., Chen, S., Zhou, C., Meng, M., Yang, Y., Chen, S., & Xu, C. (2025). Identification of biomarkers and potential therapeutic targets of breast cancer using bioinformatics analysis. *Medicine*, *104*(33), e43973.

Zhang, Y., Foreman, O., Wigle, D. A., Kosari, F., Vasmatzis, G., Salisbury, J. L., van Deursen, J., & Galardy, P. J. (2012). USP44 regulates centrosome positioning to prevent aneuploidy and suppress tumorigenesis. *J Clin Invest*, *122*(12), 4362-4374. https://doi.org/10.1172/JCI63084

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TELEMEDICINE IMPLEMENTATION CHALLENGES FOR RURAL ROMANIAN CARDIOVASCULAR PATIENT CARE

Prof. Dr. Andrei Popescu, Maria Ionescu, Dr. Stefan Radu
Faculty of Medicine, University of Bucharest, Romania

ABSTRACT

This study examines the main challenges affecting the implementation of telemedicine for cardiovascular patient care in rural Romania. Although telemedicine has become an increasingly important tool for expanding access to healthcare, its practical use in rural environments remains limited by infrastructural, organizational, and social barriers. The paper focuses on how these barriers influence continuity of care for patients living far from specialized cardiology services and how telemedicine may be adapted to better serve these communities.

The study is based on a review of healthcare policy discussions, telemedicine literature, and rural health access studies. It identifies several key challenges, including weak digital infrastructure, limited availability of trained medical personnel, difficulties in patient digital literacy, and insufficient coordination between local healthcare providers and urban specialist centers. The findings suggest that rural cardiovascular care requires more than technological deployment; it also depends on institutional readiness, trust between patients and providers, and clear referral pathways.

The analysis further indicates that telemedicine can improve monitoring, consultation, and follow-up care when it is integrated into broader primary healthcare systems. However, the effectiveness of telemedicine is reduced when patients are unfamiliar with digital tools or when health institutions lack stable support systems. The study argues that future implementation should prioritize practical training, stronger internet access, patient education, and hybrid care models that combine remote consultation with local clinical support. It concludes that telemedicine has strong potential to improve cardiovascular care in rural Romania, but only if implementation strategies are designed around local realities and long-term healthcare equity.

Key words: telemedicine, rural healthcare, cardiovascular care, Romania, digital health

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MENTAL HEALTH INTERVENTIONS FOR ROMANIAN YOUTH POST-PANDEMIC ANXIETY DISORDERS

Assoc. Prof. Dr. Elena Vasilescu, Ionela Marinescu
Faculty of Psychology and Educational Sciences, Babeș-Bolyai University, Romania

ABSTRACT

This paper explores mental health interventions for Romanian youth experiencing anxiety disorders in the post-pandemic period. The COVID-19 crisis intensified emotional stress, disrupted education, and weakened social interaction, leaving many young people with persistent symptoms of anxiety, uncertainty, and reduced psychological well-being. The study examines how therapeutic, school-based, and community-oriented interventions can support recovery and resilience among adolescents and young adults.

The research is grounded in current literature on youth mental health, post-crisis psychology, and intervention strategies in educational and clinical settings. It identifies the importance of early psychological support, accessible counseling, peer-based programs, and family involvement in addressing anxiety-related difficulties. The findings suggest that post-pandemic mental health care should not rely only on clinical treatment, but also on preventive and socially embedded approaches that reduce stigma and increase help-seeking behavior.

The study also highlights the need for interventions that are culturally responsive and age-appropriate. In Romania, unequal access to mental health services and limited school counseling capacity remain significant concerns. The paper argues that effective support for youth must combine professional therapy with school engagement, digital support tools, and community awareness initiatives. It concludes that post-pandemic anxiety disorders among Romanian youth require an integrated intervention model that strengthens emotional support, improves access to care, and promotes long-term psychological resilience.

Key words: youth mental health, anxiety disorders, post-pandemic recovery, Romania, psychological intervention

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DIABETES MANAGEMENT THROUGH MOBILE HEALTH APPLICATIONS IN INDONESIAN URBAN POPULATIONS

Dr. Sari Wijaya, Budi Santoso, Nyoman Pratiwi, Agus Setiawan
Faculty of Public Health, University of Indonesia, Indonesia

ABSTRACT

This study investigates the role of mobile health applications in diabetes management among urban populations in Indonesia. As diabetes continues to grow as a major public health concern, digital health tools are increasingly viewed as a practical way to support patient self-management, improve access to health information, and strengthen continuity of care. The research examines how mobile applications can assist with monitoring, education, medication adherence, and lifestyle guidance in urban healthcare settings.

The study is based on a review of digital health literature, chronic disease management research, and studies on technology-assisted patient care. It shows that mobile applications can support diabetes management by helping patients track glucose-related behaviors, receive reminders, and communicate more effectively with healthcare providers. The findings also indicate that user engagement depends on simplicity of design, trust in medical information, and compatibility with everyday routines.

The paper further notes that despite the promise of mobile health, barriers remain, including unequal digital access, inconsistent app quality, and varying levels of health literacy. It argues that mobile applications are most effective when they are integrated into broader healthcare systems and supported by professional guidance. In the Indonesian urban context, these tools have strong potential to complement clinic-based care and improve patient empowerment. The study concludes that mobile health applications can make an important contribution to diabetes management if they are designed for usability, reliability, and long-term behavioral support.

Key words: diabetes management, mobile health, urban healthcare, Indonesia, digital patient support

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TRADITIONAL HERBAL MEDICINE INTEGRATION IN INDONESIAN PRIMARY HEALTHCARE SYSTEMS

Prof. Dr. Rina Kusuma
Faculty of Medicine, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

ABSTRACT

This paper examines the integration of traditional herbal medicine into Indonesian primary healthcare systems, where local healing practices continue to play an important role in public health behavior. Indonesia has a long medicinal tradition rooted in community knowledge, plant-based remedies, and culturally embedded treatment systems. The study explores how this tradition can be aligned with contemporary healthcare delivery without compromising safety, quality, or professional accountability.

The research draws on public health literature, integrative medicine studies, and healthcare policy discussions. It identifies traditional herbal medicine as a resource that may support preventive care, symptom management, and patient trust, especially in settings where access to formal medical services remains uneven. The findings indicate that integration is most successful when herbal practices are evaluated through evidence-based frameworks, regulated appropriately, and connected to trained healthcare personnel.

The paper also discusses concerns related to standardization, dosage control, and the need for clinical validation. It argues that primary healthcare systems can benefit from herbal medicine when it is treated as a complementary rather than isolated practice. In Indonesia, this approach may strengthen community participation, preserve cultural knowledge, and broaden access to affordable health options. The study concludes that the responsible integration of traditional herbal medicine requires coordinated policy support, scientific assessment, and respect for local medical heritage.

Key words: traditional medicine, herbal care, primary healthcare, Indonesia, integrative health

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

STEPPE NOMAD LIFESTYLE IMPACTS ON MONGOLIAN ADULT CARDIORESPIRATORY FITNESS LEVELS

Dr. Bat-Erdene Jargalsaikhan, Enkhbayar Tsend
Faculty of Sports Science, National University of Mongolia, Mongolia

ABSTRACT

This study investigates the influence of steppe nomad lifestyle patterns on the cardiorespiratory fitness levels of Mongolian adults. The traditional nomadic way of life, shaped by physical mobility, outdoor labor, and environmental adaptation, may contribute to distinct patterns of fitness and health. The research examines how daily activity, seasonal movement, and pastoral work influence endurance, respiration, and overall physical condition.

The study is based on literature concerning lifestyle medicine, physical fitness, and nomadic adaptation. It highlights the possibility that nomadic routines support sustained movement and functional capacity, while also exposing individuals to environmental stressors that shape physiological adaptation. The findings suggest that lifestyle, work patterns, and ecological context are closely connected in understanding adult fitness in Mongolia.

The paper also considers the transition from nomadic to more settled living patterns, which may affect physical activity and health outcomes. It argues that changes in lifestyle should be studied as part of broader social transformation rather than only as an individual health issue. In Mongolia, preserving healthy movement patterns while adapting to modern life may be important for public health policy. The study concludes that the nomadic lifestyle offers valuable insight into the relationship between environment, activity, and cardiorespiratory health.

Key words: nomadic lifestyle, cardiorespiratory fitness, Mongolia, adult health, physical activity

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TRADITIONAL MONGOLIAN MEDICINE FOR CHRONIC JOINT DISEASES IN GERIATRIC PATIENTS

Assoc. Prof. Dr. Oyundelger Namdavaa, Bolortuya Ganbold, Tungalag Otgonbaatar
Faculty of Traditional Medicine, Mongolian National University of Medical Sciences, Mongolia

ABSTRACT

This study examines the use of traditional Mongolian medicine in the management of chronic joint diseases among geriatric patients. As aging populations increasingly face musculoskeletal pain, stiffness, and reduced mobility, traditional medical systems remain a meaningful part of care-seeking behavior in Mongolia. The paper explores how traditional therapies may contribute to symptom relief, functional support, and improved quality of life in older adults.

The study is grounded in literature on geriatric health, traditional treatment systems, and chronic disease management. It identifies commonly used approaches such as herbal remedies, external therapies, and holistic diagnostic methods as culturally familiar practices that may complement conventional care. The findings suggest that traditional medicine can provide supportive benefits, particularly where chronic symptoms require long-term management rather than immediate cure.

The paper also discusses the need for clinical attention, safety monitoring, and balanced integration with modern healthcare. It argues that traditional Mongolian medicine should be understood within a broader framework of patient-centered geriatric care. In Mongolia, where cultural continuity remains strong, these practices can strengthen trust and support accessibility. The study concludes that traditional medicine may play a valuable role in chronic joint disease care if it is applied responsibly, evaluated carefully, and integrated into holistic health planning for older adults.

Key words: traditional medicine, joint disease, geriatric care, Mongolia, chronic health management

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MATERNAL NUTRITION PROGRAMS ADDRESSING MALNUTRITION IN RURAL PAKISTAN

Prof. Dr. Ayesha Khan, Zainab Rehman, Bilal Ahmed
Faculty of Nutrition Sciences, University of the Punjab, Pakistan

ABSTRACT

This paper investigates maternal nutrition programs designed to address malnutrition in rural Pakistan, where food insecurity, poverty, and limited health access continue to affect women and children. Maternal nutrition is a central determinant of pregnancy outcomes, infant health, and intergenerational well-being, yet rural communities often face structural barriers to adequate dietary support. The study examines how nutrition programs can improve awareness, dietary practices, and maternal health outcomes in underserved areas.

The research is based on public health and nutrition literature as well as development studies on maternal and child health. It highlights the importance of antenatal nutrition education, micronutrient support, local food diversification, and community health outreach. The findings suggest that effective maternal nutrition programs must go beyond supplement distribution and address social determinants such as education, household food access, and gender inequality.

The paper also argues that sustainable nutrition improvement requires culturally appropriate interventions and local participation. In rural Pakistan, women's nutritional needs are often shaped by economic dependency and restricted decision-making power. The study concludes that maternal nutrition programs should be embedded within broader rural development strategies that strengthen healthcare access, food security, and maternal empowerment.

Key words: maternal nutrition, malnutrition, rural Pakistan, public health, women's health

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TELEHEALTH SOLUTIONS FOR PAKISTANI DIABETIC PATIENTS IN REMOTE MOUNTAIN AREAS

Dr. Faisal Malik
Faculty of Health Sciences, Aga Khan University, Pakistan

ABSTRACT

This study explores telehealth solutions for diabetic patients living in remote mountain areas of Pakistan, where geographical isolation and limited healthcare infrastructure restrict regular access to chronic disease management. Diabetes requires consistent monitoring, patient education, and timely clinical support, yet mountainous communities often face long travel distances and uneven availability of healthcare providers. The paper investigates how telehealth can improve continuity of care and reduce access barriers in these settings.

The study draws on literature related to telemedicine, chronic disease management, and rural health access. It identifies telehealth as a potentially effective model for consultation, follow-up, education, and treatment adjustment when in-person care is difficult to sustain. The findings suggest that remote diabetes care is most successful when supported by local health workers, stable communication systems, and user-friendly digital platforms.

The paper also notes that telehealth implementation in mountain areas is constrained by connectivity problems, device limitations, and varying levels of digital literacy. It argues that technology must be adapted to local conditions rather than introduced as a uniform solution. The study concludes that telehealth can meaningfully improve diabetes care in remote Pakistani mountain regions if it is integrated with primary care networks, community support, and practical patient guidance.

Key words: telehealth, diabetes care, remote areas, Pakistan, chronic disease management

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS IN PAKISTANI HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS

Assoc. Prof. Dr. Sana Zubair, Muhammad Irfan, Rabia Nisar, Hina Aslam
Faculty of Medicine, King Edward Medical University, Pakistan

ABSTRACT

This study examines antimicrobial resistance patterns in Pakistani hospital-acquired infections, a growing public health concern that complicates treatment, increases hospital stays, and places pressure on healthcare systems. The spread of resistant organisms in clinical settings reflects broader issues related to antibiotic misuse, infection control practices, and institutional capacity. The research focuses on how resistance patterns shape patient care and clinical decision-making in hospital environments.

The paper is based on a review of clinical microbiology literature, infection control studies, and health systems research. It identifies resistance as a complex problem involving pathogen adaptation, prescribing behavior, and gaps in surveillance. The findings suggest that hospital-acquired infections require ongoing monitoring, strict hygiene protocols, and stronger antibiotic stewardship to limit further spread. Resistance patterns also vary across care settings, which highlights the need for context-specific infection management strategies.

The study further argues that combating antimicrobial resistance is not only a laboratory issue but also a policy and organizational challenge. In Pakistan, hospital systems must strengthen diagnostics, staff training, and reporting practices to improve infection control. The paper concludes that effective responses to antimicrobial resistance depend on coordinated action among clinicians, administrators, and public health authorities. Such coordination is essential for protecting patient safety and preserving the effectiveness of existing antibiotics.

Key words: antimicrobial resistance, hospital-acquired infections, Pakistan, infection control, antibiotic stewardship

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

POST-CONFLICT URBAN REGENERATION STRATEGIES FOR PRISTINA HISTORIC CORE PRESERVATION

Prof. Dr. Arbenita Morina, Liridon Rexhepi, Valbona Gashi
Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Pristina, Kosovo

ABSTRACT

This study explores post-conflict urban regeneration strategies for the preservation of the historic core of Pristina, where rapid transformation, institutional change, and unresolved spatial pressures have shaped the city's contemporary urban condition. In post-conflict settings, historic areas often face overlapping challenges, including physical deterioration, fragmented land use, weak regulatory control, and competing development interests. The research examines how regeneration can support heritage preservation while also improving the livability, functionality, and social value of the urban center.

The study is based on a review of urban regeneration literature, heritage conservation approaches, and planning studies relevant to post-conflict cities. It emphasizes that effective regeneration must go beyond physical renewal and address the cultural meaning of the historic core as a space of collective memory and urban identity. The analysis suggests that conservation-oriented regeneration should combine adaptive reuse, pedestrian-friendly design, public space improvement, and sensitive infill development. Such strategies can strengthen continuity between old and new urban layers without erasing the historic character of the area.

The research also highlights the importance of governance, participation, and long-term planning in preserving historic urban fabric. In Pristina, regeneration policies need to balance market-led pressures with public interest, ensuring that redevelopment does not weaken the social and symbolic value of the city center. The study concludes that a successful approach to historic core preservation requires integrated planning that connects heritage protection with sustainable urban renewal, community engagement, and spatial justice.

Key words: urban regeneration, historic core, heritage preservation, post-conflict city, Pristina

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SUSTAINABLE HOUSING MODELS FOR RURAL KOSOVO MOUNTAIN COMMUNITIES

Assoc. Prof. Dr. Fatmir Gashi, Ermira Hoxha
Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Pristina, Kosovo

ABSTRACT

This paper investigates sustainable housing models for rural mountain communities in Kosovo, where harsh climatic conditions, difficult terrain, and limited infrastructure create ongoing housing challenges. Rural settlements in mountainous areas often rely on housing types that are not fully adapted to contemporary energy, safety, and comfort requirements. The study examines how sustainable design principles can improve housing quality while remaining compatible with local construction traditions and economic realities.

The research draws on sustainable architecture literature, rural development studies, and mountain housing design approaches. It focuses on key concerns such as thermal performance, material efficiency, environmental adaptability, and spatial flexibility. The findings suggest that sustainable housing in Kosovo's mountain regions should rely on locally available materials, passive climate-responsive design, and forms that reduce energy demand while preserving vernacular identity. The study also emphasizes that housing solutions must be affordable and maintainable by local communities.

The paper argues that rural housing policy should not treat mountain areas as peripheral, but as active spatial environments requiring tailored architectural responses. In Kosovo, sustainable housing can contribute to stronger settlement resilience, improved living standards, and reduced outmigration from remote areas. The study concludes that housing models for mountain communities should integrate ecological responsibility with social practicality, creating dwellings that are durable, efficient, and culturally appropriate.

Key words: sustainable housing, mountain communities, rural Kosovo, vernacular design, climate-responsive architecture

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CLIMATE-RESILIENT PYRAMID COMPLEXES RESTORATION IN GIZA ARCHAEOLOGICAL ZONES

Dr. Ahmed El-Sayed, Fatma Khalil, Omar Zahran, Nadia Salem
Faculty of Archaeology, Cairo University, Egypt

ABSTRACT

This study examines climate-resilient restoration strategies for pyramid complexes in the Giza archaeological zones, where rising temperatures, environmental stress, and urban encroachment threaten one of the world's most significant heritage landscapes. The restoration of monumental heritage in such a sensitive context requires an approach that protects archaeological integrity while responding to contemporary climate pressures. The research investigates how conservation methods can support the long-term resilience of pyramid surroundings and associated structures.

The study is based on heritage conservation literature, archaeological preservation studies, and climate adaptation frameworks. It highlights the importance of material compatibility, moisture control, landscape protection, and preventive conservation in the restoration process. The findings indicate that climate-resilient restoration should address not only the monuments themselves but also the environmental conditions that shape their preservation. This includes controlling surface deterioration, managing visitor pressure, and reducing the effects of surrounding urban development.

The paper also stresses the need for interdisciplinary cooperation between archaeologists, conservators, architects, and environmental specialists. In Giza, restoration must be understood as a long-term strategy rather than a one-time intervention. The study concludes that climate-resilient heritage management can help preserve the symbolic, historical, and scientific value of the pyramid complexes while strengthening their protection against future environmental risks.

Key words: heritage restoration, climate resilience, Giza pyramids, archaeological conservation, environmental protection

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

VERNACULAR ARCHITECTURE ADAPTATIONS FOR CAIRO INFORMAL SETTLEMENT UPGRADES

Prof. Dr. Karim Abdel-Moneim, Sara Hassan
Faculty of Engineering, Ain Shams University, Egypt

ABSTRACT

This paper explores the adaptation of vernacular architecture principles for the upgrading of informal settlements in Cairo. Informal neighborhoods in the city have expanded rapidly, often without sufficient infrastructure, public services, or formal planning. In this context, the study examines how local architectural traditions can inform more appropriate, culturally grounded, and socially responsive improvement strategies.

The research draws on vernacular architecture studies, urban upgrading literature, and housing adaptation approaches. It argues that local building forms, materials, and spatial practices contain valuable knowledge for settlement improvement, particularly in environments where residents depend on incremental self-construction. The analysis suggests that upgrading should not impose rigid design models, but instead build upon existing patterns of use, climatic adaptation, and social organization. This perspective can improve acceptance, affordability, and long-term sustainability.

The paper also emphasizes that informal settlement upgrading should address both physical conditions and social needs. In Cairo, architecture that responds to community practices can support better ventilation, shading, privacy, and incremental growth. The study concludes that vernacular adaptation provides a useful framework for upgrading informal areas in a way that is more humane, practical, and context-sensitive than conventional top-down interventions.

Key words: vernacular architecture, informal settlements, Cairo, housing upgrade, urban adaptation

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NOMADIC YURT MODERNIZATION FOR MONGOLIAN STEPPE CLIMATE CHALLENGES

Dr. Bat-Erdene Tuvshin, Enkhbayar Ganzorig, Assis. Prof. Dr. Oyundelger Batjargal, Naranbaatar Sodnom
Faculty of Architecture and Design, Mongolian University of Science and Technology, Mongolia

ABSTRACT
This study investigates the modernization of the nomadic yurt as a housing response to climate challenges in the Mongolian steppe. The traditional yurt has long provided mobility, thermal adaptability, and cultural continuity for nomadic life, but changing climatic conditions and evolving lifestyles have created new demands for comfort, durability, and energy efficiency. The research examines how yurt modernization can preserve heritage while improving environmental performance.

The paper is based on a review of vernacular housing literature, climate-responsive design studies, and nomadic settlement research. It focuses on insulation, ventilation, structural flexibility, and material innovation as key elements in updating the yurt for contemporary use. The analysis suggests that modernization should respect the spatial logic and symbolic meaning of the yurt while introducing improvements that strengthen resilience against severe weather and seasonal variation. This approach can help maintain cultural identity without sacrificing practical performance.

The study also notes that modern interventions must remain portable and affordable, since mobility remains a defining feature of nomadic life. In Mongolia, the yurt continues to represent both dwelling and cultural expression, and its adaptation must therefore balance function, tradition, and ecological responsibility. The paper concludes that yurt modernization offers an important model for climate-adaptive housing rooted in indigenous knowledge and sustainable design.

Key words: nomadic yurt, climate adaptation, Mongolian steppe, vernacular housing, sustainable design

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

URBAN EXPANSION PLANNING IN ULAN BATOR GER DISTRICT SUSTAINABILITY

Assoc. Prof. Dr. Jargalsaikhan Tsedensodnom
Faculty of Urban Planning, National University of Mongolia, Mongolia

ABSTRACT

This paper examines urban expansion planning in relation to the sustainability of Ulan Bator's ger districts, where rapid city growth has produced severe challenges in housing, infrastructure, air quality, and access to services. Ger districts have become a defining feature of the capital's urban form, yet they remain under-served by formal planning systems. The study investigates how expansion strategies can support more sustainable settlement development while addressing the needs of existing residents.

The research draws on urban planning literature, sustainable settlement studies, and informal urbanization research. It highlights the importance of land management, infrastructure provision, transport access, and public service integration in improving ger district conditions. The findings suggest that sustainable expansion should prioritize compact growth, service connectivity, and gradual upgrading rather than uncontrolled outward spread. It also emphasizes the need to link planning with social inclusion so that redevelopment does not displace vulnerable households.

The study argues that Ulan Bator's future depends on a balanced planning approach that combines environmental responsibility with spatial equity. Ger district sustainability cannot be achieved through physical infrastructure alone; it also requires institutional coordination and long-term planning vision. The paper concludes that urban expansion must be guided by strategies that improve livability, reduce ecological pressure, and strengthen the resilience of Mongolia's rapidly growing capital.

Key words: urban expansion, ger districts, Ulan Bator, sustainability, settlement planning

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EARTHQUAKE-RESISTANT BAMBOO STRUCTURES FOR PHILIPPINE TROPICAL CYCLONE ZONES

Prof. Dr. Roberto Villanueva, Luz Fernandez, Miguel Santos
Faculty of Civil Engineering, University of the Philippines Diliman, Philippines

ABSTRACT

This study explores earthquake-resistant bamboo structures for tropical cyclone zones in the Philippines, where multiple hazards create a constant challenge for housing safety. Bamboo remains an important local material because of its availability, low environmental impact, and cultural familiarity. The research investigates how bamboo can be used in structural systems that respond to seismic forces while also performing well under strong winds and heavy rainfall.

The paper reviews literature on bamboo construction, disaster-resilient housing, and vernacular engineering. It highlights the material's flexibility, lightness, and renewable character as major advantages in hazard-prone environments. The analysis suggests that proper joining methods, structural bracing, roof anchoring, and foundation detailing are essential to improving performance. The study also emphasizes that bamboo design must be adapted to local construction skills and maintenance conditions if it is to be widely adopted.

The findings indicate that bamboo structures can offer a practical and sustainable alternative for rural and peri-urban housing in the Philippines. Their success depends on technical guidance, standardization, and public confidence in the material. The paper concludes that earthquake-resistant bamboo construction can contribute to safer and more sustainable housing in cyclone-exposed regions, while supporting low-carbon building strategies and local resource use.

Key words: bamboo structures, earthquake resistance, tropical cyclones, Philippines, sustainable housing

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

HERITAGE CONSERVATION FRAMEWORKS FOR INTRAMUROS MANILA POST-COLONIAL RECONSTRUCTION

Dr. Elena Cruz, Assoc. Prof. Dr. Paolo Reyes, Ana Torres
Faculty of Architecture and Fine Arts, University of Santo Tomas, Philippines

ABSTRACT

This paper examines heritage conservation frameworks for the post-colonial reconstruction of Intramuros Manila, focusing on the relationship between memory, identity, and urban restoration. As a historic district marked by colonial history, war damage, and later reconstruction, Intramuros presents a unique case for understanding how conservation can support both historical continuity and contemporary urban use. The study explores how heritage frameworks can guide reconstruction without reducing the district to a static monument.

The research draws on heritage studies, post-colonial urban theory, and conservation planning literature. It emphasizes the importance of authenticity, adaptive reuse, interpretive design, and public access in shaping sustainable heritage management. The findings suggest that conservation in Intramuros should not only protect physical remnants but also maintain the cultural narratives embedded in the district's spaces. This requires a framework that recognizes layered history and promotes sensitive intervention.

The study also argues that post-colonial reconstruction must respond to public memory and present-day urban needs at the same time. In Manila, conservation can strengthen cultural identity, tourism, and civic education if it is guided by inclusive and context-aware planning. The paper concludes that heritage conservation frameworks should support a living historic environment where preservation, interpretation, and urban function coexist productively.

Key words: heritage conservation, Intramuros, post-colonial reconstruction, Manila, cultural memory

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

OASTAL RESORT ARCHITECTURE INCORPORATING SUSTAINABLE FILIPINO MATERIALS

Maria Lopez, Ramon Dela Cruz, Sofia Garcia
Faculty of Architecture, University of San Carlos, Philippines

ABSTRACT

This study investigates coastal resort architecture that incorporates sustainable Filipino materials, with attention to environmental performance, cultural expression, and tourism development. Coastal resorts in the Philippines operate in highly sensitive ecological settings, where architecture must respond to heat, humidity, storms, and changing landscape conditions. The research examines how locally grounded materials can contribute to resilient and place-specific resort design.

The paper draws on sustainable architecture literature, tropical design strategies, and material culture studies. It highlights bamboo, coconut wood, nipa, indigenous stone, and other local materials as elements that can support both ecological responsiveness and architectural identity. The findings suggest that resort design becomes more sustainable when it works with local craft traditions, climatic conditions, and regional aesthetics rather than relying exclusively on imported building systems. Such an approach can reduce environmental impact while enriching the visitor experience.

The study also considers the economic and cultural value of using Filipino materials in coastal tourism projects. It argues that sustainable resort architecture should create a balance between comfort, durability, and locality. The paper concludes that material choice is not simply a technical matter but a central aspect of responsible coastal development, enabling tourism architecture that is both environmentally sensitive and culturally meaningful.

Key words: coastal resort architecture, sustainable materials, Filipino design, tropical climate, tourism development

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

VERTICAL FARMING INTEGRATION IN METRO MANILA HIGH-DENSITY URBAN FABRIC

Dr. Theresa Lim, Victor Tan, Assoc. Prof. Dr. Carla Mendoza, Jose Navarro
Faculty of Architecture and Urban Studies, University of the Philippines Diliman, Philippines

ABSTRACT

This paper explores the integration of vertical farming into the high-density urban fabric of Metro Manila, where land scarcity, food insecurity, and environmental pressure have created a need for innovative urban production systems. Vertical farming offers a way to introduce agricultural functions into dense metropolitan areas without requiring large tracts of land. The study examines how this model can support local food production while also contributing to urban sustainability.

The research is based on a review of urban agriculture studies, food system planning, and high-density city design. It highlights the advantages of vertical farming in terms of land efficiency, controlled growing conditions, resource recycling, and proximity to consumers. The analysis suggests that such systems can help reduce supply chain dependence and improve urban resilience, especially in cities vulnerable to congestion and climate uncertainty. The findings also point to the importance of building integration, energy planning, and operational feasibility.

The study argues that vertical farming should be seen as part of a broader urban strategy rather than as an isolated technological novelty. In Metro Manila, successful integration requires coordination between planning, architecture, and food policy. The paper concludes that vertical farming can become an important component of sustainable urban development if it is adapted to local spatial conditions and supported by enabling policy frameworks.

Key words: vertical farming, Metro Manila, urban agriculture, high-density planning, food security

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MATERNAL MENTAL HEALTH SCREENING PROTOCOLS DURING PREGNANCY IN RURAL IRANIAN COMMUNITIES

Prof. Dr. Zahra Hosseini, Dr. Mina Karimi, Fatemeh Rezaei
Faculty of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences, Iran

ABSTRACT

This study examines maternal mental health screening protocols during pregnancy in rural Iranian communities, where access to psychological care and early detection services remains limited. Pregnancy is a critical period in which emotional distress, anxiety, and depressive symptoms can influence both maternal wellbeing and fetal outcomes. In rural settings, these concerns are often intensified by social isolation, transportation barriers, economic pressure, and limited continuity of prenatal care. The study therefore explores how effective screening protocols can strengthen maternal health services and improve early intervention pathways.

The research is based on a review of midwifery practice literature, maternal health policy discussions, and community-based care approaches relevant to rural Iran. It highlights the importance of routine psychosocial screening during antenatal visits, culturally sensitive communication, referral systems, and cooperation between midwives, primary care providers, and mental health professionals. The findings suggest that screening is most effective when it is integrated into standard prenatal care rather than treated as a separate or optional service. This integrated approach can help identify women at risk of depression, anxiety, or stress-related complications before symptoms become more severe.

The study also emphasizes the need for trust-building, privacy, and culturally appropriate questioning in rural contexts, where stigma may prevent women from expressing emotional difficulties openly. It argues that training midwives to recognize early warning signs and respond with empathy is essential for improving maternal outcomes. The paper concludes that maternal mental health screening in rural Iran should be strengthened through accessible protocols, professional education, and community-sensitive care models that support both prevention and timely referral.

Key words: maternal mental health, pregnancy screening, rural health, midwifery care, Iran

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT NURSE TRAINING MODELS FOR PRETERM INFANT CARE IN TEHRAN

Assoc. Prof. Dr. Ali Tavakoli, Soraya Mahmoudi
Faculty of Nursing, Iran University of Medical Sciences, Iran

ABSTRACT

This study explores nurse training models for preterm infant care in neonatal intensive care units in Tehran, where the growing complexity of neonatal services requires highly specialized nursing competence. Preterm infants are especially vulnerable to respiratory distress, infection, feeding difficulties, and developmental complications, making skilled nursing care essential for survival and long-term wellbeing. The research examines how structured training models can improve clinical performance, decision-making, and family-centered care in intensive neonatal settings.

The paper draws on neonatal nursing literature, clinical education approaches, and intensive care workforce development studies. It identifies key training priorities such as thermal regulation, infection prevention, respiratory support, feeding management, developmental care, and communication with parents. The findings suggest that effective nurse training should combine theoretical instruction, simulation-based learning, supervised bedside practice, and continuous professional development. Such an approach helps nurses respond more confidently to the needs of preterm infants while maintaining safety and consistency in care.

The study also emphasizes the importance of emotional support, teamwork, and interdisciplinary coordination in neonatal care environments. It argues that training models should not focus only on technical procedures but also on clinical judgment, ethical sensitivity, and parental involvement. In Tehran's intensive care units, strengthening nurse education can improve care quality and reduce stress among both staff and families. The paper concludes that comprehensive training models are essential for building a more resilient and competent neonatal nursing workforce capable of meeting the demands of modern preterm infant care.

Key words: neonatal intensive care, preterm infant care, nurse training, Tehran, clinical education

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

POSTPARTUM HEMORRHAGE PREVENTION STRATEGIES IN MIDWIFERY PRACTICE ACROSS GREEK ISLANDS

Dr. Eleni Papadopoulos, Maria Antoniou, Nikos Karamanlis
Faculty of Health Sciences, University of the Aegean, Greece

ABSTRACT

This study investigates postpartum hemorrhage prevention strategies in midwifery practice across the Greek islands, where geographic isolation and uneven access to emergency care make maternal safety especially important. Postpartum hemorrhage remains one of the major causes of maternal complications, and in island settings timely prevention is essential because referral options may be limited. The study explores how midwives can contribute to early risk recognition, preparedness, and effective intervention in local maternity care contexts.

The research is based on midwifery literature, maternal health guidelines, and rural and island healthcare studies. It emphasizes the importance of antenatal risk assessment, active management of the third stage of labor, careful monitoring after delivery, and rapid response protocols. The findings suggest that prevention is most effective when midwives are well trained, emergency supplies are available, and referral pathways are clearly organized. The study also highlights the value of standardized protocols that can be adapted to the realities of small hospitals and community birth settings.

The paper argues that postpartum hemorrhage prevention should be viewed as a collaborative process involving midwives, physicians, emergency transport services, and local health authorities. In the Greek islands, strengthening midwifery practice can improve maternal safety while reducing avoidable delays in treatment. The study concludes that context-sensitive prevention strategies, continuous training, and coordinated emergency planning are essential for protecting maternal health in geographically dispersed healthcare systems.

Key words: postpartum hemorrhage, midwifery practice, maternal safety, Greek islands, emergency care

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TELEHEALTH INTEGRATION IN GREEK RURAL MIDWIFERY FOR HIGH-RISK PREGNANCY MONITORING

Prof. Dr. Sophia Stavrakis, Dimitri Lazos
Faculty of Medicine, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

ABSTRACT

This paper examines the integration of telehealth into rural midwifery services in Greece, focusing on the monitoring of high-risk pregnancies. Rural and island communities often face barriers such as distance, limited specialist access, and delayed referrals, which can affect maternal and fetal outcomes. Telehealth offers an opportunity to strengthen continuity of care by enabling remote consultation, timely assessment, and better communication between midwives, physicians, and pregnant women.

The study reviews telehealth literature, maternal care models, and digital health strategies relevant to rural obstetric services. It identifies major functions of telehealth in midwifery, including symptom monitoring, prenatal consultation, risk screening, patient education, and referral coordination. The findings suggest that telehealth is most beneficial when it supports rather than replaces face-to-face care and when it is integrated into existing healthcare systems. This approach can improve access while maintaining professional oversight.

The study also notes that successful telehealth implementation depends on digital literacy, privacy protection, infrastructure, and trust between patients and providers. It argues that midwives play a central role in ensuring that remote care remains personalized and responsive to local needs. In the Greek rural context, telehealth can reduce isolation and improve the management of pregnancies requiring closer observation. The paper concludes that telehealth integration represents a practical and sustainable way to enhance midwifery care and maternal monitoring in underserved areas.

Key words: telehealth, midwifery, high-risk pregnancy, rural healthcare, Greece

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

EBELİK EDUCATION REFORMS FOR CULTURAL COMPETENCY IN MULTIETHNIC KAZAKHSTAN COMMUNITIES

Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova, Yerzhan Abayev
Faculty of Public Health, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

ABSTRACT

This study explores reforms in midwifery education aimed at strengthening cultural competency in multiethnic communities across Kazakhstan. As the country's population includes diverse linguistic, cultural, and social groups, maternal care must be responsive to varying beliefs, communication styles, and health expectations. The research examines how midwifery curricula can be adapted to prepare future professionals for culturally sensitive practice in both urban and rural contexts.

The paper is based on a review of health education literature, intercultural care frameworks, and maternal health policy discussions. It identifies key components of culturally competent midwifery education, including communication skills, respect for traditional beliefs, awareness of minority needs, ethical care, and patient-centered decision-making. The findings suggest that education reforms are most effective when cultural knowledge is integrated into both classroom teaching and clinical training. This helps midwives build trust and provide care that is both professional and socially responsive.

The study also emphasizes the importance of reflective practice, community engagement, and interprofessional learning. It argues that midwifery education should prepare graduates not only to deliver clinical care but also to navigate cultural differences with sensitivity and confidence. In Kazakhstan, such reforms can improve the quality of maternal services and support equitable access to care across diverse populations. The paper concludes that cultural competency should be treated as a core educational principle in modern midwifery training.

Key words: midwifery education, cultural competency, multiethnic communities, Kazakhstan, maternal care

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

PAIN MANAGEMENT PROTOCOLS IN POSTOPERATIVE CARE FOR KAZAKHSTANI SURGICAL PATIENTS

Dr. Dana Kairatova, Nursultan Bekbolatov, Aidana Sarsenbayeva, Ruslan Zhumatov
Faculty of Nursing and Rehabilitation, Semey Medical University, Kazakhstan

ABSTRACT

This study investigates pain management protocols in postoperative care for surgical patients in Kazakhstan, where effective recovery depends on timely and patient-centered pain control. Postoperative pain influences mobility, healing, satisfaction, and the risk of complications, yet it is often inadequately managed due to inconsistent assessment or limited protocol standardization. The research explores how structured pain management can improve recovery outcomes and strengthen nursing practice in surgical settings.

The paper reviews surgical nursing literature, postoperative care models, and evidence-based pain management approaches. It highlights the importance of systematic pain assessment, individualized medication planning, non-pharmacological support, and continuous monitoring after surgery. The findings suggest that protocols are most effective when they combine clinical assessment with patient communication and when nurses are trained to respond quickly to changing pain levels. The study also considers the role of multidisciplinary collaboration in coordinating analgesic treatment and discharge planning.

The research argues that pain management should be treated as an essential part of postoperative quality care rather than a secondary concern. In Kazakhstan, improved protocols can reduce patient distress, support earlier mobilization, and lower the risk of prolonged hospitalization. The paper concludes that standardized and flexible pain management strategies are necessary for delivering safe, humane, and efficient postoperative care in surgical wards.

Key words: pain management, postoperative care, surgical patients, Kazakhstan, nursing protocols

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

COMMUNITY MIDWIFERY MODELS ADDRESSING MATERNAL MORTALITY IN LAO HIGHLAND VILLAGES

Prof. Dr. Somsack Phommachanh, Keo Vongphachanh
Faculty of Nursing and Midwifery, National University of Laos, Laos

ABSTRACT

This study examines community midwifery models designed to address maternal mortality in Lao highland villages, where geographical isolation and limited healthcare access continue to challenge safe childbirth. Women in remote communities often experience delayed prenatal care, inadequate referral systems, and reduced access to skilled birth attendance. The research investigates how community-based midwifery can reduce these risks by bringing maternal services closer to rural populations.

The paper is based on maternal health literature, community care models, and rural public health studies. It emphasizes the value of locally trained midwives, village health cooperation, culturally appropriate birth support, and early danger sign recognition. The findings suggest that community midwifery is effective when it is embedded in local networks and supported by referral pathways to higher-level facilities. This approach helps improve trust, accessibility, and continuity of care for women who may otherwise remain underserved.

The study argues that reducing maternal mortality in highland areas requires more than clinical intervention; it also requires community participation, transport support, and sustained education. In Lao villages, midwifery models that combine technical competence with local engagement are particularly promising. The paper concludes that strengthening community midwifery can play a central role in improving maternal survival and promoting health equity in geographically marginalized regions.

Key words: community midwifery, maternal mortality, Lao highlands, rural health, safe childbirth

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NURSE-LED CHRONIC DISEASE MANAGEMENT PROGRAMS FOR DIABETIC PATIENTS IN VIENTIANE

Dr. Vilayphone Sysoutham, Bounthavi Chaleunvong, Sengphet Houngboungpang
Faculty of Nursing, University of Health Sciences, Laos

ABSTRACT

This study investigates nurse-led chronic disease management programs for diabetic patients in Vientiane, where the growing burden of non-communicable disease requires more organized and accessible care. Diabetes management depends on regular monitoring, patient education, medication adherence, and lifestyle support, yet these services are often fragmented in busy urban health systems. The research explores how nurse-led programs can improve continuity of care and strengthen self-management among patients.

The paper draws on chronic disease management literature, nursing care models, and primary healthcare studies. It focuses on patient follow-up, blood glucose monitoring, dietary counseling, physical activity guidance, and referral coordination as key components of effective diabetes care. The findings suggest that nurse-led programs are especially valuable because nurses can provide ongoing contact, practical education, and individualized support. This helps patients better understand their condition and maintain healthier routines over time.

The study also highlights the importance of communication, trust, and community-based outreach in chronic disease management. It argues that nurses can serve as central coordinators in diabetes care when they are given adequate training and institutional support. In Vientiane, such programs can reduce complications and improve the quality of life of people living with diabetes. The paper concludes that nurse-led care offers a sustainable and patient-centered approach to chronic disease management in urban health settings.

Key words: nurse-led care, diabetes management, chronic disease, Vientiane, patient education

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

PEDIATRIC NURSING INTERVENTIONS FOR MALNUTRITION IN LAO RURAL SCHOOL SETTINGS

Assoc. Prof. Dr. Phonephat Mounsaveng, Khammy Phommavong, Sisouphanh Vongxay
Faculty of Nursing, National University of Laos, Laos

ABSTRACT

This study examines pediatric nursing interventions for malnutrition in rural school settings in Laos, where children in remote communities remain vulnerable to poor nutrition, growth delay, and related health problems. Malnutrition affects physical development, learning capacity, and long-term wellbeing, making school-based health interventions an important part of child welfare strategies. The research explores how nursing practices can support early detection, health education, and referral in rural educational environments.

The paper reviews pediatric nursing literature, school health approaches, and child nutrition studies. It identifies key intervention areas including nutritional screening, growth monitoring, parent education, healthy meal promotion, and collaboration with teachers and local health workers. The findings suggest that school-based nursing interventions are most effective when they are regular, culturally acceptable, and linked to community resources. Such programs help identify children at risk earlier and support more timely responses.

The study also argues that malnutrition should be addressed through a broader view of child health that includes family circumstances, access to food, and local health awareness. In rural Lao schools, nurses can play a vital role in connecting children to care while also promoting preventive health education. The paper concludes that pediatric nursing interventions offer a practical way to strengthen child nutrition, support educational participation, and improve health equity in rural communities.

Key words: pediatric nursing, malnutrition, rural schools, Laos, child health

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MITOCHONDRIAL DNA MUTATIONS ASSOCIATED WITH METABOLIC DISORDERS IN IRANIAN POPULATIONS

Assoc. Prof. Dr. Soraya Mahmoudi
Faculty of Medical Sciences, University of Tehran, Iran

ABSTRACT

This study examines the relationship between mitochondrial DNA mutations and metabolic disorders in Iranian populations, with particular attention to how inherited variation may influence susceptibility to complex metabolic conditions. Mitochondrial function plays a central role in cellular energy production, oxidative balance, and metabolic regulation, making it an important focus in the study of disorders such as diabetes, obesity, and related syndromes. The research reviews current molecular literature on mitochondrial genome alterations and their potential contribution to disease development in different population groups.

The analysis emphasizes that mitochondrial mutations may affect energy metabolism through disrupted respiratory chain activity, altered oxidative stress response, and impaired cellular signaling. In the Iranian context, genetic background, family history, and environmental factors may interact in ways that shape disease risk and clinical variability. The study also highlights the importance of understanding mitochondrial inheritance patterns, since these mutations are transmitted maternally and may therefore influence multiple generations within the same family line.

The paper argues that mitochondrial genetic research can contribute to early diagnosis, risk assessment, and personalized approaches to prevention and treatment. It also shows that the study of population-specific variants is essential for identifying local disease mechanisms rather than relying only on generalized models from other regions. The findings support the view that mitochondrial DNA analysis should be integrated into broader biomedical research on metabolic disorders in Iran. This approach can strengthen both clinical understanding and public health planning while contributing to the development of precision medicine strategies.

Key words: mitochondrial DNA, metabolic disorders, Iranian populations, genetic variation, precision medicine

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ANTIOXIDANT PROPERTIES AND GENE EXPRESSION PROFILES OF PAKISTANI MEDICINAL HERBS UNDER DROUGHT STRESS

Dr. Ayesha Khan, Bilal Ahmed, Sana Malik, Vikram Joshi
Faculty of Biological Sciences, University of Punjab, Pakistan

ABSTRACT

This study explores the antioxidant properties and gene expression profiles of Pakistani medicinal herbs under drought stress, focusing on how environmental pressure influences the production of bioactive compounds. Medicinal plants often respond to water deficiency by activating protective biochemical pathways that enhance survival and alter secondary metabolite synthesis. In this context, the research examines how drought conditions affect antioxidant capacity and stress-related gene regulation in selected native herbal species.

The study draws on plant physiological and molecular research to analyze the relationship between drought stress, oxidative defense, and phytochemical accumulation. It highlights the role of antioxidant enzymes, phenolic compounds, and stress-responsive genes in helping plants adapt to adverse environmental conditions. The findings suggest that drought stress may stimulate the production of compounds with therapeutic potential, making these herbs valuable not only for traditional medicine but also for pharmaceutical and nutraceutical applications.

The paper also emphasizes the importance of preserving native medicinal flora in Pakistan, where climatic variability may affect both biodiversity and the quality of herbal resources. It argues that understanding gene expression responses can support better cultivation strategies and improve the sustainable use of medicinal plants. The study concludes that drought-induced biochemical changes should be seen as both a plant adaptation mechanism and a source of potential bioactive value for human use.

Key words: medicinal herbs, drought stress, antioxidant activity, gene expression, Pakistan

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CRISPR-CAS9 GENE EDITING FOR RICE BLAST RESISTANCE IN PAKISTANI VARIETIES

Prof. Dr. Imran Rehman, Kavya Nair
Faculty of Agricultural Sciences, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan

ABSTRACT

This study investigates the use of CRISPR-Cas9 gene editing for improving rice blast resistance in Pakistani rice varieties. Rice blast remains one of the most serious constraints on rice productivity, affecting food security and agricultural sustainability. The research explores how genome editing can be used to target susceptibility-related genes and strengthen plant defense responses without compromising agronomic performance or grain quality.

The paper is based on recent advances in molecular breeding, plant pathology, and crop biotechnology. It explains the potential of CRISPR-Cas9 as a precise and efficient tool for developing disease-resistant cultivars compared with conventional breeding approaches. The study emphasizes that gene editing offers a faster route to resistance improvement, particularly in local varieties that are valued for their adaptation to regional growing conditions. It also discusses the broader implications of biotechnology for reducing reliance on chemical control and improving sustainable crop production.

The findings indicate that genome editing can support the development of rice varieties with stronger resistance mechanisms and better field performance under disease pressure. The study further argues that successful adoption depends on biosafety regulation, farmer acceptance, and integration with national breeding strategies. It concludes that CRISPR-Cas9 has significant promise for advancing rice improvement in Pakistan, especially when combined with local germplasm and long-term agricultural policy support.

Key words: CRISPR-Cas9, rice blast resistance, gene editing, Pakistani varieties, crop biotechnology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

PROTEOMIC ANALYSIS OF TAJIKISTANI HIGH-ALTITUDE PLANT ADAPTATIONS TO HYPOXIA

Dr. Gulnora Rahmonova, Yerzhan Tolegenov
Faculty of Biology, Tajik National University, Tajikistan

ABSTRACT

This study examines the proteomic adaptations of high-altitude plants in Tajikistan to hypoxic environmental conditions. Mountain ecosystems expose plants to low oxygen availability, intense radiation, and temperature fluctuations, requiring specialized physiological responses for survival. The research investigates how protein expression patterns change in response to hypoxia and how these changes support adaptation in alpine plant species native to the Pamir region.

The study is grounded in plant stress biology and proteomics literature. It highlights the role of metabolic adjustment, antioxidant defense, and energy conservation pathways in helping plants tolerate oxygen limitation. The analysis suggests that hypoxia triggers changes in proteins associated with respiration, stress signaling, and cellular repair, thereby allowing plants to maintain growth in difficult environments. These findings contribute to a broader understanding of mountain ecology and plant resilience.

The paper also emphasizes the scientific value of studying endemic high-altitude flora, which may contain unique adaptation mechanisms with potential implications for agricultural science and biotechnology. It argues that proteomic profiling can reveal functional traits that are not visible through morphological observation alone. The study concludes that Tajikistan's high-altitude plants provide an important model for understanding environmental adaptation and for exploring the molecular basis of survival in extreme habitats.

Key words: proteomics, high-altitude plants, hypoxia adaptation, Tajikistan, plant stress biology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MICROBIAL BIOFILM FORMATION MECHANISMS IN TAJIK PAMIR LAKE ECOSYSTEMS

Assoc. Prof. Dr. Farrukh Saidov, Aidana Kurmangaliyeva
Faculty of Environmental Sciences, Tajik State University, Tajikistan

ABSTRACT

This research investigates microbial biofilm formation mechanisms in Tajik Pamir lake ecosystems, where extreme altitude, low temperatures, and limited nutrients create highly specialized microbial habitats. Biofilms are important ecological structures that allow microorganisms to survive environmental stress, exchange nutrients, and maintain stable communities in harsh aquatic settings. The study explores the biological and environmental factors that shape biofilm development in these remote lake systems.

The paper draws on microbiological and ecological literature to examine attachment processes, extracellular matrix production, and community organization within biofilms. It emphasizes that biofilm formation is influenced by water chemistry, temperature variation, mineral composition, and microbial interaction. The findings indicate that these systems are not simple microbial accumulations but complex communities that support ecological resilience and nutrient cycling. Such communities may also serve as indicators of environmental change in sensitive mountain lake ecosystems.

The study argues that biofilm research in the Pamir region can contribute to a deeper understanding of microbial adaptation in extreme environments. It also has relevance for water ecology, biodiversity conservation, and the study of microbial survival strategies under climate pressure. The paper concludes that Tajik Pamir lakes offer a valuable natural laboratory for investigating biofilm dynamics and their role in maintaining ecological balance in high-altitude freshwater systems.

Key words: microbial biofilms, Pamir lakes, high-altitude ecology, Tajikistan, microbial adaptation

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

LIPID METABOLISM DISRUPTIONS IN MOLDAVIAN WINE YEAST STRAINS UNDER ETHANOL STRESS

Prof. Dr. Ion Cebanu, Maria Popescu
Faculty of Biotechnology, Technical University of Moldova, Moldova

ABSTRACT

This study examines lipid metabolism disruptions in Moldavian wine yeast strains under ethanol stress, with a focus on how fermentation conditions affect cellular stability and metabolic regulation. Ethanol is one of the most significant stress factors in wine production, influencing membrane integrity, lipid composition, and yeast survival. The research explores the biochemical responses of local wine yeasts to these conditions and their implications for fermentation performance.

The paper is based on fermentation biology and microbial biochemistry research. It highlights the importance of membrane lipid remodeling, fatty acid regulation, and stress-response pathways in maintaining yeast function during alcoholic fermentation. The findings suggest that ethanol stress alters lipid homeostasis in ways that may reduce fermentation efficiency or affect product quality. At the same time, strain-specific differences indicate that some local yeasts possess greater adaptive capacity under stress.

The study argues that understanding lipid metabolism in wine yeasts can support the development of more resilient starter cultures and improve the consistency of wine production. It also emphasizes the value of native microbial resources in shaping regional fermentation traditions. The paper concludes that lipid metabolism research provides an important scientific basis for both applied enology and the sustainable use of Moldovan yeast biodiversity.

Key words: wine yeast, lipid metabolism, ethanol stress, Moldova, fermentation biology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NEURAL DIFFERENTIATION PATHWAYS IN HUMAN STEM CELLS FROM MOLDAVIAN DONOR COHORTS

Dr. Victor Rusnac, Elena Bodarev, Sergiu Platica, Andrei Lupu
Faculty of Medicine, State University of Medicine and Pharmacy, Moldova

ABSTRACT

This study investigates neural differentiation pathways in human stem cells derived from Moldavian donor cohorts, focusing on the molecular and developmental processes that guide cell specialization. Human stem cells have significant potential for regenerative medicine, but their behavior may vary according to donor background, biological quality, and differentiation environment. The research examines how neural lineage commitment occurs and which signaling pathways contribute to successful differentiation.

The study is informed by stem cell biology, developmental neuroscience, and translational medical research. It emphasizes the role of growth signals, transcriptional regulation, and cellular microenvironment in steering stem cells toward neural phenotypes. The findings suggest that differentiation efficiency depends on the coordinated activation of multiple pathways associated with neurogenesis, cell survival, and functional maturation. These mechanisms are important for understanding how stem cells can be applied in neurological repair and disease modeling.

The paper also highlights the importance of donor-specific biological variation in stem cell research. By examining Moldavian donor cohorts, the study contributes to the broader effort to understand population-based differences in regenerative potential. It concludes that neural differentiation pathways should be studied not only as basic biological processes but also as foundations for future therapeutic applications in neurodegenerative disease, tissue engineering, and personalized medicine.

Key words: stem cells, neural differentiation, regenerative medicine, Moldova, developmental biology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BACTERIAL QUORUM SENSING INHIBITORS DERIVED FROM MOLDAVIAN SOIL MICROBIOMES

Assoc. Prof. Dr. Natalia Fedorova
Faculty of Microbiology, Academy of Sciences of Moldova, Moldova

ABSTRACT

This study explores bacterial quorum sensing inhibitors derived from Moldavian soil microbiomes and their potential relevance for antimicrobial research. Quorum sensing is a communication system that enables bacteria to coordinate behavior, including biofilm formation, virulence, and resistance-related activity. By interrupting this process, quorum sensing inhibitors may provide an alternative strategy for controlling bacterial infections without relying entirely on conventional antibiotics.

The paper is based on microbiological and bioactive compound research. It focuses on the diversity of soil microorganisms as a source of naturally occurring inhibitory substances and examines how these compounds can interfere with bacterial signaling pathways. The findings suggest that Moldavian soils represent a promising ecological reservoir for the discovery of anti-virulence agents. Such compounds may be especially useful in addressing the growing problem of antimicrobial resistance.

The study also emphasizes the importance of environmental microbiomes as sources of pharmacological innovation. It argues that soil-derived inhibitors can contribute to sustainable biomedical research by offering new mechanisms of bacterial control. The paper concludes that Moldavian soil microbiomes deserve greater scientific attention as a resource for bioactive discovery, environmental microbiology, and future anti-infective development.

Key words: quorum sensing, bacterial inhibition, soil microbiome, Moldova, antimicrobial research

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

GLYCOGEN SYNTHASE KINASE-3 REGULATION IN MOLDAVIAN TRADITIONAL DAIRY FERMENTATION PROCESSES

Dr. Pavel Sokolov, Olga Dmitrieva, Kamran Abbasov
Faculty of Food Science and Technology, Technical University of Moldova, Moldova

ABSTRACT

This research examines glycogen synthase kinase-3 regulation in Moldavian traditional dairy fermentation processes, with attention to the biochemical mechanisms that shape microbial activity and product quality. Traditional dairy fermentation depends on a dynamic balance of microbial growth, enzyme activity, and metabolic regulation. The study explores how GSK-3-related pathways may influence fermentation behavior, microbial stability, and the development of characteristic dairy products.

The paper draws on food microbiology and biochemical regulation literature. It highlights the role of signaling enzymes in controlling fermentation processes, particularly in environments where lactic acid bacteria interact with changing substrate conditions. The findings suggest that GSK-3 regulation may affect microbial stress responses, metabolic adaptation, and the overall consistency of fermentation outcomes. This provides a useful framework for understanding the biological complexity of traditional dairy production.

The study also emphasizes the cultural and economic value of Moldavian dairy heritage. It argues that scientific analysis of fermentation regulation can support both product quality improvement and preservation of traditional food knowledge. The paper concludes that GSK-3-related mechanisms offer a promising direction for research in dairy biotechnology, linking molecular regulation with artisanal food systems and regional identity.

Key words: dairy fermentation, glycogen synthase kinase-3, Moldovan food science, microbial regulation, traditional biotechnology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DEVELOPMENT OF CORROSION-RESISTANT ALUMINUM ALLOYS FOR AZERBAIJAN'S CASPIAN SEA OFFSHORE PLATFORMS

Prof. Dr. Elnur Hasanov, Dr. Aysel Mammadova, Farid Karimov
Faculty of Metallurgical Engineering, Baku State University, Azerbaijan

ABSTRACT

This study focuses on the development of corrosion-resistant aluminum alloys for offshore platforms operating in the Caspian Sea, where high salinity, humidity, and fluctuating environmental conditions create severe material degradation risks. Offshore structures in this region require materials that combine mechanical reliability, low weight, and long-term resistance to marine corrosion. The research investigates how alloy composition and microstructural control can improve service life and reduce maintenance demands in harsh coastal environments.

The paper draws on materials engineering literature, marine corrosion studies, and alloy design principles to examine the performance of aluminum-based systems under offshore conditions. It highlights the importance of strengthening passive oxide layers, limiting galvanic corrosion, and improving resistance to pitting and surface deterioration. The analysis also considers the role of alloying elements in balancing corrosion resistance with structural performance. The findings suggest that appropriate composition design can make aluminum alloys suitable for offshore platforms where durability and weight reduction are both critical.

The study argues that corrosion-resistant alloys should be viewed as part of a broader sustainability strategy for marine infrastructure. In the Caspian context, improved material performance can reduce replacement cycles, lower operational costs, and support safer offshore energy production. The paper concludes that advanced aluminum alloys offer a promising solution for extending the reliability of Azerbaijan’s offshore platforms while responding to the technical demands of a marine industrial environment.

Key words: aluminum alloys, corrosion resistance, offshore platforms, Caspian Sea, marine materials

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NANOCOMPOSITE COATINGS FOR ENHANCED WEAR RESISTANCE IN BAKU OIL PIPELINE INFRASTRUCTURE

Assoc. Prof. Dr. Nigar Aliyeva
Faculty of Chemical and Materials Engineering, Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan

ABSTRACT

This study examines the use of nanocomposite coatings to improve wear resistance in Baku's oil pipeline infrastructure, where friction, abrasion, and environmental exposure create persistent maintenance challenges. Pipelines are vital components of Azerbaijan's energy system, yet their long-term performance depends on protective surfaces capable of resisting mechanical damage and chemical attack. The research explores how nanoscale reinforcement can enhance coating durability and extend infrastructure service life.

The paper is grounded in materials science literature, surface engineering studies, and pipeline protection research. It focuses on the interaction between coating structure, particle dispersion, adhesion strength, and resistance to surface degradation. The findings indicate that nanocomposite coatings can offer significant advantages over conventional protective layers by improving hardness, reducing wear, and maintaining stability under demanding operational conditions. The analysis also emphasizes the importance of coating uniformity and compatibility with pipeline substrates.

The study argues that protective coatings should be considered an essential part of infrastructure management rather than a secondary maintenance measure. In Baku's oil sector, improved wear resistance can reduce repair frequency, support operational continuity, and lower lifecycle costs. The paper concludes that nanocomposite coating technologies present a valuable pathway for strengthening pipeline resilience and supporting more sustainable energy infrastructure in Azerbaijan.

Key words: nanocomposite coatings, wear resistance, oil pipelines, Baku, surface engineering

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BIODEGRADABLE POLYMER BLENDS FROM PALM OIL WASTE FOR INDONESIAN PACKAGING INDUSTRY

Dr. Budi Santoso, Sari Wijaya, I Made Artawa, Nyoman Dewi
Faculty of Industrial Technology, Gadjah Mada University, Indonesia

ABSTRACT

This research investigates biodegradable polymer blends produced from palm oil waste for use in the Indonesian packaging industry. As plastic pollution and environmental concerns continue to grow, the search for sustainable packaging materials has become increasingly urgent. The study explores how agricultural waste from palm oil processing can be transformed into useful polymer-based materials that support circular economy principles while reducing dependence on conventional plastics.

The paper draws on polymer science literature, waste valorization studies, and sustainable packaging research. It focuses on blend composition, mechanical performance, biodegradability, and processing behavior as key criteria for packaging applications. The findings suggest that palm oil waste can serve as a valuable raw material for producing environmentally friendly blends with acceptable strength, flexibility, and degradation potential. The analysis also shows that compatibility between blend components is essential for achieving stable material properties.

The study argues that biodegradable packaging should be understood not only as an environmental alternative but also as an industrial innovation opportunity. In Indonesia, where palm oil production is extensive, converting waste into packaging materials can reduce disposal problems and create added economic value. The paper concludes that biodegradable polymer blends from palm oil waste offer a promising direction for sustainable packaging development and for the transition toward greener industrial practices.

Key words: biodegradable polymers, palm oil waste, packaging industry, Indonesia, sustainable materials

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TITANIUM MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH BAMBOO NANOFIBERS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE PARTS

Dr. Anna Szabo, Laszlo Nemeth
Faculty of Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

ABSTRACT

This study examines titanium matrix composites reinforced with bamboo nanofibers as a lightweight material solution for automotive parts. The automotive industry increasingly demands materials that combine reduced weight, high strength, and improved environmental sustainability. The research investigates how bamboo-derived reinforcement can enhance titanium-based composites while maintaining the mechanical performance required for structural and functional vehicle components.

The paper is based on materials engineering literature, composite design studies, and lightweight automotive material research. It highlights the importance of reinforcement distribution, interface bonding, thermal stability, and mechanical compatibility in composite performance. The findings suggest that bamboo nanofibers can contribute to weight reduction while preserving desirable strength characteristics, making them suitable for selected automotive applications. The analysis also emphasizes the relevance of natural reinforcement in supporting greener material development.

The study argues that advanced composites should be evaluated not only by performance but also by sustainability and resource efficiency. In the context of automotive manufacturing, lightweight materials can contribute to improved fuel efficiency, reduced emissions, and better component design flexibility. The paper concludes that titanium matrix composites reinforced with bamboo nanofibers represent a promising direction for eco-conscious automotive engineering and future material innovation.

Key words: titanium matrix composites, bamboo nanofibers, lightweight automotive parts, sustainable materials, composite engineering

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

LASER-CLAD HIGH-ENTROPY ALLOY COATINGS FOR SPANISH RENEWABLE ENERGY TURBINE BLADES

Prof. Dr. Javier Morales, Dr. Elena Vargas, Carlos Ruiz
Faculty of Engineering, Polytechnic University of Madrid, Spain

ABSTRACT

This paper explores laser-clad high-entropy alloy coatings for renewable energy turbine blades in Spain, where mechanical wear, surface erosion, and environmental exposure affect the long-term efficiency of energy systems. Turbine blades operating in wind-rich environments require coatings that can withstand continuous stress while maintaining surface integrity. The study investigates how laser cladding and high-entropy alloy design can improve durability and operational reliability.

The research draws on surface engineering literature, renewable energy material studies, and wear-resistant coating development. It focuses on microstructural stability, hardness, adhesion quality, and resistance to erosion as central performance factors. The findings indicate that high-entropy alloy coatings can offer superior protection compared to conventional surface treatments, particularly in demanding renewable energy environments. The analysis also highlights the role of laser cladding in achieving dense, uniform, and well-bonded coating layers.

The study argues that advanced turbine coatings are essential for supporting sustainable energy infrastructure. In Spain, where wind energy plays an important role, improved blade surfaces can reduce maintenance needs, extend service life, and enhance energy production stability. The paper concludes that laser-clad high-entropy alloy coatings represent a strong technological option for strengthening renewable energy systems and supporting long-term infrastructure performance.

Key words: high-entropy alloys, laser cladding, turbine blades, renewable energy, surface durability

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FUNCTIONALIZED GRAPHENE OXIDE MEMBRANES FOR SEAWATER DESALINATION IN COASTAL SPAIN

Maria Lopez, Antonio Herrera
Faculty of Chemical Engineering, University of Barcelona, Spain

ABSTRACT

This study examines functionalized graphene oxide membranes for seawater desalination in coastal Spain, where freshwater scarcity and rising demand have intensified interest in advanced water treatment technologies. Desalination is increasingly important for urban and agricultural water security, but conventional systems often face challenges related to energy use, membrane fouling, and selectivity. The research explores how graphene oxide functionalization can improve desalination efficiency and membrane performance.

The paper is based on membrane science literature, water treatment studies, and sustainable desalination research. It focuses on permeability, salt rejection, surface stability, and anti-fouling behavior as key indicators of membrane quality. The findings suggest that functionalized graphene oxide membranes can offer enhanced transport properties and improved resistance to contamination, making them suitable for marine desalination contexts. The analysis also notes that membrane performance depends on the balance between structural control and chemical modification.

The study argues that next-generation desalination technologies should support both water security and energy efficiency. In coastal Spain, functionalized membranes may contribute to more sustainable desalination systems capable of serving growing populations and climate-stressed regions. The paper concludes that graphene oxide-based membranes provide a promising pathway for improving desalination performance and supporting long-term water resilience.

Key words: graphene oxide membranes, desalination, coastal Spain, water treatment, membrane technology

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SHAPE MEMORY POLYMER NANOCOMPOSITES FOR HUNGARIAN AUTOMOTIVE SMART STRUCTURES

Assoc. Prof. Dr. Zoltan Kovacs, Eva Toth
Faculty of Materials Science, University of Debrecen, Hungary

ABSTRACT

This research investigates shape memory polymer nanocomposites for smart automotive structures in Hungary, where the demand for adaptive, lightweight, and efficient materials is growing. Automotive components increasingly require materials that can respond to stress, recover shape, and contribute to safer and more intelligent vehicle systems. The study explores how nanoscale reinforcement can improve the functionality and performance of shape memory polymers in automotive applications.

The paper is grounded in smart materials literature, polymer engineering studies, and automotive design research. It emphasizes recovery behavior, thermal responsiveness, mechanical strength, and nanoscale dispersion as key elements in material performance. The findings suggest that nanocomposites can enhance the recovery speed and structural reliability of shape memory polymers while preserving flexibility and lightness. The analysis also indicates that such materials are well suited for components that require dynamic response and controlled deformation.

The study argues that smart automotive structures should be viewed as part of the shift toward more adaptive and efficient mobility systems. In Hungary, these materials may support innovative vehicle design, improved safety functions, and reduced component weight. The paper concludes that shape memory polymer nanocomposites represent an important area of advanced materials research with significant potential for future automotive applications.

Key words: shape memory polymers, nanocomposites, smart structures, automotive materials, adaptive design

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CERAMIC MATRIX COMPOSITES WITH CARBON NANOTUBE INTERPHASES FOR HIGH-TEMPERATURE AEROSPACE APPLICATIONS

Dr. Peter Nagy
Faculty of Mechanical and Materials Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

ABSTRACT

This study examines ceramic matrix composites with carbon nanotube interphases for high-temperature aerospace applications, where extreme thermal conditions require materials with exceptional strength, stability, and damage tolerance. Aerospace components are exposed to intense heat, mechanical load, and thermal cycling, making material design a critical factor in safety and performance. The research explores how carbon nanotube interphases can improve crack resistance and overall composite behavior.

The paper is based on aerospace materials literature, ceramic composite studies, and high-temperature engineering research. It focuses on interphase structure, load transfer, thermal stability, and fracture control as major performance criteria. The findings indicate that carbon nanotube interphases can strengthen the bond between matrix and reinforcement while improving toughness and resistance to crack propagation. The analysis also shows that properly designed interphases support more reliable behavior under extreme thermal stress.

The study argues that advanced ceramic composites are essential for next-generation aerospace systems. Their ability to retain strength at high temperatures makes them suitable for engines, thermal shields, and structural components exposed to demanding conditions. The paper concludes that ceramic matrix composites with carbon nanotube interphases offer a promising direction for enhancing aerospace material performance and advancing high-temperature engineering solutions.

Key words: ceramic matrix composites, carbon nanotubes, aerospace materials, high-temperature performance, interphase engineering

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MAGNESIUM ALLOYS WITH RARE EARTH MICROALLOYING FOR BIOMEDICAL IMPLANTS IN HUNGARY

Dr. Gabor Kovari, Katalin Farkas, Assoc. Prof. Dr. Istvan Balogh
Faculty of Biomedical Engineering, Semmelweis University, Hungary

ABSTRACT

This paper investigates magnesium alloys with rare earth microalloying for biomedical implant applications in Hungary. Magnesium-based materials have attracted growing interest because of their light weight, biodegradability, and mechanical compatibility with human bone tissue. The study explores how rare earth microalloying can improve corrosion behavior, mechanical stability, and biological suitability for temporary implant use.

The research draws on biomaterials literature, implant engineering studies, and biodegradable metal research. It focuses on alloy composition, degradation rate, strength retention, and cytocompatibility as key evaluation criteria. The findings suggest that rare earth additions can improve the balance between mechanical performance and controlled corrosion, making magnesium alloys more suitable for biomedical environments. The analysis also notes that implant materials must be carefully designed to match both physiological and structural requirements.

The study argues that biodegradable metals offer an important alternative to permanent implant materials, especially where gradual load transfer and reduced secondary surgery are desirable. In Hungary, such alloys could support future biomedical innovation and advanced orthopedic applications. The paper concludes that magnesium alloys with rare earth microalloying represent a promising material system for next-generation implants and for the broader development of biomedical engineering.

Key words: magnesium alloys, rare earth microalloying, biomedical implants, biodegradable metals, implant materials

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DEVELOPMENT OF EFFICIENT PV SOLAR PANELS FOR AZERBAIJAN'S SUNNY CASPIAN REGIONS

Prof. Dr. Elnur Hasanov, Dr. Aysel Mammadova, Farid Aliyev
Faculty of Engineering, Baku State University, Azerbaijan

ABSTRACT

This study examines the development of efficient photovoltaic solar panels for Azerbaijan's sunny Caspian regions, where high solar exposure and expanding energy demand create strong conditions for renewable energy deployment. As Azerbaijan seeks to diversify its energy portfolio, solar power has become increasingly important for reducing dependence on conventional resources and strengthening regional sustainability. The research explores how photovoltaic technologies can be adapted to local climatic conditions, installation patterns, and long-term performance requirements.

The study is based on a review of solar energy literature, photovoltaic system design studies, and regional energy planning perspectives. It considers issues such as panel efficiency, heat tolerance, dust accumulation, orientation, and integration with local grid systems. The findings suggest that solar panel performance in Caspian environments depends not only on material quality but also on environmental adaptation and maintenance planning. In particular, the study emphasizes the need for systems capable of stable operation under intense sunlight and seasonal variation.

The research also highlights the broader value of solar energy for regional development, including cleaner electricity production, reduced environmental impact, and improved energy security. It argues that efficient PV systems can support both urban and rural energy needs when combined with supportive policy measures and technical planning. The paper concludes that Azerbaijan's sunny regions offer a promising setting for the expansion of photovoltaic technologies, provided that design and deployment strategies are closely aligned with local conditions and long-term sustainability goals.

Key words: photovoltaic panels, solar energy, Azerbaijan, renewable power, energy efficiency

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SMART GRID OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR BAKU URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION

Assoc. Prof. Dr. Nigar Karimova, Elvin Gurbanov
Faculty of Electrical and Information Engineering, Azerbaijan Technical University, Azerbaijan

ABSTRACT

This paper investigates smart grid optimization algorithms for urban electricity distribution in Baku, where growing electricity demand, network complexity, and the need for efficient load management have made modernization increasingly necessary. As the city expands and energy use becomes more dynamic, traditional distribution systems face pressure to deliver reliable power while minimizing losses and improving responsiveness. The study explores how algorithm-based smart grid systems can contribute to more stable and efficient urban energy management.

The research draws on literature concerning smart grids, electricity distribution planning, and optimization methods in urban infrastructure. It examines approaches that support demand balancing, fault detection, load forecasting, and dynamic routing of electricity flows. The analysis indicates that algorithmic optimization can improve distribution performance by helping utilities respond more effectively to variable demand and operational disruptions. It also shows that smart grid systems are most effective when supported by digital communication infrastructure and coordinated management policies.

The study argues that smart grid optimization should be understood as both a technical and a governance issue. In Baku, future electricity distribution systems must combine automation, data analysis, and planning flexibility in order to serve a growing metropolitan population. The paper concludes that smart grid algorithms can strengthen the reliability, sustainability, and adaptability of urban electricity networks, making them an important component of Baku's future infrastructure strategy.

Key words: smart grids, electricity distribution, optimization algorithms, Baku, urban energy systems

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

RFID-BASED IOT MONITORING SYSTEMS FOR INDONESIAN PALM OIL PLANTATIONS

Dr. Budi Santoso, Sari Wijaya, Nyoman Pratiwi
Faculty of Agricultural Technology, Bogor Agricultural University, Indonesia

ABSTRACT

This study explores RFID-based Internet of Things monitoring systems for Indonesian palm oil plantations, where large-scale agricultural production requires more efficient tracking, supervision, and management. Palm oil plantations operate across vast and often remote areas, making real-time monitoring essential for improving productivity, traceability, and operational control. The research examines how RFID and IoT technologies can support plantation management through digital identification, environmental sensing, and data integration.

The paper is based on a review of precision agriculture, digital monitoring, and agribusiness technology literature. It discusses how RFID tagging, sensor networks, and remote data transmission can improve the monitoring of plantation assets, crop movement, maintenance activities, and environmental conditions. The findings suggest that such systems can enhance decision-making, reduce manual errors, and improve transparency across plantation operations. The study also highlights the relevance of digital monitoring for sustainability certification and supply chain accountability.

The research argues that technology adoption in palm oil plantations should be shaped by local conditions, including landscape scale, infrastructure availability, and managerial capacity. It emphasizes that successful implementation depends on training, system integration, and long-term data management. The paper concludes that RFID-based IoT monitoring offers a strong foundation for improving plantation efficiency, environmental oversight, and production reliability in Indonesia’s palm oil sector.

Key words: RFID monitoring, Internet of Things, palm oil plantations, Indonesia, precision agriculture

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR EARTHQUAKE EARLY WARNING IN INDONESIAN ARCHIPELAGO

Prof. Dr. Agus Setiawan
Faculty of Engineering, Bandung Institute of Technology, Indonesia

ABSTRACT

This paper examines the use of wireless sensor networks for earthquake early warning systems in the Indonesian archipelago, a region highly exposed to seismic activity due to its tectonic setting. Because earthquakes can occur with little warning and across dispersed island environments, there is a strong need for rapid and reliable detection systems capable of transmitting alerts in real time. The study explores how wireless sensor technologies can improve early warning capacity and support disaster preparedness.

The research draws on literature related to seismology, sensor network architecture, and disaster communication systems. It focuses on the potential of distributed sensing, rapid data transmission, and network resilience in creating effective early warning structures. The analysis shows that wireless sensor networks are especially valuable in island settings because they can cover broad areas without requiring extensive physical infrastructure. They also offer flexibility in locations where conventional monitoring systems may be difficult to deploy.

The study argues that technological effectiveness must be matched by institutional coordination and public readiness. Early warning systems are only useful when alerts reach communities quickly and when response procedures are well understood. The paper concludes that wireless sensor networks can significantly strengthen earthquake preparedness in Indonesia if they are integrated into broader disaster risk reduction strategies and supported by maintenance, communication planning, and community awareness.

Key words: wireless sensor networks, earthquake warning, Indonesia, disaster preparedness, seismic monitoring

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

HIGH-EFFICIENCY GAAS SOLAR CELLS FOR SPACE APPLICATIONS IN SATELLITE TECHNOLOGY

Assoc. Prof. Dr. Javier Morales, Maria Gonzalez, Dr. Carlos Ruiz, Dr. Ana Lopez
Faculty of Aerospace Engineering, Polytechnic University of Madrid, Spain

ABSTRACT

This study investigates high-efficiency gallium arsenide solar cells for space applications in satellite technology, where energy reliability, radiation resistance, and compact design are critical. Satellites operating in orbit require power systems that can function under extreme environmental conditions and limited physical space. The research examines how GaAs-based solar cells offer advantages over conventional photovoltaic materials in terms of performance stability, efficiency, and durability.

The paper is based on a review of space energy systems, semiconductor materials, and satellite power engineering literature. It focuses on the material characteristics that make gallium arsenide suitable for aerospace use, including high conversion efficiency, thermal stability, and resistance to radiation-induced degradation. The analysis indicates that these properties make GaAs solar cells particularly effective for long-duration missions and high-performance satellite platforms. The study also considers the role of multilayer cell structures and advanced fabrication methods in improving energy yield.

The research argues that space photovoltaic design must balance technological sophistication with mission-specific requirements. In satellite applications, reliability is as important as peak efficiency, since power failure can compromise communication, observation, and navigation functions. The paper concludes that high-efficiency GaAs solar cells remain a key enabling technology for modern space systems and future satellite innovation.

Key words: gallium arsenide, solar cells, satellite technology, space applications, photovoltaic efficiency

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN WIND TURBINE FARMS

Dr. Sofia Ramirez
Faculty of Computer Science and Energy Systems, University of Zaragoza, Spain

ABSTRACT

This study investigates machine learning algorithms for predictive maintenance in wind turbine farms, where equipment reliability and uninterrupted energy production are essential. Wind turbines operate in demanding environments and are subject to mechanical stress, weather exposure, and gradual component degradation. The research explores how machine learning can help identify early warning signs of failure and improve maintenance planning before serious disruptions occur.

The paper is based on a review of predictive analytics, renewable energy operations, and condition monitoring literature. It considers the use of data-driven methods for analyzing vibration patterns, temperature changes, power output variations, and operational anomalies. The findings suggest that machine learning can improve maintenance decision-making by enabling earlier fault detection and reducing unnecessary inspections. It also highlights the importance of training data quality, model interpretability, and integration with operational systems.

The study argues that predictive maintenance is not only a technical tool but also a strategy for improving cost efficiency and energy reliability. In wind energy production, reducing downtime is essential for both economic and environmental performance. The paper concludes that machine learning algorithms offer a strong framework for supporting smarter maintenance practices in wind farms and for strengthening the long-term sustainability of renewable energy systems.

Key words: machine learning, predictive maintenance, wind turbines, renewable energy, fault detection

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

AI-DRIVEN POWER QUALITY ANALYSIS IN BUDAPEST SMART CITY INFRASTRUCTURE

Prof. Dr. Laszlo Kovacs, Dr. Eva Nagy, Tamas Horvath
Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

ABSTRACT

This paper examines AI-driven power quality analysis in Budapest's smart city infrastructure, where digital technologies are increasingly used to improve urban energy management. As modern cities depend on stable and efficient electricity systems, monitoring power quality has become essential for maintaining infrastructure performance and user comfort. The study explores how artificial intelligence can support the detection, interpretation, and improvement of power quality conditions in an urban smart city context.

The research draws on literature concerning AI applications in energy systems, smart city planning, and electrical monitoring. It focuses on the use of intelligent algorithms to identify voltage disturbances, harmonics, irregular demand patterns, and network instability. The analysis suggests that AI-based monitoring can help utilities move from reactive problem solving to proactive infrastructure management. It also shows that real-time analytics can contribute to greater reliability and more efficient energy distribution.

The study argues that smart city energy systems require both technological intelligence and institutional coordination. In Budapest, power quality analysis can support broader goals such as resilience, sustainability, and digital governance. The paper concludes that AI-driven monitoring is an effective tool for strengthening urban electricity infrastructure and for advancing the operational goals of smart city development.

Key words: artificial intelligence, power quality, smart city, Budapest, energy monitoring

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FLEXIBLE ORGANIC LED DISPLAYS FOR WEARABLE ELECTRONICS DEVELOPMENT

Anna Kovari, Assoc. Prof. Dr. Peter Szabo
Faculty of Materials Science and Engineering, Eötvös Loránd University, Hungary

ABSTRACT

This study examines flexible organic LED displays as an enabling technology for wearable electronics development, where lightweight design, adaptability, and visual performance are increasingly important. Wearable devices require display systems that can conform to body movement, remain durable under repeated use, and provide clear visual output in compact formats. The research explores how organic LED materials and flexible substrates can meet these design requirements.

The paper is based on a review of flexible display technology, organic electronics, and wearable device engineering. It discusses the advantages of organic LEDs, including low power consumption, thin structure, mechanical flexibility, and potential for integration into clothing, accessories, and personal monitoring devices. The analysis indicates that flexible displays are particularly promising for next-generation wearables because they combine usability with aesthetic and functional innovation. The study also considers the technical challenges of material stability, fabrication complexity, and long-term performance.

The research argues that wearable electronics development depends on the convergence of materials science, device engineering, and user-centered design. Flexible organic LED displays can support this convergence by enabling new forms of portable communication and human-device interaction. The paper concludes that these displays represent a significant step toward more adaptable and interactive wearable technologies.

Key words: flexible displays, organic LED, wearable electronics, materials engineering, device innovation

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

QUANTUM DOT ENHANCED PHOTODETECTORS FOR HIGH-SPEED OPTICAL COMMUNICATIONS

Dr. Gabor Toth, Dr. Mihaly Balogh, Zoltan Farkas, Dr. Klara Varga
Faculty of Physics and Informatics, University of Debrecen, Hungary

ABSTRACT

This study investigates quantum dot enhanced photodetectors for high-speed optical communications, where rapid signal detection and high sensitivity are essential. As communication systems continue to expand in speed and complexity, photodetector performance has become a critical factor in ensuring efficient information transmission. The research explores how quantum dot materials can improve detector responsiveness, spectral tuning, and integration within advanced optical systems.

The paper draws on literature concerning photonic devices, semiconductor nanomaterials, and optical communication engineering. It focuses on the benefits of quantum dot enhancement, including improved light absorption, tunable wavelength response, and potential compatibility with compact communication components. The analysis suggests that these properties make quantum dot photodetectors highly suitable for next-generation optical networks and data transmission systems. The study also discusses the importance of device stability, fabrication precision, and noise reduction.

The research argues that future optical communication technologies will depend on detectors that can combine speed, sensitivity, and material efficiency. Quantum dot enhanced systems offer a promising route toward this goal by bridging nanomaterials research and communication engineering. The paper concludes that these photodetectors can contribute to more advanced and reliable optical communication infrastructures.

Key words: quantum dots, photodetectors, optical communications, nanotechnology, high-speed detection

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

PRECISION FERTILIZATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE BARLEY PRODUCTION IN FINNISH BOREAL CONDITIONS

Dr. Jari Niemelä, Liisa Korhonen
Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Finland

ABSTRACT

This study examines the use of precision fertilization technologies to improve sustainable barley production under Finnish boreal conditions, where short growing seasons, variable soil fertility, and climatic uncertainty create strong demands for efficient nutrient management. Barley remains one of the most important cereal crops in northern agriculture, but its productivity depends on careful alignment between crop demand and fertilizer timing, placement, and dosage. The research explores how precision fertilization can support yield stability while reducing environmental pressure from nutrient losses.

The study is based on a review of agronomic literature, soil management research, and precision agriculture approaches relevant to boreal farming systems. It highlights the value of site-specific nutrient application, sensor-supported decision making, and adaptive fertilization strategies in improving crop performance. The analysis suggests that precision fertilization can help farmers respond more effectively to within-field variation in soil conditions, moisture availability, and crop development. It also supports better nutrient use efficiency, which is especially important in regions where seasonal growing opportunities are limited.

The findings indicate that sustainable barley production in Finland requires management practices that combine productivity with environmental responsibility. Precision fertilization offers a practical way to reduce excess nutrient application, improve crop consistency, and strengthen the resilience of barley systems under changing climate conditions. The study concludes that the integration of digital tools, agronomic knowledge, and site-specific management can contribute to more balanced and sustainable cereal production in boreal environments.

Key words: precision fertilization, barley production, boreal agriculture, nutrient management, sustainable farming

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CLIMATE-RESILIENT WHEAT BREEDING PROGRAMS FOR NORTHERN EUROPEAN GROWING SEASONS

Assoc. Prof. Dr. Tuomas Vainio, Anna-Liisa Rantala
Faculty of Agriculture, University of Turku, Finland

ABSTRACT

This study investigates climate-resilient wheat breeding programs designed for northern European growing seasons, where fluctuating temperatures, shortened maturation periods, and increasing weather instability challenge reliable cereal production. Wheat breeding in these regions must respond to both agronomic productivity and environmental adaptability, since future cultivation conditions are becoming more unpredictable. The research explores how breeding strategies can improve tolerance to stress while preserving grain quality and yield potential.

The paper draws on plant breeding literature, crop adaptation studies, and climate resilience research. It emphasizes traits such as cold tolerance, early maturation, drought resilience, disease resistance, and stable performance under variable daylight conditions. The analysis suggests that breeding programs in northern Europe benefit from combining traditional selection methods with modern genomic tools, allowing researchers to identify cultivars that perform well under changing seasonal patterns. It also highlights the need to maintain genetic diversity as a long-term resource for adaptation.

The findings indicate that climate-resilient wheat breeding should be understood as a strategic response to both agricultural and environmental change. In northern Europe, successful programs must account for regional soil conditions, seasonal length, and emerging disease pressures. The study concludes that breeding efforts directed toward resilience can strengthen food security, reduce production risk, and support the future stability of wheat cultivation in northern climates.

Key words: climate resilience, wheat breeding, northern Europe, crop adaptation, food security

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

WATER EFFICIENT DRIP IRRIGATION SYSTEMS FOR CHILEAN CENTRAL VALLEY VINEYARDS

Dr. Carlos Rojas, Maria Fernandez, Assis. Prof. Dr. Pedro Alvarez, Sofia Ramirez
Faculty of Agricultural Sciences, University of Chile, Chile

ABSTRACT

This paper examines water-efficient drip irrigation systems for vineyards in Chile's Central Valley, where water scarcity and changing rainfall patterns have increased pressure on agricultural water management. Viticulture in this region depends on consistent water supply, yet competition for limited water resources has made efficient irrigation a critical issue for long-term productivity. The study explores how drip irrigation can improve vineyard performance while reducing unnecessary water use.

The research is based on a review of irrigation studies, vineyard management literature, and water conservation strategies relevant to Mediterranean-type climates. It highlights the advantages of drip systems in delivering water directly to the root zone, minimizing evaporation, and supporting controlled vine growth. The analysis also considers how irrigation scheduling, soil monitoring, and climate-based decision support can improve efficiency and maintain grape quality. The findings suggest that water-efficient systems are particularly valuable in vineyards that face seasonal drought stress and increasing climatic variability.

The study argues that sustainable vineyard management in Chile must combine technical efficiency with responsible water governance. Drip irrigation is presented not only as a production tool but also as part of a broader adaptation strategy for agriculture under water stress. The paper concludes that improved irrigation practices can support both environmental sustainability and the long-term competitiveness of Chilean viticulture.

Key words: drip irrigation, vineyard management, water efficiency, Chile, sustainable agriculture

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

BIOCHAR APPLICATION EFFECTS ON SOIL CARBON SEQUESTRATION IN PATAGONIAN ANDES FARMLAND

Assis. Prof. Dr. Ana Torres
Faculty of Agronomy, University of Concepción, Chile

ABSTRACT

This study explores the effects of biochar application on soil carbon sequestration in farmland located in the Patagonian Andes, where cold conditions, fragile soils, and limited organic matter create significant challenges for sustainable agriculture. Biochar has attracted increasing attention as a soil amendment capable of improving soil quality while contributing to carbon storage. The research examines how its use may support long-term soil fertility and climate mitigation in highland farming systems.

The paper is based on a review of soil science literature, carbon management studies, and sustainable land-use research. It focuses on the role of biochar in improving soil structure, nutrient retention, microbial activity, and moisture conservation. The findings suggest that biochar can enhance soil resilience in mountainous environments by stabilizing organic carbon and supporting better root development. It also points to the importance of matching biochar type and application method to local soil conditions and farming practices.

The study argues that biochar should be understood as both an agronomic input and a climate-relevant land management strategy. In the Patagonian Andes, where environmental constraints are strong, it may contribute to improved productivity while also promoting ecological restoration. The paper concludes that biochar application offers a promising direction for sustainable agriculture in marginal and climate-sensitive regions.

Key words: biochar, soil carbon sequestration, Patagonian Andes, soil fertility, climate mitigation

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

GANODERMA DISEASE RESISTANCE IN TAIWANESE PASSION FRUIT THROUGH GENOMIC SELECTION

Assoc. Prof. Dr. Wei-Lun Lin, Dr. Mei-Hui Chen, Hao-Ting Wu
Faculty of Agriculture, National Taiwan University, Taiwan

ABSTRACT

This study investigates Ganoderma disease resistance in Taiwanese passion fruit through genomic selection approaches, addressing a major challenge in orchard sustainability and plant health. Passion fruit cultivation is increasingly important in Taiwan, but fungal diseases continue to limit productivity and increase management costs. The research examines how genomic tools can support the identification and breeding of resistant plant materials with improved field performance.

The paper draws on plant pathology literature, fruit breeding research, and genomic selection studies. It emphasizes the use of genetic markers, phenotypic screening, and breeding line evaluation to identify resistance traits associated with disease tolerance. The analysis suggests that genomic selection can accelerate breeding progress by improving selection accuracy and reducing reliance on long-term field exposure alone. It also highlights the importance of integrating resistance breeding with orchard management and disease monitoring.

The findings indicate that resistance-oriented breeding offers a sustainable path for strengthening passion fruit production in Taiwan. By combining molecular tools with conventional selection, breeders can develop cultivars better suited to disease-prone environments. The study concludes that genomic selection provides a valuable framework for improving resilience, reducing crop losses, and supporting the long-term sustainability of passion fruit farming.

Key words: genomic selection, passion fruit, Ganoderma resistance, plant breeding, crop protection

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NANOTECHNOLOGY-ENHANCED PESTICIDE DELIVERY FOR RICE BLAST CONTROL IN TROPICAL TAIWAN

Chen-Yu Huang, Dr. Shu-Fen Li
Faculty of Agricultural Engineering, National Chung Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

This paper examines nanotechnology-enhanced pesticide delivery systems for controlling rice blast in tropical Taiwan, where humidity, disease pressure, and intensive cultivation create favorable conditions for fungal spread. Rice blast remains a serious threat to crop stability, and conventional pesticide use often faces limitations related to efficiency, environmental impact, and application losses. The study explores how nano-formulated delivery systems can improve pesticide performance and support more targeted crop protection.

The research is grounded in crop protection literature, nanomaterial applications, and sustainable pest management studies. It focuses on controlled release mechanisms, improved adhesion to plant surfaces, and increased biological effectiveness under field conditions. The analysis suggests that nano-enhanced formulations can reduce wastage, extend protective action, and improve compatibility with integrated disease management strategies. It also emphasizes the relevance of such systems in humid tropical environments, where repeated applications may otherwise be required.

The findings indicate that nanotechnology offers a promising route toward more efficient and environmentally sensitive rice blast control. The study argues that future crop protection systems should combine material innovation with agronomic knowledge and regulatory awareness. It concludes that nano-enabled pesticide delivery can contribute to more resilient rice production while reducing the ecological burden of conventional spraying practices.

Key words: nanotechnology, pesticide delivery, rice blast, tropical agriculture, crop protection

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

CONSERVATION AGRICULTURE PRACTICES FOR WHEAT YIELD STABILITY IN TAJIKISTAN MOUNTAINS

Prof. Dr. Farrukh Tojiev, Dilnoza Rahmonova, Rustam Sheraliev
Faculty of Agronomy, Tajik National University, Tajikistan

ABSTRACT

This study investigates conservation agriculture practices for stabilizing wheat yield in the mountain regions of Tajikistan, where steep terrain, fragile soils, and climate variability create serious production constraints. Wheat farming in these areas is important for local food security, but conventional cultivation often leads to soil degradation, moisture loss, and unstable harvests. The research explores how conservation-oriented methods can improve both productivity and sustainability under mountain conditions.

The paper is based on agricultural sustainability literature, soil conservation research, and mountain farming studies. It emphasizes reduced tillage, residue retention, crop diversification, and soil cover as key practices that can protect soil health and improve water retention. The analysis suggests that conservation agriculture can help farmers manage erosion, enhance soil structure, and reduce production risk in difficult environments. It also highlights the need for locally adapted methods that are feasible for smallholders and compatible with existing farming systems.

The findings indicate that yield stability in Tajik mountain agriculture depends on practices that strengthen ecological balance and reduce disturbance to soil systems. The study argues that conservation agriculture should be promoted not only as a technical innovation but also as a long-term strategy for rural resilience. It concludes that these practices can support more stable wheat production, improved resource use, and better livelihood security in mountain communities.

Key words: conservation agriculture, wheat yield, mountain farming, Tajikistan, soil sustainability

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DRONE-BASED PRECISION SPRAYING FOR COTTON APHID MANAGEMENT IN TAJIK SURKHAN VALLEY

Assoc. Prof. Dr. Nigora Mirzoeva
Faculty of Agricultural Sciences, Tajik Agrarian University, Tajikistan

ABSTRACT

This study examines drone-based precision spraying for cotton aphid management in the Surkhan Valley of Tajikistan, where pest pressure and labor constraints complicate timely field intervention. Cotton is a major crop in the region, and aphid infestations can reduce yield and fiber quality if not managed effectively. The research explores how drone technology can improve spray accuracy, reduce chemical waste, and support more responsive pest control in cotton fields.

The paper draws on precision agriculture literature, pest management studies, and drone application research. It focuses on the advantages of aerial spraying in reaching dense canopy areas, adapting to field variability, and reducing operator exposure. The analysis suggests that drone-based spraying can improve treatment timing and coverage while lowering fuel use and application inefficiencies. It also considers the operational and regulatory conditions needed for reliable adoption in rural agricultural settings.

The findings indicate that precision spraying with drones offers a practical and innovative approach to cotton pest management. The study argues that this technology should be seen as part of a broader modernization of agricultural practice, linking digital tools with sustainable crop protection. It concludes that drone-based spraying can enhance pest control efficiency, improve resource use, and contribute to more resilient cotton production in Tajikistan.

Key words: drone spraying, precision agriculture, cotton aphids, Tajikistan, pest management

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

QUANTUM ENTANGLEMENT DYNAMICS IN NON-MARKOVIAN ENVIRONMENTS FOR PORTUGUESE QUANTUM NETWORKS

Prof. Dr. João Silva, Maria Santos, Pedro Oliveira
Faculty of Science and Technology, University of Lisbon, Portugal

ABSTRACT

This study investigates the dynamics of quantum entanglement in non-Markovian environments with emphasis on applications to Portuguese quantum networks. As quantum communication technologies advance, the preservation and controlled redistribution of entanglement have become central issues for the reliability of future networked systems. Non-Markovian noise, unlike memoryless decoherence, can preserve correlations within the environment and thereby influence the stability, revival, and transport of entangled states. The paper examines how these memory effects may be modeled and exploited in network architectures that require robust quantum information transfer across spatially separated nodes.

The analysis is grounded in contemporary quantum information theory and open-system dynamics, drawing on the conceptual distinction between Markovian and non-Markovian decoherence. Particular attention is given to how environmental memory can modify entanglement evolution, create delayed decay patterns, and support entanglement revival after partial loss. In a network context, these properties are especially relevant for quantum relays, distributed sensing platforms, and secure communication protocols. The study also discusses the implications of entanglement dynamics for the design of Portuguese quantum infrastructure, where stable performance under realistic environmental conditions remains a major challenge.

By synthesizing recent theoretical developments with a network-oriented perspective, the paper argues that non-Markovian behavior should be understood not only as a source of noise but also as a potentially useful resource. This perspective opens new possibilities for improving protocol design, error resilience, and state distribution in emerging quantum networks. The study concludes that a deeper understanding of entanglement dynamics in memory-bearing environments can contribute to the development of more adaptive and reliable quantum communication systems in Portugal and beyond.

Key words: quantum entanglement, non-Markovian dynamics, quantum networks, open quantum systems

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FRACTAL GEOMETRY APPLICATIONS IN PORTUGUESE COASTAL EROSION PREDICTION MODELS

Assoc. Prof. Dr. Ana Costa, Miguel Ferreira
Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal

ABSTRACT

This study explores the application of fractal geometry in predicting coastal erosion patterns along Portuguese shorelines. Coastal zones are shaped by complex physical processes that generate irregular landforms, variable erosion rates, and spatial patterns that are difficult to capture using conventional linear models. Fractal analysis offers a valuable framework for representing this complexity because it allows the coastline to be understood as a dynamic system whose morphology changes across multiple scales.

The research is based on the conceptual integration of geometric modeling, coastal dynamics, and environmental prediction approaches. It examines how fractal dimensions can help describe the spatial roughness of shorelines and improve understanding of erosion-sensitive zones. The study also considers the relationship between wave action, sediment movement, and landscape fragmentation, showing that coastal form is not static but continuously reshaped by environmental forces. In this sense, fractal geometry provides not only a descriptive tool but also a way of interpreting the evolving logic of coastal change.

The paper argues that more accurate prediction models are needed to support Portuguese coastal planning, especially in areas exposed to long-term retreat and storm impact. Fractal-based methods may contribute to improved monitoring, early warning, and landscape management by revealing hidden structural patterns within erosion processes. The study concludes that the use of fractal geometry can strengthen coastal prediction models and support more sustainable responses to shoreline instability in Portugal.

Key words: fractal geometry, coastal erosion, Portugal, shoreline prediction, environmental modeling

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TOPOLOGICAL INSULATORS CHARACTERIZATION USING ADVANCED SCANNING TUNNELING MICROSCOPY

Dr. Lars van der Berg, Emma Jansen, Prof. Dr. Pieter de Vries, Sophie Bakker
Faculty of Science, Delft University of Technology, Netherlands

ABSTRACT

This paper examines the characterization of topological insulators through advanced scanning tunneling microscopy, with emphasis on the surface properties that distinguish these materials from conventional electronic systems. Topological insulators have attracted strong interest because of their unique electronic structure, in which insulating bulk behavior coexists with robust conducting surface states. Scanning tunneling microscopy provides a highly sensitive method for studying these states at the atomic scale and for observing the effects of local defects, surface polarization, and electronic interference.

The research is grounded in recent developments in condensed matter physics and surface spectroscopy. It discusses how tunneling-based observation can reveal surface state stability, spatial symmetry, and electronic texture in topological materials. The analysis also highlights the value of microscopy in identifying the relationship between structural features and electronic behavior, especially in materials where surface phenomena dominate transport characteristics. Such knowledge is essential for understanding both fundamental physics and future technological applications.

The paper argues that advanced microscopy techniques are indispensable for the reliable study of topological phases because they provide direct access to the surface region where key quantum properties emerge. The findings suggest that scanning tunneling microscopy can deepen understanding of how topological materials behave under different experimental conditions and how their exotic states may be controlled for device use. The study concludes that topological insulator characterization through microscopy remains a central method in the development of next-generation quantum and electronic technologies.

Key words: topological insulators, scanning tunneling microscopy, surface states, condensed matter physics

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

NONLINEAR OPTICAL RESPONSES IN DUTCH PHOTONIC CRYSTAL FIBERS FOR TELECOMMUNICATIONS

Tom de Haan
Faculty of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology, Netherlands

ABSTRACT

This study investigates nonlinear optical responses in Dutch photonic crystal fibers with particular attention to telecommunications applications. Photonic crystal fibers are engineered to guide light through microstructured arrangements that can significantly alter dispersion, confinement, and nonlinear interaction. In modern communication systems, such behavior is especially valuable because it supports high-capacity data transmission, signal processing, and wavelength management within compact optical devices.

The research draws on optical physics literature and photonic engineering concepts to analyze how nonlinear effects influence fiber performance under telecommunication conditions. It focuses on phenomena such as self-phase modulation, four-wave mixing, and dispersion control, all of which can affect signal quality and propagation efficiency. The study also considers the importance of structural design in shaping optical response, showing that small changes in fiber geometry can produce important differences in transmission behavior.

The paper argues that nonlinear photonic crystal fibers offer significant potential for improving the flexibility and efficiency of optical communication networks. Their ability to manage light in controlled ways makes them relevant not only for long-distance transmission but also for integrated photonic systems and signal conversion technologies. The study concludes that Dutch research in this field contributes to the broader development of advanced telecommunications infrastructure by combining theoretical precision with practical optical design.

Key words: nonlinear optics, photonic crystal fibers, telecommunications, signal propagation

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SUPERCONDUCTING QUANTUM BITS STABILITY IMPROVEMENTS THROUGH ERROR CORRECTION CODES

Dr. Fatima Al-Thani, Assoc. Prof. Dr. Khalid Rahman, Noor Al-Mansoori
Faculty of Engineering, Qatar University, Qatar

ABSTRACT

This paper examines stability improvements in superconducting quantum bits through the use of error correction codes, a topic central to the development of practical quantum computing systems. Superconducting qubits are among the most promising platforms for quantum processing, but their usefulness is limited by decoherence, gate errors, and environmental disturbances. Error correction offers a pathway to extending qubit reliability and reducing the impact of noise on quantum computation.

The study is based on a theoretical review of quantum error correction principles and their relevance to superconducting architectures. It explains how coded qubit systems can detect and correct errors without directly destroying quantum information, thereby protecting fragile quantum states over longer computational cycles. The analysis also highlights the challenges of implementing correction schemes in hardware, especially in systems where physical complexity and resource demands remain significant.

The paper argues that stability improvements depend not only on correction algorithms but also on careful integration between physical qubit design and logical encoding strategies. In this context, superconducting platforms are particularly important because they combine scalability with strong experimental potential. The study concludes that error correction codes are essential for advancing superconducting qubits from laboratory prototypes toward robust quantum technologies capable of supporting future computing, communication, and sensing applications.

Key words: superconducting qubits, error correction, quantum computing, decoherence

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MATHEMATICAL MODELING OF DESERT DUNE MIGRATION PATTERNS IN QATARI SAND SEAS

Dr. Omar Al-Khalifa
Faculty of Science, Qatar University, Qatar

ABSTRACT

This study explores mathematical modeling of desert dune migration patterns in Qatari sand seas, where wind dynamics, sediment availability, and surface conditions shape one of the most distinctive landscape processes in arid environments. Dune movement is a gradual yet highly significant phenomenon that affects infrastructure, transportation routes, land management, and environmental planning. Understanding its behavior is therefore important for both scientific and practical reasons.

The research is based on a review of geomorphological modeling approaches and desert landscape studies. It focuses on the interaction between wind regime, sand transport, dune morphology, and local topographic variation. The analysis shows that dune migration is not random, but follows spatial and temporal patterns that can be represented mathematically through process-based models. These models help explain how dunes grow, shift, merge, or stabilize under different environmental conditions.

The paper argues that mathematical modeling can support better monitoring and management of desert landscapes in Qatar. By identifying migration tendencies and vulnerable areas, such models may help guide infrastructure planning and reduce the impact of sand encroachment. The study concludes that dune modeling is an important interdisciplinary field linking mathematics, geography, and environmental management, with strong relevance for arid-region development and adaptation.

Key words: dune migration, mathematical modeling, desert geomorphology, Qatar, sand seas

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FRACTAL ANALYSIS OF TAJIKISTAN MOUNTAIN RIVER NETWORKS AND HYDROLOGIC PREDICTIONS

Dr. Rustam Rahimov, Dilnoza Karimova, Assoc. Prof. Dr. Farrukh Saidov
Faculty of Hydrology and Geography, Tajik National University, Tajikistan

ABSTRACT

This study examines mountain river networks in Tajikistan through fractal analysis and hydrologic prediction. Mountain drainage systems are shaped by complex terrain, erosion processes, and seasonal water dynamics, making them suitable for fractal interpretation. The research investigates how river branching patterns, stream hierarchy, and basin structure can be analyzed to improve understanding of hydrologic behavior in steep landscape environments.

The paper draws on hydrology, geomorphology, and spatial analysis literature to explain why fractal methods are useful for mountain river systems. It highlights the fact that such networks often develop self-similar patterns across scales, allowing researchers to identify structural regularities that are not visible in conventional mapping. The analysis also considers how these patterns relate to runoff concentration, flood response, and watershed organization.

The study argues that fractal analysis can contribute to more accurate hydrologic prediction in Tajikistan, particularly in regions where water management depends on complex mountain catchments. Better understanding of network geometry may support flood assessment, watershed planning, and long-term environmental monitoring. The study concludes that fractal methods offer a promising way to connect mathematical description with practical hydrologic interpretation in mountainous terrain.

Key words: fractal analysis, river networks, hydrologic prediction, Tajikistan, mountain geography

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

QUANTUM FIELD THEORY APPLICATIONS TO HIGH-ENERGY COSMIC RAY SPECTRA FROM PAMIR OBSERVATORY

Sherali Mirzoev, Dr. Malika Ubaidova
Faculty of Physics, Tajik Academy of Sciences, Tajikistan

ABSTRACT

This paper explores applications of quantum field theory to the interpretation of high-energy cosmic ray spectra observed at the Pamir Observatory. Cosmic rays provide important information about particle interactions at extreme energies, and theoretical frameworks are required to explain the processes that shape their spectral features. Quantum field theory offers a powerful basis for linking observational data with particle behavior in high-energy astrophysical environments.

The study is grounded in theoretical physics literature and cosmic ray research. It examines how field-theoretic concepts can be used to describe particle production, interaction mechanisms, and energy distribution in the upper atmosphere. The analysis also considers the role of the observatory setting, where high-altitude conditions make it possible to study cosmic radiation with greater sensitivity. In this way, the Pamir Observatory serves as a valuable site for connecting astrophysical measurement with fundamental particle theory.

The paper argues that quantum field theory can deepen understanding of cosmic ray spectra by providing a framework for interpreting complex interaction patterns. It also highlights the interdisciplinary value of combining observational astrophysics with advanced theoretical modeling. The study concludes that the Pamir Observatory remains an important location for high-energy research and that quantum field theory continues to be essential for explaining the behavior of cosmic rays in a broader physical context.

Key words: quantum field theory, cosmic rays, Pamir Observatory, high-energy physics

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

FTO YÜZEYİNE La^{+3}–Yb^{+3} BİRLİKTE KATKILI TiO_2 NANOYAPILARININ YAPISAL KARAKTERİZASYONU ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ÇALIŞMA

Zarif Mammadova[1]
[1]Atatürk Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh. Böl., Erzurum, Türkiye.
zarif.mammadova24@ogr.atauni.edu.tr-ORCID Code: 0009- 0007-6951-4260
Dr. Öğr. Üyesi Berrak Çalışkan[2*]
**[2] Atatürk Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh. Böl., Erzurum, Türkiye.*
**(berrak.c@atauni.edu.tr)-ORCID Code: 0000- 0001-8536-5807*
Prof. Dr. Enes Şayan[3]
[3] Atatürk Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh. Böl., Erzurum, Türkiye.
esayan@atauni.edu.tr-ORCID Code: 0000- 0003-3458-0472

ÖZET

Bu çalışmada, Nadir Toprak Elementleri (NTE) ile birlikte katkılamanın yapısal değişim ve fonksiyonel performans üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla, La^{+3} ve Yb^{+3} eş katkılı TiO_2 nanoyapıları (A1: %1 La^{+3} + %1 Yb^{+3}; A2: %3 La^{+3} + %3 Yb^{+3} ve A3: %5 La^{+3} + %5 Yb^{+3}) başarıyla sentezlenerek, yapısal ve optik özellikleri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri, katkılama seviyesine bağlı olarak, A1'den A3'e doğru belirgin bir morfolojik dönüşüm olduğunu göstermiştir. A1 numunesi, yoğun şekilde kümelenmiş ve kompakt bir yapı sergilerken, A2 numunesi iyi dağılmış, homojen nanoparçacık morfolojisi ve dar parçacık boyutu dağılımı ile minimum kümelenme göstermiştir. Buna karşılık A3 numunesinde partikül büyümesi ve kısmi yeniden kümelenme gözlenmiş olup, aşırı katkılamanın partikül birleşmesini ve tane büyümesini teşvik ettiği gözlenmiştir. Bu durum, optimum katkılama konsantrasyonunun parçacık dağılımı ile kristal büyümesi arasında dengeli bir yapı oluşturduğunu göstermektedir. X-ışını kırınımı (XRD) analizleri, tüm numunelerde baskın fazın anataz olduğunu ve La^{+3} ile Yb^{+3} katkısının rutil faz oluşumunu baskıladığını göstermiştir. Pik genişlemeleri kristal boyutunun azaldığını ortaya koyarken, pik kaymaları katkılama iyonlarının neden olduğu örgü bozulmalarına işaret etmektedir. UV–Vis analizi ise La^{+3} ve Yb^{+3}'nin TiO_2 kafesine dahil edilmesi sonucu bant boşluğunun daraldığını, katkılamanın TiO_2'nin bant yapısını değiştirerek ara enerji seviyeleri oluşturduğunu, böylece ışık soğurma kapasitesini artırdığını ve elektron–boşluk rekombinasyonunu azalttığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, La^{+3}–Yb^{+3} eş katkılamanın TiO_2'nin parçacık boyutu, gözenek ve yapısal özelliklerini etkin bir şekilde kontrol ettiğini, optimum katkılama seviyesi (A2) morfolojik homojenlik, kontrollü parçacık boyutu ve daha iyi gözeneklilik gösteren kristal yapısı ile adsorpsiyon, fotokatalitik ve fotovoltaik uygulamalar için TiO_2 tabanlı malzemelerin tasarımına önemli katkılar sunabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: La^{3+} ve Yb^{3+} birlikte katkılama, TiO_2 nanoyapı, SEM analizi, Morfolojik dönüşüm

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Sorumlu Yazar: Dr. Öğr. Üyesi Berrak Çalışkan *(berrak.c@atauni.edu.tr)*

1. GİRİŞ

Titanyum dioksit (TiO_2), yüksek kimyasal kararlılığının yanında toksik olmaması, uygun bant aralığı, güçlü fotokatalitik aktivitesi ve düşük maliyeti nedeniyle fotovoltaik malzemelerde yaygın olarak kullanılmakta olup en çok incelenen yarı iletken malzemelerin başında gelmektedir. Ancak, düşük elektron iletim hızı ve rekombinasyon kayıplarıyla birlikte, geniş bant aralığı (~3,2 eV) aktivitesini ultraviyole bölgeyle sınırlandırır ve hızlı elektron-delik rekombinasyonuna yol açarak genel verimliliğini düşürmektedir [1]. Bu bağlamda, Nadir Toprak Elementleri (NTE) ile yapılan katkılamalar, TiO_2'nin opto-elektronik özelliklerini geliştirerek bu sınırlamaların aşılmasına katkı sağlayabilir. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, NTE katkılaması, TiO_2'nin yapısal, optik ve elektronik özelliklerini değiştirmek için etkili bir strateji olarak kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. La^{3+} ve Yb^{3+} gibi NTE iyonları, bant aralığı içinde lokalize enerji seviyeleri oluşturarak yük ayrışmasını artırır ve görünür ışık emilimini iyileştirir [1]. Ayrıca, NTE katkılaması mikro yapıyı; kristalit boyutunu azaltarak, yüzey kusurlarını artırarak ve gözenekliliği artırarak önemli ölçüde etkiler. Bu yapısal değişiklikler, fotokatalitik aktiviteyi ve yüzey reaktivitesini iyileştirir [2]. Üstelik, NTE birlikte katkılama işleminin, tekli katkılama sistemlerine kıyasla üstün performans sağlayan sinerjik etkiler ürettiği de gösterilmiştir [3].

Literatürde daha çok tek katkı (Yb^{3+} veya La^{3+}) çalışmaları varken, çift katkının sinerjik katkısı özgün bir alan açmaktadır. La^{3+} ve Yb^{3+} iyonlarının sinerjik etkisi, tek katkıya kıyasla daha iyi optoelektronik performans sağlayabilir. TiO_2 üzerine tek katkılı NTE (özellikle Tm^{3+}, Yb^{3+}) katkılamaları literatürde oldukça yaygındır. La^{3+} ve Yb^{3+} birlikte katkısı çok az sayıda çalışmada yer almaktadır. Literatürde bu konuda doğrudan yürütülen çalışma mevcut olmayıp La^{3+} ve Yb^{3+} birlikte katkısının fotovoltaik malzeme olarak verimliliğe etkisi sistematik biçimde incelenmemiştir. Bu katkıların film kristalliği, gözeneklilik optik özellik üzerindeki etkisi belirsizdir. Ayrıca sol-jel gibi üretim yöntemiyle de film kalınlığı ve gözenekliliğin optimize edilmesi de daha kararlı fotovoltaik malzemeler için avantajlı olabilecektir.

Bu çalışmada, sol-jel yöntemiyle La^{+3} ve Yb^{+3} ile birlikte katkılanmış TiO_2 nanoyapıları (A1: %1 La^{+3} + %1 Yb^{+3}; A2: %3 La^{+3} + %3 Yb^{+3} ve A3: %5 La^{+3} + %5 Yb^{+3}) sentezlenmiş ve yapısal ve optik özellikleri XRD, SEM ve UV spektroskopisi gibi karakterizasyon teknikleriyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

La^{3+} ve Yb^{3+} birlikte katkılanmış TiO_2 örnekleri (A1, A2 ve A3) kontrollü kimyasal yöntemlerden biri olan sol-jel yöntemiyle sentezlendi. Saf ve katkılı TiO_2 sentezler iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamasında 1,7 ml titanyum tetra izopropoksit (TTIP) etanol içerisinde karıştırılmıştır. İkinci aşamasında 8 ml etanol ve 3 ml asetik asit konularak ilk aşamada hazırlanan karışıma damla damla ilave edilmiştir. Katkılı TiO_2 sentezler için bu aşamada katkılanacak element % M miktarı kadar belirlenerek eklenmiştir. Daha sonra bu karışım karıştırıldıktan sonra 48 saat dinlendirmeye bırakılmıştır. TiO_2 pastaların hazırlanması

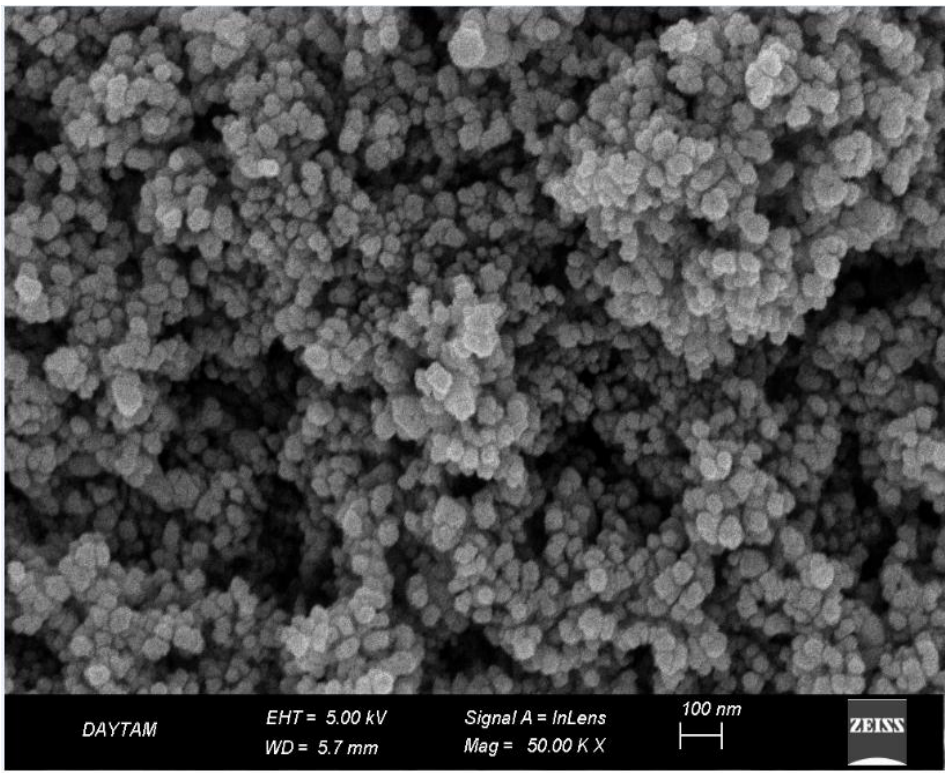
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

aşamasında 0,5 ml 48 saat dinlendirilmiş sentez, 0,25 g P25 TiO_2 tozu, 0,5 ml asetik asit ve birkaç damla Triton-X 100 konulmuştur. Elde edilen pastalar FTO camlara 'Doctor-Blade' yöntemi ile kaplandı ve son olarak da 500 °C'de 60 dakika tavlandı. La^{+3} ve Yb^{+3} eş katkılı TiO_2 nanoyapıları (A1: %1 La^{+3} + %1 Yb^{+3}; A2: %3 La^{+3} + %3 Yb^{+3} ve A3: %5 La^{+3} + %5 Yb^{+3}) başarıyla sentezlenerek, yapısal ve optik özellikleri açısından XRD (Faz tanımlama ve kristallik analizi), SEM (Yüzey morfolojisi ve parçacık boyutu değerlendirmesi) ve UV–Vis spektroskopisi (Optik soğurma ve bant boşluğu tahmini) karakterizasyon teknikleri yardımıyla incelenmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

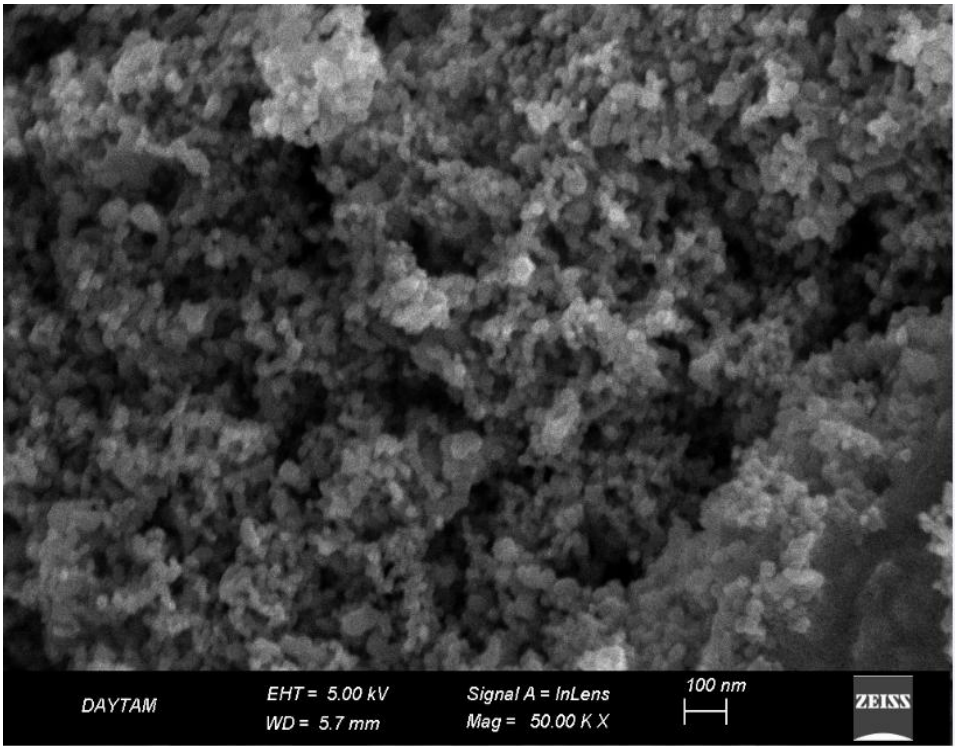
3.1. Yapısal Analiz ve Karşılaştırma (SEM)

A1, A2 ve A3 numunelerinin yüzey morfolojisi ve parçacık boyutu dağılımı, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile ayrıntılı olarak incelenmiş olup elde edilen mikro yapısal özellikler Görsel 1,2 ve 3'de sunulmuştur. A1 numunesi, belirgin şekilde yüksek derecede bir araya toplanmış, yoğun ve kompakt bir morfoloji sergilemektedir. Bu yapıda, güçlü partiküller arası etkileşimler nedeniyle bireysel nanoparçacıkların ayırt edilmesi zorlaşmakta olup, primer partikül boyutunun belirli bir aralıkta olduğu öngörülmektedir. Bununla birlikte, ileri düzey kümelenme sonucu farklı boyutlarda sekonder yapılar oluşmuş ve bu durum etkin yüzey alanının ciddi şekilde azalmasına yol açmıştır. Bu tür kompakt ve toplu yapılar, literatürde düşük yüzey reaktivitesi ve sınırlı aktif merkez erişimi ile ilişkilendirilmektedir [4, 5].

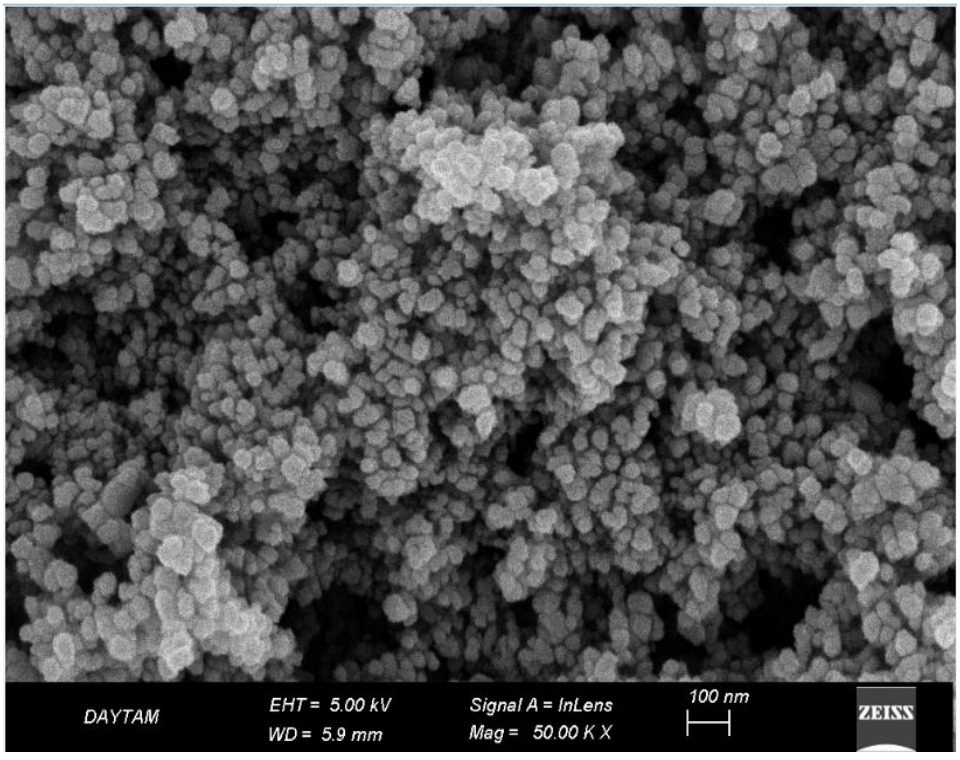


Görsel 1. A1 numunesinin SEM görüntüleri

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 2. A2 numunesinin SEM görüntüleri



Görsel 3. A3 numunesinin SEM görüntüleri

Buna karşılık, A2 numunesi belirgin şekilde iyileşmiş bir morfoloji sunmakta olup, homojen dağılım gösteren, iyi ayrışmış ve yarı küresel nanoparçacık yapısı ile karakterizedir. Parçacık boyutlarının dar bir dağılım aralığında yer aldığı oldukça üniform bir dağılım göstermektedir

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

ve kümelenmenin minimum seviyeye indiği gözlenmiştir. Bu morfolojik iyileşme, katkılama seviyesinin optimal aralıkta olmasıyla ilişkilendirilebilir ve nanoparçacıklar arasındaki elektrostatik dengeyi iyileştirerek kümelenmeyi baskıladığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, literatürde uygun katkılama oranlarının partikül dağılımını iyileştirdiği ve spesifik yüzey alanını artırdığı rapor edilmiştir [6, 7]. Bu bağlamda, A2 numunesinin yüksek yüzey alanı ve gelişmiş ara yüzey özellikleri sayesinde özellikle fotokatalitik, boya duyarlı güneş hücreleri ve fotoelektrokimyasal uygulamalar için en uygun morfolojiyi sunduğu değerlendirilmektedir.

A3 numunesinde ise nanoparçacık yapısının kısmen korunduğu, ancak belirgin şekilde tane büyümesi ve yeniden kümelenme eğilimlerinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Primer partikül boyutunun belirli bir aralığa yükseldiği ve buna eşlik eden şekilde farklı boyutlarda sekonder kümelenmelerin oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum, aşırı katkılama oranlarının kristal büyümesini hızlandırarak partikül birleşmesini teşvik ettiğini göstermektedir. Literatürde, aşırı katkılama seviyelerinin yüzey enerjisini artırarak difüzyon süreçlerini hızlandırdığı ve bunun sonucunda tane büyümesi ile kümelenmeyi tetiklediği yaygın olarak rapor edilmiştir [8, 9].

Genel olarak değerlendirildiğinde, SEM analizi sonuçları morfolojik dönüşümün katkılama konsantrasyonuna güçlü şekilde bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. A1 numunesi aşırı kümelenme nedeniyle sınırlı yüzey özellikleri sergilerken, A2 numunesi optimum katkılama koşullarında elde edilen homojen dağılım ve minimum kümelenme ile en üstün nanoyapısal özellikleri sunmaktadır. Buna karşın, A3 numunesinde gözlenen tane büyümesi ve yeniden kümelenme, aşırı katkılama etkisinin belirgin bir göstergesidir. Bu yapısal dönüşüm, optimum katkılama konsantrasyonunun nanoparçacık dağılımının kontrolünde, aşırı tane büyümesinin engellenmesinde ve yüzeyle ilişkili özelliklerin iyileştirilmesinde kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

3.2. La^{3+}–Yb^{3+} Eş Katkılamasının Mikro Yapı Üzerindeki Etkisi

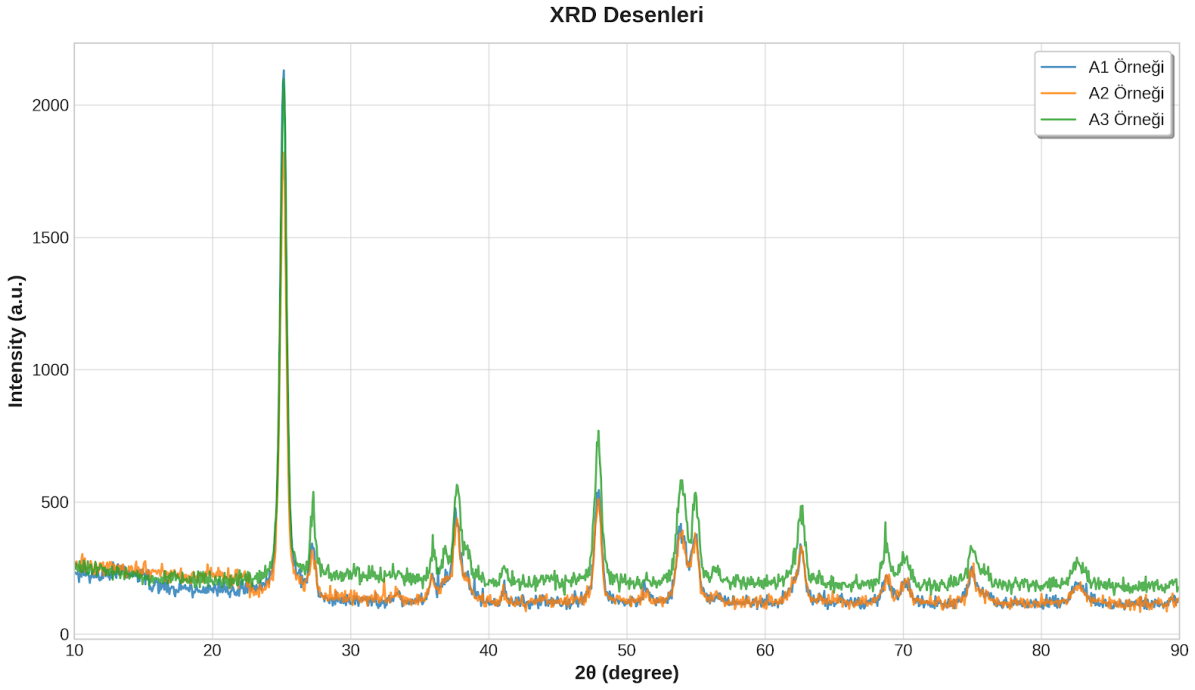
A1'den A3'e gözlemlenen yapısal dönüşüm, La^{3+} ve Yb^{3+} iyonlarının artan etkisine bağlanabilir. SEM'de görülen yoğun kümelenmenin nedeni, La^{3+} ve Yb^{3+} iyonlarının Ti'e kıyasla daha büyük iyon yarıçapları nedeniyle TiO_2 kafesine kolayca yerleşememelerinden dolayı kristal örgüde gerilme, yüzey enerjisinde artış ve tane sınırlarında nanopartiküllerin birleşmesi (kümelenme) nedeniyledir. Bu durum, kafes yapısının bozulması, kristal büyümesinin baskılanması ve artan kusur yoğunluğuna yol açar. Benzer davranışlar, NTE katkı maddelerinin tane büyümesini engellediği ve daha küçük kristalit oluşumunu teşvik ettiği yaygın olarak bildirilmiştir [1]. Ayrıca, Yb^{3+} katkısının optimum konsantrasyonlarda (~%1) fotokatalitik performansı artırdığı, yüzey pürüzlülüğündeki artış üzerinde belirgin bir etki gösterdiği ancak aşırı katkılamanın ise kusur kümelenmesi nedeniyle aktiviteyi azaltabileceği gösterilmiştir [10, 11].

SEM'de gözlenen boşluklar, katkılama, kristal büyümesini düzensiz hale getirmesi ve lokal yapı bozulmaları oluşturması dolayısıyla mesoporöz yapı oluşumuna katkı sağlar. Bu da adsorpsiyon ve fotokataliz için çok avantajlıdır. La^{3+} ve Yb^{3+} katkısı, elektron–delik rekombinasyonunu azaltır ve yüzeyde aktif merkez sayısını artırır. SEM'deki pürüzlü yüzey ve düzensiz yapı bu aktif bölgelerin arttığını destekler.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

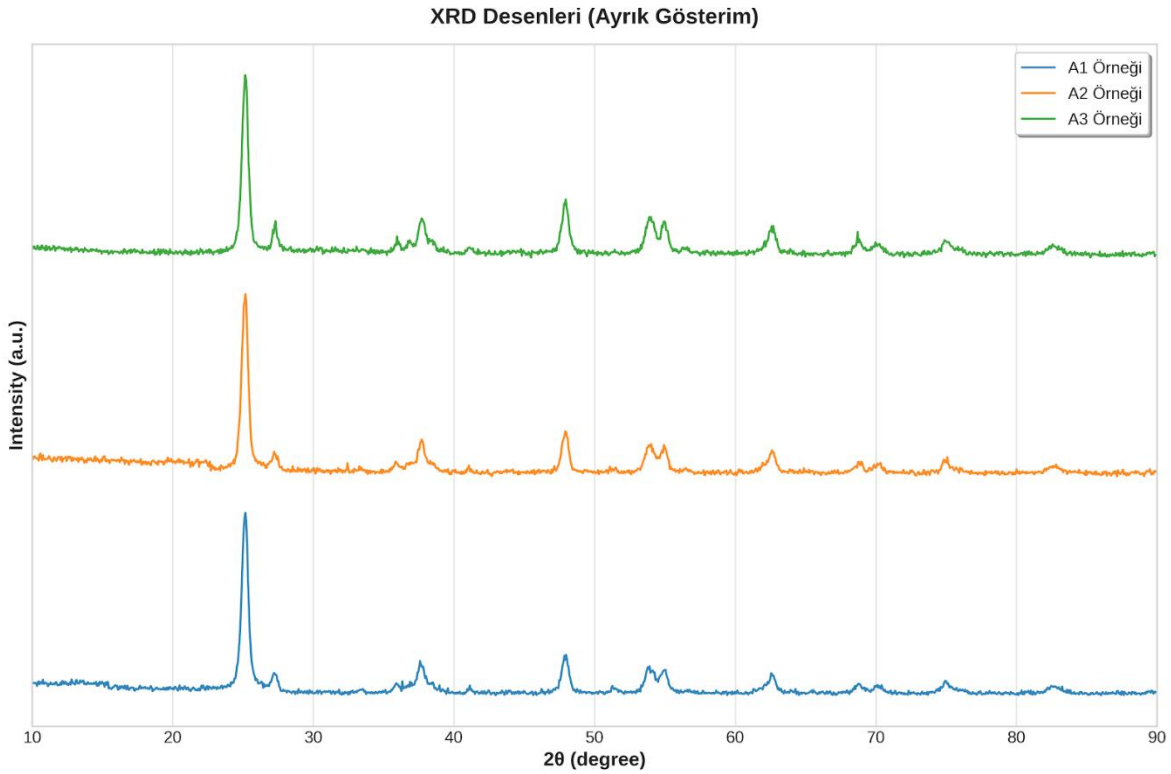
3.3. Yapısal Analiz (XRD)

A1, A2 ve A3 örneklerinin XRD desenleri Görsel 4 ve 5'de sunulmuştur. Her üç örneğe ait XRD desenleri, yaklaşık 26,5°, 37°, 50°, 56° ve 64° (2θ)'de yer alan benzer kırınım pikleri göstermekte olup, bu da ana kristal fazların katkılamadan sonra değişmeden kaldığını göstermektedir. Yaklaşık 26,5°'de gözlemlenen en yoğun pik, genellikle kuvars veya silikat mineralleriyle ilişkilendirilen baskın kristal faza karşılık gelmektedir. Pik konumları örnekler arasında neredeyse aynı kalmasına rağmen, pik yoğunluğunda hafif farklılıklar gözlemlenmiştir. Özellikle, A2 örneği, A1 ve A3'e kıyasla ana kırınım tepe noktası için biraz daha düşük bir yoğunluk sergilemektedir. Bu yoğunluk azalması, kristalliğin küçük bir oranda azaldığını veya kristal fazlar içinde hafif bir yapısal düzensizliği gösterebilir. Bu tür değişiklikler, mineral fazlarını değiştirmeden parçacık yüzeylerini değiştirebilen veya mikro yapısal değişikliklere neden olabilen fiziksel işlem süreçleri nedeniyle meydana gelebilir.



Görsel 4. 10°–90° (2θ) aralığında ölçülen A1, A2 ve A3 örneklerinin X-ışını kırınım (XRD) desenleri.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 5. 10°–90° (2θ) aralığında ölçülen A1, A2 ve A3 örneklerinin X-ışını kırınım (XRD) desenleri ayrık gösterimi

XRD desenleri, tüm numunelerin ağırlıklı olarak anataz fazını sergilediğini ve önemli rutil piklerinin gözlenmediğini göstermektedir. Anataz fazının stabilizasyonu, faz dönüşümünü engelleyen La^{3+} ve Yb^{3+} katkı maddelerinin varlığına bağlanabilir. Katkı maddelerinin anatazdan rutile geçiş sıcaklığını artırdığı ve anataz yapısını stabilize ettiği iyi bilinmektedir [2]. XRD desenlerinde gözlemlenen pik genişlemesi ise SEM gözlemleriyle tutarlı olarak kristal boyutunun azaldığını göstermektedir. Ayrıca, hafif pik kaymaları, katkı maddesi eklenmesinden kaynaklanan kafes bozulmasını düşündürmektedir; bu, NTE katkılı TiO_2 sistemlerinin tipik bir özelliğidir [1].

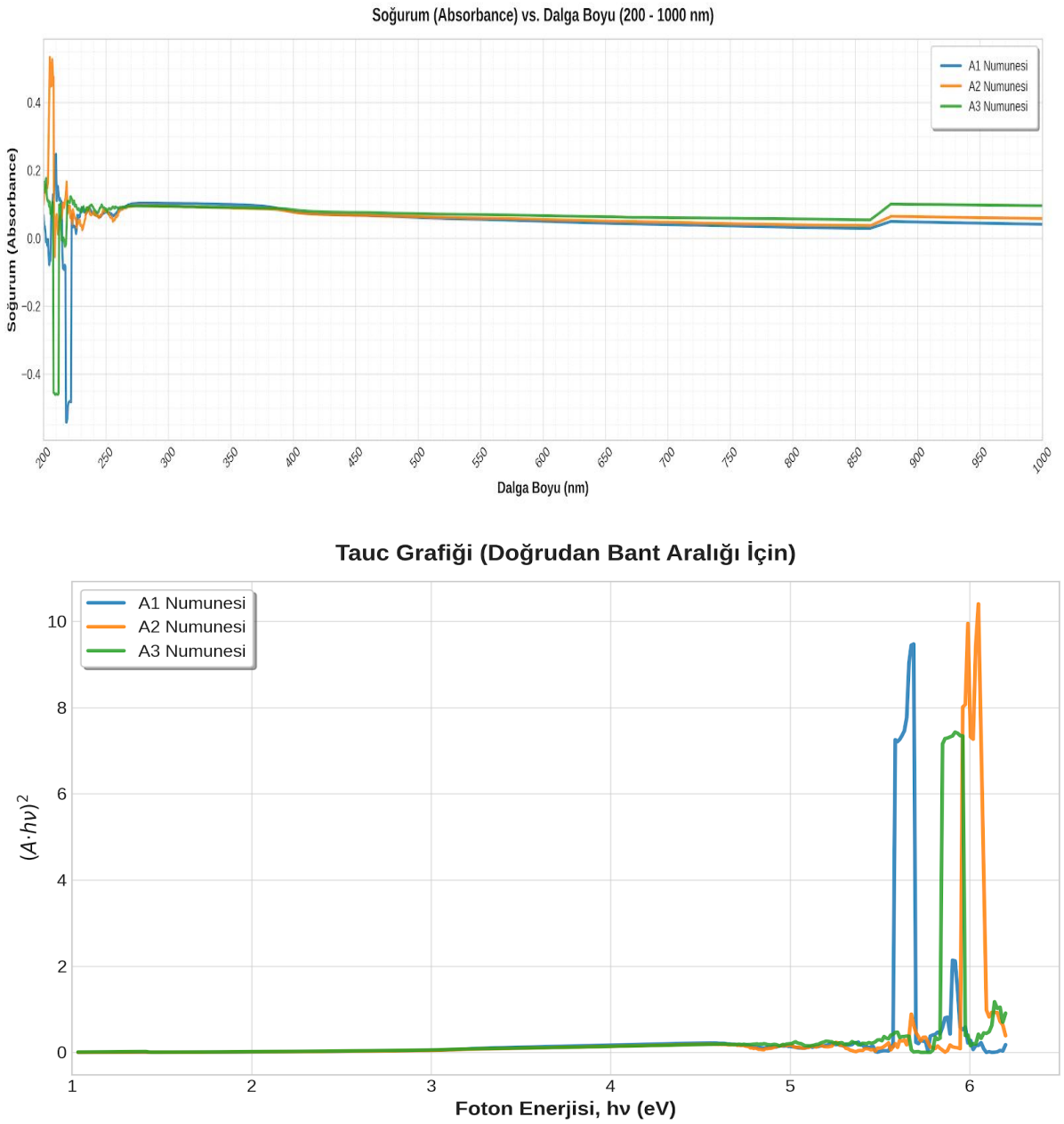
Genel olarak, XRD sonuçları, uygulanan La^{3+} ve Yb^{3+} katkılama işlemin yeni kristal fazların oluşumuna yol açmadığını, bunun yerine katkılama işleminin mevcut mineral fazlarının kristalliğini veya yapısal düzenini hafifçe etkilemiş olabileceğini göstermektedir.

3.4. Optik Özellikler

La^{+3} ve Yb^{+3} eş katkılı TiO_2 nanoyapılarının (A1, A2 ve A3 örnekleri) yasak bant aralığındaki değişimi tespit etmek amacıyla UV-Visible Spektrofotometre analizi yapılmıştır. A1, A2 ve A3 örneklerinin, Soğurum – Dalga Boyu Grafiği ve Optik bant aralığı için Tauc grafiği $(\alpha \cdot h\,\upsilon)^2$ – $h\upsilon$) grafikleri Görsel 6'da sunulmuştur. Numunelerin optik bant aralığı enerjileri, $(\alpha h\nu)^2$ değerinin foton enerjisine ($h\nu$) karşı grafiği çizilerek Tauc bağıntısı kullanılarak belirlendi. Grafiklerin doğrusal kısmı, optik bant aralığını tahmin etmek için enerji eksenine ekstrapole

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

edildi. Katkılama ile birlikte bant aralığı değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bant aralığındaki bu düşüş foto-anotun daha fazla foton soğurmalarını sağlayarak optik özelliklerinin gelişmesine sebep olmaktadır. Hesaplanan bant aralığı değerleri de Çizelge 1'de verilmiştir. A2 için yaklaşık 5,40 eV ve A3 için 5,26 eV olarak bulundu; bu da oksit bazlı yalıtım malzemelerinin geniş bant aralığı özelliğini göstermektedir.



Görsel 6. Soğurum (Absorbance) – Dalga Boyu Grafiği ve Optik bant aralığı için Tauc grafiği $(A \cdot h\upsilon)^{\wedge 2}$ – hυ

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge 8. A1, A2 ve A3 örneklerinin Bant Aralığı Değerleri

Numune	Eg (eV)
A1	6.04 eV
A2	5.40 eV
A3	5.26 eV

NTE katkılama, TiO_2'nin optik özelliklerini önemli ölçüde değiştirir. La^{3+} ve Yb^{3+}'nin eklenmesi, bant aralığı içinde ara enerji seviyeleri oluşturur ve bunun sonucunda da bant aralığı daralır, emilim sınırında kırmızı kayma ve görünür ışık emiliminde iyileşme olur. Özellikle Yb^{3+} katkısının bant aralığını azalttığı ve yakın kızılötesi ile görünür ışık tepkisini artırdığı bildirilmiştir [1]. Bu etkiler, foton emilimini ve yük taşıyıcı ayrılmasını iyileştirerek fotokatalitik verimliliği artırır.

3.5. SEM, XRD ve Optik Sonuçların Korelasyonu

Bu çalışmanın sonuçları yapısal ve optik özellikleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, yapı ve optik davranış arasında güçlü bir korelasyon gözlemlenmektedir. Azaltılmış parçacık boyutu, özgül yüzey alanının artmasına yol açarken; artan gözeneklilik, kütle transferi ve difüzyon süreçlerinin iyileşmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, anataz fazının stabilizasyonu fotokatalitik aktivitenin gelişimine katkıda bulunurken, bant aralığının daralması malzemenin ışık emilim kapasitesini artırarak daha etkin bir optoelektronik yanıt ortaya koymasına olanak tanımaktadır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, La^{3+}–Yb^{3+} katkılı TiO_2 nanoyapıları (A1, A2, A3) başarıyla sentezlenerek, XRD, SEM ve UV-Vis spektroskopisi kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, La^{+3}–Yb^{+3} eş katkılamanın TiO_2'nin mikro yapısal özelliklerini (parçacık boyutu, gözeneklilik ve yapısal düzen) etkin bir şekilde kontrol ettiğini, buna bağlı olarak gözeneklilik ve özgül yüzey alanının önemli ölçüde arttığını, anataz fazının stabilize edildiğini ve optik özelliklerin belirgin biçimde iyileştirildiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda optimum katkılama seviyesi olarak belirlenen A2 numunesinin; morfolojik homojenlik, kontrollü parçacık boyutu dağılımı ve gelişmiş gözeneklilik özellikleri gösteren kristal yapısı ile adsorpsiyon, fotokataliz ve fotovoltaik uygulamalar açısından TiO_2 tabanlı malzemelerin tasarımı ve performansına önemli katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Teşekkür
Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne FYL-2025-16119 kodlu projeye desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KAYNAKÇA

[1]. Haque, S., Khan, M. M., Jahan, M. S., Ahad, A., Sayedi, T. A., Khan, M. I., & Neha, T. R., Rare earth doped TiO2 thin film: A review on structural, optical, photocatalytic, magnetic, and electrical properties, Next Materials, 11, 101661, 2026.

[2]. Reszczyńska, J., Grzyb, T., Sobczak, J. W., Lisowski, W., Gazda, M., Ohtani, B., & Zaleska, A., Lanthanide co-doped TiO2: the effect of metal type and amount on surface properties and photocatalytic activity. Applied surface science, 307, 333-345, 2014.

[3]. Gao, H. T., & Liu, W. C., La and/or Y doped TiO2: facile synthesis and enhanced photocatalysis. Advanced Materials Research, 463, 290-294, 2012.

[4]. Chen, X., & Mao, S. S., Titanium dioxide nanomaterials: Synthesis, properties and applications. Chemical Reviews, 107(7), 2891–2959, 2007.

[5]. Diebold, U., The surface science of titanium dioxide. Surface Science Reports, 48(5–8), 53–229, 2003.

[6]. Fujishima, A., Zhang, X., & Tryk, D. A., TiO_2 photocatalysis and related surface phenomena. Surface Science Reports, 63(12), 515–582, 2008.

[7]. Zhang, H., & Banfield, J. F., Thermodynamic analysis of phase stability of nanocrystalline titania. Journal of Materials Chemistry, 8(9), 2073–2076, 1998.

[8]. Grätzel, M., Photoelectrochemical cells. Nature, 414, 338–344, 2001.

[9]. O'Regan, B., & Grätzel, M., A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized TiO_2. Nature, 353, 737–740, 1991.

[10]. Borlaf, M., Colomer, M. T., Moreno, R., & Ortiz, A. L., Rare earth-doped TiO2 nanocrystalline thin films: Preparation and thermal stability. Journal of the European ceramic society, 34(16), 4457-4462, 2014.

[11]. Yuenyaw, S., Saito, K., Sekiya, E. H., & Sujaridworakun, P., Preparation and Characterizations of Yb-doped TiO2 photocatalyst films prepared by RF-magnetron sputtering process. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 18, No. 17, p. 172005, 2011.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

SUYUN PEYZAJ TERCİHİ ÜZERİNE ETKİLERİ

THE EFFECTS OF WATER ON LANDSCAPE PREFERENCE

Nur GÜRBULAK

Atatürk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü,

nrsysl@gmail.com - ORCID ID: 0009-0009-3072-5364

Prof. Dr. Nalan DEMİRCİOĞLU

Atatürk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü,

nalandemircioglu25@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-4871-1579

ÖZET

Su, peyzaj mimarisinde hem estetik hem de işlevsel özellikleri ile öne çıkan ve kullanıcı tercihlerini belirleyen başlıca peyzaj öğeleri arasında yer almaktadır. Peyzaj mekânlarında su varlığı, yalnızca görsel kaliteyi artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bireyler üzerinde psikolojik ve fizyolojik olumlu etkiler yaratmaktadır. Yapılan araştırmalar suyun, bireylerin doğayla kurdukları bağı güçlendirmekte önemli rol oynadığını göstermektedir. Su, peyzaj alanlarında görsel, işitsel ve dokunsal özellikleriyle çok duyulu bir deneyim sunarak, peyzaj alanlarının algılanma biçimlerine yön vermektedir. Bu bağlamda, su mevcut alanların, kullanıcılar tarafından daha estetik, huzur verici ve cazip olarak değerlendirildiği birçok araştırmada ortaya konulmuştur. Özellikle suyun dinamik yapısı ve yansıtıcı yüzey özellikleri, mekâna derinlik ve hareket kazandırarak algısal zenginliği artırmaktadır. Suyun sahip olduğu hareketli karakter, peyzaj alanlarında monotonluğu kırarak dikkat çekici odak noktaları oluşturmakta ve kullanıcıların mekânla daha güçlü bir etkileşim kurmasına olanak sağlamaktadır. Dinamik su kullanımı peyzaj tasarımı açısından önemli tasarım stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Suyun peyzaj mekanlarına kattığı psikolojik, işlevsel ve estetik etkilerinin yanı sıra ekolojik etkileri de oldukça fazladır. Su yüzeyleri mikroklimatik etkiler yaratarak, kentsel alanlarda ısı adası etkisinin azaltılması, çevre sıcaklığı ve nem dengesi gibi konularda olumlu katkılar sağlamakta ve aynı zamanda su, bu alanlarda biyolojik çeşitliliği de desteklemektedir. Ekolojik etkilerinin yanı sıra suyun sosyal etkileri de bir diğer katkı unsurudur. Bireylerin su kenarlarında vakit geçirme eğilimi, kullanıcıların bu alanlarda daha uzun süre kalmasına ve mekânla duygusal bağ kurmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, kamusal alanların kullanım yoğunluğunu artırırken, mekânsal aidiyet duygusunu da güçlendirmektedir. Dolayısıyla, su öğelerinin peyzaj tasarımına entegrasyonu ile kullanıcı tercihleri üzerinde çok boyutlu etkiler yaratılarak hem bireysel hem de toplumsal düzeyde önemli kazanımlar sağlanmaktadır. Sonuç olarak suyun peyzaj tercihi üzerindeki etkileri çok boyutlu bir yapıya sahip olup ve estetik, psikolojik, ekolojik ve sosyal bileşenlerin kesişiminde şekillenmektedir. Bu nedenle, peyzaj tasarım süreçlerinde su öğesinin bilinçli ve bağlamsal bir yaklaşımla ele alınması, kullanıcı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

beklentilerinin karşılanması ve nitelikli mekânların oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışmamızda suyun peyzaj tercihleri üzerine etkileri alanında yapılan araştırmaların sonuçları ele alınarak peyzaj alanlarını kullanan bireylerin su varlığı ve yokluğu durumlarında peyzaj tercihlerinin nasıl bir yönelim izlediği anlaşılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj Tercihi, Su Öğesi, Peyzajda Su Kullanımı, Peyzaj Tasarımı

ABSTRACT

Water is among the primary landscape elements that stand out with both its aesthetic and functional characteristics in landscape architecture and that determine user preferences. The presence of water in landscape spaces not only enhances visual quality but also creates positive psychological and physiological effects on individuals. Research shows that water plays an important role in strengthening individuals' connection with nature. By offering a multi-sensory experience through its visual, auditory, and tactile qualities, water shapes how landscape spaces are perceived. In this context, many studies have revealed that areas with water are evaluated by users as more aesthetic, peaceful, and attractive. In particular, the dynamic nature of water and its reflective surface properties add depth and movement to spaces, increasing perceptual richness. The dynamic character of water breaks monotony in landscape areas, creates striking focal points, and enables users to establish a stronger interaction with the space. The use of dynamic water is considered an important design strategy in landscape design. In addition to the psychological, functional, and aesthetic effects that water contributes to landscape spaces, its ecological impacts are also significant. Water surfaces create microclimatic effects, contributing positively to reducing the urban heat island effect and maintaining environmental temperature and humidity balance in urban areas, while also supporting biodiversity in these spaces. Alongside its ecological effects, water also has notable social impacts. Individuals' tendency to spend time near water allows users to remain longer in these areas and to form emotional connections with the space. This situation increases the intensity of use of public spaces while strengthening the sense of spatial belonging. Therefore, integrating water elements into landscape design creates multidimensional effects on user preferences, providing significant benefits at both individual and societal levels. In conclusion, the effects of water on landscape preference have a multidimensional structure and are shaped at the intersection of aesthetic, psychological, ecological, and social components. For this reason, addressing the water element in landscape design processes with a conscious and contextual approach is of great importance in meeting user expectations and creating high-quality spaces. In our study, by examining the results of research conducted on the effects of water on landscape preferences, it has been sought to understand how individuals using landscape areas tend to shape their preferences in the presence or absence of water.

Keywords: Landscape Preference, Water Element, Use of Water in Landscape, Landscape Design

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte hızlanan kentleşme, doğal çevre ile insan arasındaki etkileşimi zayıflatmakta ve bireylerin psikolojik refahını olumsuz yönde etkilemektedir (United Nations, 2018). Bu durum, peyzaj mimarlığında doğa temelli tasarım yaklaşımlarının önemini artırmıştır. İnsan ve doğa arasında ki bağı yeniden kurabilmek için, günümüzde kullanıcı odaklı tasarım anlayışı doğrultusunda peyzaj tercihlerini etkileyen faktörlerin bilimsel olarak ortaya konması gerekmektedir. Doğa temelli tasarım uygulamalarında ise özellikle su öğesi, tarihsel süreç boyunca bahçe ve açık alan tasarımlarında hem sembolik hem de işlevsel bir unsur olarak kullanılmıştır (Jellicoe ve Jellicoe, 1995). Çevre psikolojisi literatüründe yapılan incelemeler su öğesinin ve diğer doğal unsurların insan sağlığı ve refahı üzerinde önemli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Ulrich et al., 1991). Bu bağlamda su öğesi, hem görsel hem işitsel özellikleriyle dikkat çeken ve kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, su öğesinin peyzaj tercihleri üzerindeki etkilerini çok yönlü analiz etmek ve bu doğrultuda tasarım süreçlerine bilimsel katkılar sunmaktır. Literatür taraması yöntemi ile daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiş ve çalışmaların bulguları ile suyun peyzaj tercihi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Peyzaj Tercihi

Peyzaj tercihi, bireylerin belirli çevreleri diğerlerine göre daha çekici bulma eğilimini ifade etmektedir (Nasar, 1998). Peyzaj kullanıcılarının çevresel özelliklere yönelik estetik, işlevsel ve psikolojik değerlendirmeleri doğrultusunda belirli mekânları diğerlerine göre daha cazip bularak bu alanlara yönelim göstermeleri peyzaj tercihi olarak nitelendirilmektedir. Bu kavram, çevresel psikoloji ve peyzaj mimarlığı disiplinlerinin kesişiminde yer almakta olup, insan ve çevre etkileşimini anlamada önemli bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Peyzaj tercihlerinin oluşumunda doğal unsurlar, mekânsal organizasyon, kültürel arka plan ve bireysel deneyimler belirleyici roller oynamaktadır (Kaplan ve Kaplan, 1989).

Peyzaj tercihleri yalnızca fiziksel özelliklerle sınırlı olmayıp, aynı zamanda sosyo-kültürel faktörlerden de etkilenmektedir. Bireylerin yaş, eğitim düzeyi, kültürel geçmişi ve yaşam deneyimleri, peyzaj algısını ve tercihlerini şekillendirmektedir. Örneğin, kırsal kökenli bireylerin daha doğal ve düzensiz peyzajları tercih ettiği, kentsel yaşam deneyimine sahip bireylerin ise daha düzenli ve tasarlanmış alanlara yöneldiği belirlenmiştir (Van den Berg et al., 1998). Bu durum, peyzaj tasarımlarında hedef kullanıcı kitlesinin özelliklerinin de dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Peyzaj tercihine yönelik kuramsal yaklaşımlar incelendiğinde, alanın en yaygın modellerden birinin Kaplan ve Kaplan (1989) tarafından geliştirilen “Bilgi İşleme Kuramı” olduğu görülmektedir. Bu kurama göre bireyler, çevreleri değerlendirirken dört temel ölçüt kullanmaktadır;

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

- ✓ Anlaşılırlık
- ✓ Okunabilirlik
- ✓ Karmaşıklık
- ✓ Gizem

Anlaşılırlık, peyzajın düzenli ve organize görünmesini ifade ederken; okunabilirlik, bireyin mekânda yön bulabilme kapasitesi ile ilişkilidir. Karmaşıklık, çevredeki öğe çeşitliliğini temsil ederken; gizem ise mekânın keşfedilmeye değer olma potansiyelini ifade etmektedir. Bu dört bileşen, bireylerin peyzajlara yönelik tercihlerini doğrudan etkilemektedir (Kaplan ve Kaplan, 1989).

Peyzaj tercihlerinde mekânsal organizasyon ve kullanım olanakları da belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Açık ve erişilebilir alanlar, yürüyüş yolları, dinlenme noktaları ve sosyal etkileşim alanları gibi fonksiyonel özellikler, kullanıcıların mekân tercihlerini doğrudan etkilemektedir. Gehl (2011), kamusal alanların kullanıcı dostu olacak şekilde tasarlanmasının, bu alanların tercih edilme sıklığını artırdığını vurgulamaktadır. Ayrıca güvenlik algısı, bakım durumu ve erişilebilirlik gibi faktörler de peyzaj tercihinde önemli rol oynamaktadır (Nasar ve Fisher, 1993).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, peyzaj tercihlerinin sürdürülebilirlik ve ekolojik farkındalık ile de ilişkili olduğunu göstermektedir. Bireyler, doğal yaşamı destekleyen, biyolojik çeşitliliği koruyan ve çevre dostu tasarım ilkelerine sahip peyzajları daha fazla tercih etme eğilimindedir (Gobster et al., 2007). Bu bağlamda, sürdürülebilir peyzaj tasarımı, yalnızca ekolojik açıdan değil, aynı zamanda kullanıcı tercihleri açısından da önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Araştırmalar göstermektedir ki peyzaj tercihi çok boyutlu bir olgu olup estetik, psikolojik, ekolojik ve sosyo-kültürel faktörlerin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Peyzaj mimarlığı uygulamalarında başarılı sonuçlar elde edebilmek için kullanıcı beklentilerinin ve tercihlerini etkileyen bu faktörlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir.

2.2. Peyzaj Tercihi ve Su

Doğal unsurların peyzaj tercihindeki etkisi literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır. Özellikle su öğeleri, bitki örtüsü ve topografik çeşitlilik, bireylerin estetik değerlendirmelerinde önemli rol oynamaktadır. Ulrich (1983), doğal manzaraların insanlarda stres azaltıcı etkiler yarattığını ve bu nedenle tercih edildiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, su elemanlarının bulunduğu peyzajların daha fazla tercih edildiği ve bu alanların rekreatif kullanım açısından daha çekici bulunduğu çeşitli çalışmalarla desteklenmektedir (White et al., 2010).

Kaplan ve Kaplan (1989) tarafından geliştirilen doğal çevrelerin bilişsel süreçler üzerindeki etkisini açıklayan '*Dikkat Yenilenme Teorisi'* ile doğa unsurlarının zihinsel yorgunluğu azaltarak dikkat kapasitesini yenilediği tespit edilmiştir. Teoriye göre su öğesinin "*Yumuşak Büyülenme*" sağlayarak bireylerin çevreyle daha derin bir bağ kurmasına olanak tanımaktadır (Kaplan ve Kaplan, 1989).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Yumuşak büyülenme, bireyin dikkatini zorlamadan, kendiliğinden ve nazik bir şekilde çeken çevresel uyaranları ifade etmektedir ve bu yönüyle bilişsel yenilenmeye olanak tanımaktadır (Kaplan ve Kaplan, 1989). Başka bir açıklamayla yumuşak büyülenme, doğa temelli unsurların, örneğin su yüzeylerinin hareketi, yaprakların rüzgârla salınımı ya da kuş sesleri gibi olayların bireyin istemsiz dikkatini harekete geçirmesiyle ortaya çıkmaktadır. Kaplan ve Kaplan'a göre modern yaşamın gerektirdiği sürekli dikkat kullanımı, bireylerde dikkat yorgunluğuna yol açmakta; bu durum ise bilişsel performansın düşmesine ve stres seviyesinin artmasına neden olmaktadır. Yumuşak büyülenme ise bireylere bu yorgunluğu azaltıcı zihinsel toparlanmayı destekleyen bir mekanizma sunmaktadır (Kaplan, 1995).

Appleton'un (1975) "*Gözlem – Sığınak Teorisi*" yaklaşımı ise insanların hem gözlem yapabilecekleri hem de kendilerini güvende hissedebilecekleri ortamları tercih ettiğini öne sürmektedir. Su kenarları bu iki özelliği bir arada sunarak tercih edilirliği artırmaktadır. Ulrich (1983) tarafından geliştirilen *Stres Azaltma Teorisi*, doğal manzaraların bireylerin fizyolojik stres tepkilerini azalttığını ortaya koymaktadır. Su içeren doğal manzaraların kalp atış hızı ve kan basıncı üzerinde olumlu etkiler yarattığını yapılan deneylerle tespit edilmiştir (Ulrich et al., 1991). Ayrıca, su sesinin beyaz gürültü etkisi yaratarak dikkat dağıtıcı unsurları azalttığı ve bireylerin zihinsel rahatlama yaşamasını sağladığı belirtilmektedir (White et al., 2010).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada, nitel araştırma yaklaşımlarından biri olan literatür incelemesi yöntemi tercih edilmiştir. Literatür incelemesi, belirli bir konu çerçevesinde daha önce yapılmış bilimsel çalışmaların sistematik biçimde toplanması, değerlendirilmesi ve analiz edilmesini kapsayan bir yöntemdir. Bu yöntemle mevcut bilgi birikimi derlenmiş, konunun kuramsal temelleri oluşturulmuş ve çalışmanın özgün katkısının yer alabileceği alanlar belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında, araştırma konusuyla ilişkili akademik yayınlara erişmek amacıyla hem ulusal hem de uluslararası düzeyde saygın veri tabanları taranmıştır. Bu süreçte Google Akademi, Web of Science, Scopus, ProQuest, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve üniversite kütüphane kaynakları olmak üzere çeşitli platformlardan yararlanılmıştır. Kaynak seçiminde güncel olma, bilimsel saygınlık, konu ile örtüşme düzeyi ve atıf yoğunluğu gibi ölçütler dikkate alınmıştır. Elde edilen veriler, tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, çalışmalarda öne çıkan ana temalar belirlenmiş ve bu temalar doğrultusunda araştırma konusu bağlamında çıkarımlar yapılmıştır.

Veri toplama sürecinde Google Akademi, Web of Science, Scopus, ProQuest, YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanlarında Türkçe arama kelimeleri olarak *"peyzaj tercihi", "su öğesi", "çevresel psikoloji", "biyofilik tasarım"*, İngilizce arama kelimeleri olarak ise "*landscape preference", "water element", "environmental psychology", "biophilic design"* kullanılmıştır.

Seçilen çalışmalar içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiş ve su öğesinin etkileri dört ana kategori altında sınıflandırılmıştır:

- ✓ Suyun Görsel ve Estetik Etkileri
- ✓ Suyun Psikolojik ve Bilişsel Etkileri

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

- ✓ Suyun Mikroklimatik ve Ekolojik Etkileri
- ✓ Suyun Mekânsal Organizasyon ve Mekân Kullanımı Üzerine Etkileri

3.1. Suyun Görsel ve Estetik Etkileri

Su, peyzaj mimarlığında tarihsel süreç içerisinde yalnızca işlevsel bir unsur olmaktan çıkmış, estetik, psikolojik ve algısal boyutlarıyla mekânsal deneyimi şekillendiren temel bir tasarım bileşeni haline gelmiştir. İlk dönemlerde tarımsal ve hijyenik amaçlarla kullanılan su, zamanla rekreasyonel, görsel ve simgesel değerler kazanarak peyzaj tasarımında merkezi bir rol üstlenmiştir. Günümüzde yapılan bilimsel çalışmalar, suyun peyzaj algısı, estetik kalite ve kullanıcı tercihleri üzerindeki etkilerinin güçlü olduğunu ortaya koymaktadır (Akbana vd., 2024). Su öğesi, peyzajda görsel çeşitlilik ve derinlik oluşturan önemli bir bileşen görevi üstlenmekte yansıtıcı yüzeyi sayesinde ışık ve çevresel elemanlarla etkileşime girerek mekânsal algıyı zenginleştirmektedir (Nasar, 1998).

Suyun estetik etkilerinin en belirgin olduğu alanlardan biri görsel kalite üzerindeki katkısıdır. Su yüzeyleri, ışığı yansıtma özellikleri, hareketli yapıları ve çevresel unsurlarla kurdukları etkileşim sayesinde peyzajın dinamikliğini artırmaktadır. Özellikle göl ve nehir gibi su kütlelerinin estetik değerinin ölçülmesine yönelik araştırmalar, suyun peyzaj değerlendirme kriterleri içerisinde temel bir unsur olduğunu göstermektedir (Tallar ve Suen, 2017). Nehir peyzajları üzerine yapılan bir çalışmada, su yüzeyinin ölçeği, çevresindeki bitki örtüsü ve topoğrafik özelliklerin estetik kalite algısını doğrudan etkilediği; büyük ölçekli su yüzeylerinin daha yüksek estetik değer ile ilişkilendirildiği belirlenmiştir (Li vd., 2022). Bu durum, suyun yalnızca varlığının değil, aynı zamanda mekânsal büyüklüğü ve kompozisyon içerisindeki konumunun da estetik algıyı belirlediğini ortaya koymaktadır.

Peyzajda “Mavi Alan” olarak tanımlanan su öğesinin, insanlar üzerinde daha yüksek tercih edilme oranına ve daha olumlu duygusal tepkilere yol açtığı çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Doğal ve yapay çevre görsellerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, su öğesi içeren sahnelerin daha yüksek beğeni, daha fazla ziyaret etme isteği yarattığı belirlenmiştir (White vd., 2010). Ayrıca su, peyzaj içerisindeki sert ve durağan elemanların oluşturduğu monotonluğu kırarak mekâna çeşitlilik ve canlılık kazandırmaktadır (Gawde ve Sharma, 2023). Bu özellikleri sayesinde su, hem görsel hem de duyusal açıdan zengin bir deneyim sunmaktadır.

Algısal ve bilişsel süreçler de suyun estetik etkilerinin anlaşılmasında önemli bir yer tutmaktadır. İnsan beyninin evrimsel süreçte suya karşı geliştirdiği olumlu eğilimler, suyun estetik olarak tercih edilmesinin temel nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. Yapılan çalışmalar, suyun yansıtıcılığı, simetrik yüzey oluşturma kapasitesi ve hareketli yapısının insanlarda olumlu estetik tepkiler uyandırdığını ortaya koymaktadır (Kim, 2023).

Peyzaj tercihleri üzerine yapılan ampirik çalışmalar da suyun estetik etkilerini destekler niteliktedir. Rekreasyon alanlarında gerçekleştirilen görsel kalite değerlendirmelerinde, su öğesi içeren peyzajların kullanıcılar tarafından daha yüksek puanlarla değerlendirildiği belirlenmiştir (Adıgüzel ve Pirselimoğlu Batman, 2024). Ayrıca kıyı ve nehir peyzajlarında

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

yapılan bütüncül analizler, estetik kalite değerlendirmelerinde suyun hem nesnel faktörler (fiziksel özellikler, suyun büyüklüğü, çevresel düzen) hem de öznel faktörler (kullanıcı algısı, deneyim ve beklentiler) ile birlikte etkili olduğunu göstermektedir (Zhang vd., 2022). Bu durum, suyun estetik etkilerinin yalnızca fiziksel özelliklere indirgenemeyeceğini, kullanıcı deneyimi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tüm bu bulgular ışığında suyun peyzaj mimarlığındaki estetik etkileri; görsel kaliteyi artırma, psikolojik iyilik halini destekleme, algısal süreçleri olumlu yönde etkileme ve mekânsal tercihleri yönlendirme gibi geniş bir yapı sergilemektedir. Su, peyzaj tasarımında yalnızca tamamlayıcı bir unsur değil, aksine mekânsal kimliği belirleyen ve kullanıcı deneyimini şekillendiren temel bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

3.2. Suyun Psikolojik ve Bilişsel Etkileri

Suyun psikolojik ve bilişsel etkileri, çevresel psikoloji ve peyzaj mimarlığı disiplinlerinde son yıllarda artan bir ilgiyle ele alınmakta olup, bireylerin zihinsel süreçleri, duygusal durumları ve genel iyilik halleri üzerindeki belirleyici rolü giderek daha fazla bilimsel bulguyla desteklenmektedir. Doğal çevre unsurlarından biri olan su; görsel, işitsel ve mekânsal özellikleri sayesinde insan algısını etkileyen bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Özellikle akarsu, göl, deniz ve yapay su ögelerinin bulunduğu ortamların, bireylerin dikkat süreçlerini düzenlediği, stres düzeylerini azalttığı ve bilişsel performansı artırdığı yönünde güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Bu bağlamda suyun etkileri, başta *Dikkat Yenilenme Teorisi* ve *Stres Azaltma Teorisi* olmak üzere iki temel kuramsal çerçeve üzerinden açıklanmaktadır. Ulrich'in (1984) klasik çalışmasında, hastane penceresinden doğal manzara (ağaçlar ve su ögeleri vb.) gören hastaların, duvar manzarası görenlere göre daha hızlı iyileştiği ve daha az ağrı kesiciye ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir.

Su duygudurum düzenleme ve zihinsel rahatlama üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Özellikle su sesinin (örneğin akan su ya da dalga sesi) bireylerde parasempatik sinir sistemi aktivasyonunu artırarak gevşeme sağladığı bilinmektedir. Bu durum, kalp atış hızının düşmesi, kas gerginliğinin azalması ve genel bir huzur hissinin oluşması ile ilişkilidir (White et al., 2010). Ayrıca suyun ritmik ve öngörülebilir yapısı, bilişsel süreçlerde düzenleyici bir etki oluşturarak zihinsel berraklık ve odaklanmayı artırmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, su ögeleri içeren ortamlarda çalışan bireylerin, daha yüksek yaratıcılık ve problem çözme becerileri sergilediğini göstermektedir (Berman et al., 2008).

Suyun bilişsel etkileri, aynı zamanda hafıza ve öğrenme süreçlerini de kapsamaktadır. Doğal su peyzajlarında geçirilen zamanın, kısa süreli hafıza performansını artırdığı ve bilişsel esnekliği desteklediği belirlenmiştir. Özellikle çocuklar ve yaşlı bireyler üzerinde yapılan araştırmalar, su ögeleri içeren yeşil alanların bilişsel gelişimi desteklediğini ve bilişsel gerilemeyi yavaşlattığını ortaya koymaktadır (Taylor ve Kuo, 2009). Bununla birlikte, suyun bulunduğu ortamların, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) gibi bilişsel sorunların semptomlarını azaltıcı etkisi olduğu da rapor edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Suyun psikolojik ve bilişsel etkilerinin bir diğer önemli boyutu ise mekânsal algı ve estetik deneyim ile ilişkilidir. Su yüzeyinin yansıtıcı özelliği, mekânın algılanışını derinleştirerek bireyde görsel zenginlik ve estetik tatmin oluşturur. Bu durum, bireyin bulunduğu çevreye yönelik algısını olumlu yönde etkileyerek mekânsal bağlılık ve aidiyet duygusunu artırmaktadır. Suyun hareketli yapısı (akış, dalga, şelale vb.) ise statik peyzaj unsurlarına kıyasla daha fazla dikkat çekmekte ve bireyin çevre ile etkileşimini güçlendirmektedir. Bu dinamik yapı, bilişsel uyarımı artırarak zihinsel canlılık ve farkındalık düzeyini yükseltmektedir.

Sonuç olarak, su öğeleri hem psikolojik hem de bilişsel düzeyde çok yönlü etkiler yaratarak bireylerin yaşam kalitesini artıran önemli çevresel bileşenler arasında yer almaktadır. Dikkat yenilenmesi, stres azaltma, duygudurum iyileşmesi ve bilişsel performans artışı gibi etkiler, suyun peyzaj tasarımında neden vazgeçilmez bir unsur olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

3.3. Suyun Mikroklimatik ve Ekolojik Etkileri

Su yüzeyleri, buharlaşma yoluyla çevresel sıcaklığı düşürerek kentsel ısı adası etkisini azaltmaktadır (Oke, 1987). Ayrıca su öğeleri, biyolojik çeşitliliği destekleyerek ekosistem hizmetlerine de katkı sağlamaktadır. Suyun mikroklimatik ve ekolojik etkileri, özellikle kentsel peyzaj planlaması ve doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından olduça önemlidir. Su yüzeyleri; buharlaşma, ısı depolama kapasitesi ve albedo özellikleri sayesinde çevresel koşulları düzenleyerek mikroklimatik dengeyi doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, suyun varlığı yalnızca estetik ve rekreatif bir unsur değil, aynı zamanda termal konforu artıran ve biyolojik çeşitliliği destekleyen kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Kellert, 2008).

Mikroklimatik açıdan su yüzeylerinin en belirgin etkisi, evapotranspirasyon süreçleri aracılığıyla ortam sıcaklığını düşürmesidir. Su, yüksek özgül ısı kapasitesi sayesinde gündüz saatlerinde ısıyı depolayarak aşırı sıcaklık artışlarını sınırlar ve gece saatlerinde bu ısıyı yavaşça serbest bırakarak sıcaklık dalgalanmalarını dengeler (Oke, 1987). Bu özellik, özellikle yoğun yapılaşmanın hâkim olduğu kentsel alanlarda görülen '*Isı Adası Etkisi*'nin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Bowler et al., 2010). Su yüzeylerinde gerçekleşen buharlaşma ise çevredeki havanın nem oranını artırarak serinletici bir etki yaratır ve insan konforunu olumlu yönde etkiler (Shashua Bar ve Hoffman, 2000).

Ayrıca su kütleleri, rüzgâr hareketlerini de etkileyerek mikroklimatik düzenleyici işlev görmektedir. Geniş su yüzeyleri, çevredeki hava akımlarını yönlendirebilir ve yerel hava dolaşımını destekleyerek kirleticilerin dağılmasına katkıda bulunur. Bu durum, özellikle hava kalitesinin düşük olduğu kent merkezlerinde çevresel iyileşme açısından önemlidir. Bununla birlikte, suyun bulunduğu alanlarda yüzey pürüzlülüğünün azalması rüzgâr hızını artırabilirken, çevresel bitki örtüsü ile birlikte kullanıldığında daha dengeli bir mikroklima oluşturabilmektedir (Santamouris, 2013).

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde ise su unsurları habitat çeşitliliğinin artırılmasında temel bir rol oynamaktadır. Sulak alanlar, göletler ve akarsular; birçok bitki ve hayvan türü için yaşam alanı sunarak biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmaktadır (Mitsch ve Gosselink, 2000). Özellikle sulak alan ekosistemleri, kuş türleri, amfibiler ve sucul organizmalar için kritik öneme sahiptir ve bu alanlar ekolojik ağların sürekliliğini sağlamaktadır.

Su ekosistemleri, besin döngüleri açısından da önemli işlevler üstlenir. Azot ve fosfor gibi besin elementlerinin taşınması ve dönüştürülmesi süreçlerinde sucul ortamlar aktif rol oynar. Bu süreçler, hem su kalitesinin korunmasına hem de çevresel kirleticilerin doğal yollarla azaltılmasına katkıda bulunur. Özellikle doğal veya yapay sulak alanlar, biyofiltrasyon mekanizmaları sayesinde suyun arıtılmasına yardımcı olur ve ekosistem hizmetleri kapsamında önemli faydalar sunar (Wetzel, 2001).

Suyun ekolojik etkileri yalnızca biyotik unsurlarla sınırlı değildir; su öğesinin varlığı aynı zamanda toprak nemi ve yeraltı su seviyeleri üzerinde de belirleyici bir rol oynamaktadır (Mitsch ve Gosselink, 2015). Su varlığı, toprak yapısını iyileştirerek bitki kök gelişimini desteklemekte ve erozyon riskini azaltmaktadır (Morgan, 2005). Riparyan bölgeler ise kara ve su ekosistemleri arasında geçiş zonları oluşturarak yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip alanlar olarak öne çıkmaktadır (Naiman ve Decamps, 1997).

Suyun mikroklimatik ve ekolojik etkileri hem doğal hem de yapay çevrelerde sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir (Oke, 1987). Su öğelerinin peyzaj tasarımına entegre edilmesi yalnızca estetik değer oluşturmakla kalmamakta, aynı zamanda iklimsel düzenleme, hava kalitesinin iyileştirilmesi, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve ekosistem hizmetlerinin desteklenmesi gibi birçok fayda sağlamaktadır (Gill et al., 2007; Tzoulas et al., 2007). Bu nedenle, özellikle iklim değişikliği ve hızlı kentleşme süreçlerinin olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla su temelli tasarım yaklaşımlarının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır (IPCC, 2023).

3.4. Suyun Mekânsal Organizasyon ve Mekan Kullanımı Üzerine Etkileri

Mekânsal organizasyon, bir peyzaj alanındaki bileşenlerin belirli bir düzen ve ilişki içerisinde kurgulanmasını ifade ederken, su öğesi bu organizasyon içinde çeşitli işlevler üstlenmektedir. Su, mekânı yönlendiren, sınırlandıran, odaklayan, birleştiren ve süreklilik sağlayan bir tasarım elemanı olarak değerlendirilmektedir (Düzenli, Mumcu ve Özbilen, 2019). Bu bağlamda su yüzeyleri, peyzaj içinde hem fiziksel hem de algısal etkiler oluşturarak mekânsal bütünlüğün kurulmasına katkı sağlarlar. Mekân örgütlenmesi üzerine yapılan çalışmalar, su öğesinin mekân bileşenleri arasında güçlü bir belirleyici olduğunu ve kullanıcıların mekânı deneyimleme biçimini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır (Kürkçüoğlu ve Akın, 2013).

Suyun peyzaj tercihine mekânsal organizasyon ve kullanımı açısından etkileri, peyzaj mimarlığı disiplininde hem estetik hem de işlevsel boyutlarıyla ele alınan bir konudur. Su öğesi, tarihsel süreç boyunca yalnızca yaşamsal bir kaynak olarak değil, aynı zamanda mekânsal

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

düzenlemelerin temel bileşenlerinden biri olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise su, kentsel ve kırsal peyzaj tasarımlarında kullanıcı deneyimini zenginleştiren, mekânsal kaliteyi artıran ve ekolojik sürdürülebilirliği destekleyen çok yönlü bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Düzenli, Alpak ve Akyol, 2019; Akbana, Dumanoğlu ve Yazıcı, 2024).

Su öğesi, peyzaj tasarımında odak noktası oluşturarak kullanıcı hareketlerini yönlendirmektedir. Ayrıca su kenarları, sosyal etkileşim alanları olarak işlev görmekte ve mekânın kullanım yoğunluğunu artırmaktadır (Lynch, 1960). Hareketli su elemanları, kullanıcı hareketlerini belirli akslar boyunca yönlendirirken; durağan su yüzeyleri, mekân içinde güçlü odak noktaları oluşturarak görsel hiyerarşi yaratır (Kürkçüoğlu ve Akın, 2013). Bu durum, kullanıcıların mekânı daha sistematik ve anlamlı bir şekilde algılamasını sağlar. Ayrıca su öğeleri, mekânsal okunabilirliği artırarak kullanıcıların yön bulma süreçlerini kolaylaştırmakta ve mekânın algısal kalitesini yükseltmektedir (Düzenli, Mumcu ve Özbilen, 2019).

Su öğesinin bir diğer önemli işlevi, mekânı sınırlandırma ve bölgeleme kapasitesidir. Su kanalları, havuzlar veya yansıtma havuzları gibi elemanlar, mekân içinde farklı kullanım alanlarını birbirinden ayırarak fonksiyonel bir düzen oluşturur. Bu sınırlandırma hem fiziksel hem de algısal düzeyde gerçekleşmekte olup, mekânın organizasyonel bütünlüğünü güçlendirmektedir (Düzenli, Mumcu ve Özbilen, 2019). Özellikle geniş ölçekli peyzaj alanlarında su elemanlarının kullanımı, farklı kullanıcı ihtiyaçlarına göre mekânsal alt bölümlerin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır (Akbana, Dumanoğlu ve Yazıcı, 2024).

Suyun bağlantı kurma işlevi de peyzaj tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Akarsular ve hareketli su sistemleri, farklı mekânsal parçaları birbirine bağlayan doğal koridorlar olarak işlev görmekte ve ekolojik ağların sürekliliğini sağlamaktadır (Shen, Wang ve Guo, 2021). Bu durum, yalnızca ekolojik açıdan değil, aynı zamanda mekânsal organizasyon açısından da bütüncül bir yapı oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Shen, Wang ve Guo, 2021).

Su içeren alanlar, genellikle daha serin, ferah ve estetik açıdan daha çekici olarak algılanmakta, bu durum kullanıcıların bu alanlarda daha uzun süre vakit geçirmesine neden olmaktadır (Akbana, Dumanoğlu ve Yazıcı, 2024). Suyun görsel ve işitsel etkileri, mekânın algılanan konfor düzeyini artırarak rekreasyonel kullanım yoğunluğunu yükseltmektedir (Kürkçüoğlu ve Akın, 2013).

Sonuç olarak, su öğesinin bulunduğu peyzajların kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edildiği ve sosyal etkileşimi desteklediği literatürde vurgulanmaktadır (Düzenli, Alpak ve Akyol, 2019). Su öğesi peyzaj mimarlığında mekânsal organizasyonun temel belirleyicilerinden biri olup, kullanıcı tercihleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Suyun yönlendirici, sınırlandırıcı, odaklayıcı ve birleştirici özellikleri, mekânın hem fiziksel hem de algısal yapısını şekillendirmekte; bu durum peyzaj alanlarının daha işlevsel, estetik ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır (Düzenli, Mumcu ve Özbilen, 2019; Shen, Wang ve Guo, 2021). Bu nedenle, peyzaj tasarım süreçlerinde suyun bilinçli ve stratejik bir şekilde

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

kullanılması, hem mekânsal organizasyonun başarısını artırmakta hem de kullanıcı odaklı tasarım anlayışını desteklemektedir (Akbana, Dumanoğlu ve Yazıcı, 2024).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Elde edilen bulgular, su öğesinin peyzaj tercihleri üzerindeki etkisinin çok boyutlu ve güçlü olduğunu göstermektedir. Su, yalnızca estetik bir unsur değil, aynı zamanda psikolojik iyileşme ve çevresel konfor sağlayan bir bileşendir.

Kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde su öğesinin kullanımı, bireylerin doğayla yeniden bağlantı kurmasını sağlamaktadır. Bu durum, biyofilik tasarım yaklaşımının önemini desteklemektedir. Ancak su öğelerinin tasarımında sürdürülebilirlik ilkeleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Su tüketimi, bakım maliyetleri ve enerji kullanımı gibi faktörler, tasarım sürecinde dikkatle değerlendirilmelidir.

Bu çalışma, su öğesinin peyzaj tercihleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Temel sonuçlar:

- ✓ Su, estetik kaliteyi artırır
- ✓ Psikolojik rahatlama sağlar
- ✓ Mikroklimatik konfor oluşturur
- ✓ Ekolojik devamı sağlar
- ✓ Mekânsal organizasyonu güçlendirir

Öncelikle estetik boyutta, suyun peyzaj kalitesini artıran en önemli unsurlardan biri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Su yüzeylerinin yansıtıcı özelliği, hareketli yapısı ve çevresel elemanlarla kurduğu etkileşim, mekânsal algıyı zenginleştirerek kullanıcıların görsel memnuniyetini artırmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, su içeren peyzajların kullanıcılar tarafından daha yüksek estetik değerle değerlendirildiğini ve tercih edilme oranlarının belirgin şekilde arttığını ortaya koymaktadır. Bu durum, suyun peyzaj tasarımında yalnızca tamamlayıcı bir unsur değil, aynı zamanda mekânsal kimliği tanımlayan temel bir bileşen olduğunu göstermektedir.

Psikolojik ve bilişsel açıdan değerlendirildiğinde, su öğesinin bireylerin stres düzeylerini azaltan, dikkat yenilenmesini sağlayan ve zihinsel performansı artıran etkileri olduğu belirlenmiştir. Özellikle doğal su manzaralarının ve su sesinin bireylerde rahatlama, huzur ve odaklanma sağladığı; bu durumun çevresel psikoloji kuramlarıyla da desteklendiği görülmektedir. Suyun “yumuşak büyüleme” özelliği sayesinde bireylerin zihinsel yorgunluklarının azaldığı ve bilişsel kaynaklarının yenilendiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda su, yalnızca fiziksel çevreyi değil, bireyin zihinsel süreçlerini de şekillendiren önemli bir çevresel uyarıcıdır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Mikroklimatik ve ekolojik bulgular ise suyun sürdürülebilir peyzaj tasarımı açısından kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Su yüzeylerinin buharlaşma yoluyla çevresel sıcaklığı düşürdüğü, kentsel ısı adası etkisini azalttığı ve termal konforu artırdığı belirlenmiştir. Su, biyolojik çeşitliliği destekleyerek habitat oluşturmakta ve ekosistem hizmetlerine katkı sağlamaktadır.

Mekânsal organizasyon açısından elde edilen sonuçlarda da görülmektedir ki su öğesi peyzaj tasarımında yönlendirici, odaklayıcı, sınırlandırıcı ve birleştirici işlevler üstlenmektedir. Su elemanları, kullanıcı hareketlerini yönlendirmekte, mekânsal hiyerarşi oluşturmakta ve alan kullanımını organize etmektedir. Ayrıca su kenarları sosyal etkileşim alanları olarak öne çıkmakta ve rekreasyonel kullanım yoğunluğunu artırmaktadır.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, su öğesinin peyzaj tercihleri üzerindeki etkisinin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Suyun estetik, psikolojik, ekolojik ve mekânsal etkileri birbirleriyle etkileşim halinde olup, bu etkilerin ayrı ayrı değil entegre bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu doğrultuda aşağıdaki öneriler geliştirilebilir;

Öneriler:

- ✓ Sürdürülebilir su yönetimi sistemleri kullanılmalıdır
- ✓ Kullanıcı deneyimi odaklı tasarım yapılmalıdır
- ✓ Doğal su sistemleri (yağmur bahçeleri, biyogöletler) teşvik edilmelidir
- ✓ Su öğeleri, sosyal etkileşimi artıracak şekilde konumlandırılmalıdır

Peyzaj tasarım süreçlerinde su öğeleri, yalnızca görsel bir unsur olarak değil, kullanıcı deneyimini birçok yönüyle etkileyen stratejik bir bileşen olarak ele alınmalıdır. Tasarım kararları, suyun estetik etkilerinin yanı sıra psikolojik ve ekolojik katkıları da göz önünde bulundurularak verilmelidir.

Kentsel açık alanlarda su kullanımının artırılması, özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde kullanıcıların psikolojik iyilik halini destekleyebilir. Bu nedenle parklar, rekreasyon alanları ve kamusal mekânlarda su elemanlarının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Su öğelerinin tasarımında sürdürülebilirlik ilkeleri ön planda tutulmalıdır. Su tasarrufu sağlayan sistemler, geri dönüşüm teknolojileri ve doğal su döngüsünü destekleyen çözümler kullanılmalıdır. Bu yaklaşım, hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de uzun vadeli kaynak yönetimine katkı sağlayacaktır.

Mikroklimatik etkiler dikkate alınarak su elemanlarının konumlandırılması, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde su yüzeylerinin stratejik kullanımı, termal konforun artırılmasında önemli bir araçtır.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Mekânsal organizasyon açısından, su öğeleri kullanıcı hareketlerini yönlendiren ve mekânsal hiyerarşi oluşturan elemanlar olarak planlanmalıdır. Su kenarlarının sosyal etkileşim alanları olarak tasarlanması, kamusal mekânların kullanım yoğunluğunu ve kullanıcı memnuniyetini artıracaktır.

Sonuç olarak, su öğesi peyzaj mimarlığında vazgeçilmez bir tasarım bileşeni olup, kullanıcı tercihlerini şekillendiren en güçlü unsurlardan biridir. Bu nedenle, suyun bilinçli, dengeli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, hem mekânsal kaliteyi artırmakta hem de bireylerin yaşam kalitesine doğrudan katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA (TAVSİYE)

1. Adıgüzel, E. ve Pirselimoğlu Batman, Z., Visual Quality Assessment in Recreational Landscapes, 2024.
2. Akbana, A., Dumanoğlu, Z. ve Yazıcı, İ., Aesthetic and Functional Use of Water in Landscape Architecture, 2024.
3. Appleton, J., The Experience of Landscape, Oxford University Press, 1975.
4. Berman, M. G., Jonides, J. ve Kaplan, S., The Cognitive Benefits of Interacting with Nature, Psychological Science, 19(12), 1207–1212, 2008.
5. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. ve Pullin, A. S., Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence, Landscape and Urban Planning, 97(3), 147–155, 2010.
6. Düzenli, T., Alpak, E. M. ve Akyol, D., Peyzaj Mimarlığında Su Öğesinin Tarihsel Süreçteki Kullanım Amaçları, 2019.
7. Düzenli, T., Mumcu, S. ve Özbilen, A., Mekân Örgütlenmesi Bağlamında Su Öğesi Kullanımları, 2019.
8. Gawde, R. ve Sharma, S., Water Element as an Aesthetic Aspect of Landscape Design, 2023.
9. Gehl, J., Life Between Buildings: Using Public Space, Island Press, 2011.
10. Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R. ve Pauleit, S., Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure, Built Environment, 33(1), 115–133, 2007.
11. Gobster, P. H., Nassauer, J. I., Daniel, T. C. ve Fry, G., The Shared Landscape: What Does Aesthetics Have to do with Ecology?, Landscape Ecology, 22(7), 959–972, 2007.
12. Herzog, T. R., Black, A. M., Fountaine, K. A. ve Knotts, D. J., Reflection and Attentional Recovery as Distinctive Benefits of Restorative Environments, Journal of Environmental Psychology, 17(2), 165–170, 1997.
13. IPCC, Climate Change 2023: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.
14. Jellicoe, G. ve Jellicoe, S., The Landscape of Man, Thames and Hudson, 1995.
15. Kaplan, R. ve Kaplan, S., The Experience of Nature: A Psychological Perspective, Cambridge University Press, 1989.

16. Kaplan, S., The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework, Journal of Environmental Psychology, 15(3), 169–182, 1995.
17. Kellert, S. R., Dimensions of Biophilic Design, Yale University Press, 2008.
18. Kellert, S. R., Heerwagen, J. ve Mador, M., Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life, Wiley, 2008.
19. Kim, J., Aesthetic of Water Elements in Architecture, 2023.
20. Kürkçüoğlu, E. ve Akın, O., The Effects of Water Elements in Urban Space Perception: A Case Study in Üsküdar Municipality Square, 2013.
21. Li, X., Wang, X., Han, J. ve diğerleri, Effects of River Scale on the Aesthetic Quality of Urban On-Water Sightseeing, 2022.
22. Lynch, K., The Image of the City, MIT Press, 1960.
23. Mitsch, W. J. ve Gosselink, J. G., Wetlands, Wiley, 2015.
24. Morgan, R. P. C., Soil Erosion and Conservation, Blackwell Publishing, 2005.
25. Naiman, R. J. ve Decamps, H., The Ecology of Interfaces: Riparian Zones, Annual Review of Ecology and Systematics, 28, 621–658, 1997.
26. Nasar, J. L., The Evaluative Image of the City, Sage Publications, 1998.
27. Nasar, J. L. ve Fisher, B., "Hot Spots" of Fear and Crime, Landscape and Urban Planning, 26(1–4), 99–110, 1993.
28. Oke, T. R., Boundary Layer Climates, Routledge, 1987.
29. Sakıcı, C., Assessing Landscape Perceptions of Urban Waterscapes, 2015.
30. Santamouris, M., Using Cool Pavements as a Mitigation Strategy to Fight Urban Heat Island—A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 224–240, 2013.
31. Shashua-Bar, L. ve Hoffman, M. E., Vegetation as a Climatic Component in the Design of an Urban Street, Energy and Buildings, 31(3), 221–235, 2000.
32. Shen, J., Wang, Y. ve Guo, X., Identifying and Setting Linear Water Space Priorities in Co-Urbanized Areas Based on Ecosystem Services, 2021.
33. Tallar, R. Y. ve Suen, J. P., Measuring the Aesthetic Value of Multifunctional Lakes, 2017.
34. Taylor, A. F. ve Kuo, F. E., Children with Attention Deficits Concentrate Better After a Walk in the Park, Journal of Attention Disorders, 12(5), 402–409, 2009.
35. Tveit, M., Ode, Å. ve Fry, G., Key Concepts in a Framework for Analysing Visual Landscape Character, Landscape Research, 31(3), 229–255, 2006.
36. Ulrich, R. S., Aesthetic and Affective Response to Natural Environment, I. Altman ve J. Wohlwill (Ed.), Behavior and the Natural Environment, Plenum Press, 1983.
37. Ulrich, R. S., View Through a Window May Influence Recovery from Surgery, Science, 224(4647), 420–421, 1984.
38. Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A. ve Zelson, M., Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments, Journal of Environmental Psychology, 11(3), 201–230, 1991.

39. United Nations, World Urbanization Prospects, 2018.
40. Van den Berg, A. E., Koole, S. L. ve Van der Wulp, N. Y., Environmental Preference and Restoration, Journal of Environmental Psychology, 23(2), 135–146, 2003.
41. Wetzel, R. G., Limnology: Lake and River Ecosystems, Academic Press, 2001.
42. White, M. P., Smith, A., Humphryes, K., Pahl, S., Snelling, D. ve Depledge, M. H., Blue Space: The Importance of Water for Preference, Affect, and Restorativeness Ratings, Journal of Environmental Psychology, 30(4), 482–493, 2010.
43. Zhang, N., Zheng, X. ve Wang, X., Assessment of Aesthetic Quality of Urban Landscapes, 2022.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE ERZURUM PLAIN (EASTERN TURKEY)

Geological Engineer. Saniye EFE

Atatürk University Institute of Science

saniyee312@gmail.com - ORCID ID:0009-0007-3580-2272

Assist. Prof. Dr. Necmi YARBAŞI

Atatürk University, Faculty of Engineering

nyarbasi@atauni.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4259-1278

ABSTRACT

The Erzurum Plain is one of the important tectonic and sedimentary basins of Eastern Anatolia, shaped by active tectonism, and stands out with its geological structure and rich groundwater potential. The Erzurum Plain is located at approximately 1800–2000 m altitude and is under the influence of a continental climate. The plain has an active hydrological structure, fed by streams from the surrounding mountains and groundwater (GW) systems. In this context, the Erzurum Plain has a strategic location both in terms of its geological evolution and water resources. The plain exhibits the character of a closed/semi-closed basin surrounded by high mountainous areas. This tectonic structure controls both sedimentation and GW circulation.

In this study, the geological units, tectonic development, and hydrogeological characteristics of the plain were evaluated using a complementary approach. Tertiary and Quaternary units, unconformably overlying Paleozoic–Mesozoic basement rocks, are widespread in the plain. While alluvium forms the main aquifer environment in terms of GW flow, volcanic and sedimentary units exhibit semi-permeable and impermeable properties in places. GW flow generally flows from the edges towards the center of the plain and is usually of the Ca–Mg–HCO_3 type. However, domestic waste, sewage, and uncontrolled construction affect groundwater quality.

In recent years, increasing population, urbanization activities, and the decreasing agricultural areas in the plain directly affect the hydrogeological system of the plain. Therefore, a detailed understanding of the geological and hydrogeological characteristics of the plain is critically important for sustainable water management.

Keywords: Erzurum Plain, geology, hydrogeology, urbanization, groundwater

[1]This text is derived from an unpublished Master's Thesis, "Investigation of the Groundwater Potential and Quality of the Erzurum Plain," Atatürk University, Institute of Science, 2026.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

1. INTRODUCTION

Water is the most fundamental element necessary for the survival of living beings. The rapidly increasing global population and global climate change are rapidly reducing per capita water consumption. When excessive water use for irrigating industrial and agricultural areas is added to this negative situation, it becomes even more intractable. These current difficulties show that our need for water will be even more pressing in the future. Therefore, new irrigation areas should be designed using modern technologies effectively, and more water-efficient methods should be preferred. Furthermore, one of the important issues that needs to be addressed is ensuring the effective protection of groundwater reservoirs.

Although Turkey appears to be a country with sufficient water resources in its geographical location, the global climate changes experienced today seem likely to change this fact. Studies show that the per capita available water potential in our country is around 1640 m^3/year. However, when this data is compared with the world average, it is seen that it is among the countries that are not rich in water [3].

The Erzurum Plain, located in the Eastern Anatolia region (eastern Turkey), holds a significant position both in terms of agriculture and settlement. Its fertile soil allows for agricultural and especially livestock farming activities, while challenging continental climate conditions and water management factors influence and shape the economic and social life of the region. Although the Erzurum Plain possesses a significant groundwater resource, its sustainable management is critically important. Overuse, pollution, and disruption of the natural balance of existing water resources can lead to depletion. Therefore, protecting the groundwater resources in the Erzurum Plain is vital for both the continuation of agricultural activities and meeting the water needs of the region's population.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, the geological and hydrogeological characteristics of the Erzurum Plain were examined by interpreting the data obtained from the literature and field studies. In this context, hydrogeological reports from the State Water Works VIII. Regional Directorate (DSI-Erzurum) were used in particular [4]. The General Directorate of State Hydraulic Works, Geotechnical Services and Groundwater Department, commissioned Hidro Dizayn Mühendislik Müşavirlik İnşaat ve Ticaret A.Ş. to prepare the master plan report for the Euphrates sub-basin, and the final hydrogeology report was published in July 2017 [5].

The Geological-Geotechnical Study Report, which forms the basis of the 1/5000 scale Master Development Plan of the Erzurum Metropolitan Municipality Settlement Area, prepared by Dr. Ramazan DEMİRTAŞ, Bülent YAGYEMEZ, Orhan PENIRCI and Müjgan UGRAŞ Zetem Engineering team for Erzurum Metropolitan Municipality in November 2010, was also used. In addition, a hydrogeological framework was created by examining current academic studies on the region [6]. For meteorological data, the General Directorate of Meteorology of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, MGM-2025 data was used, and for the geology, physical structure and seismicity characteristics of the region, the “Provincial

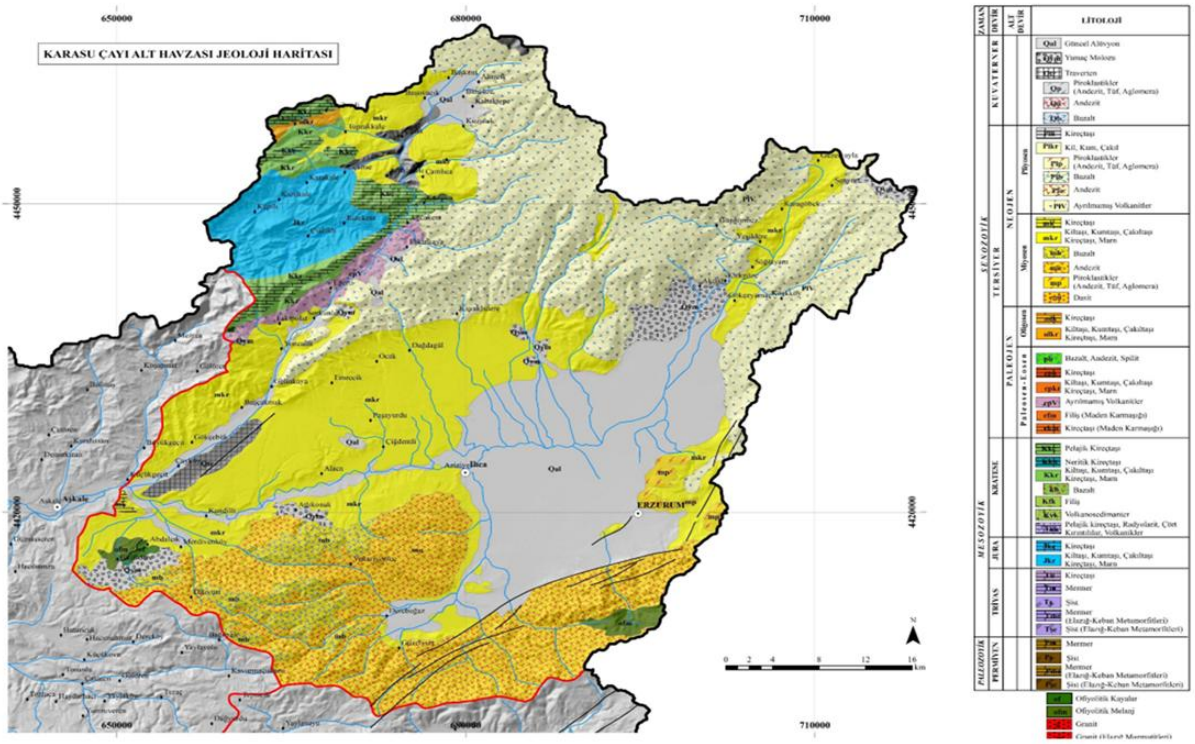
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Disaster Risk Reduction Plan", prepared by the Erzurum Governorship Provincial Disaster and Emergency Management Directorate and reported as IRAP-2021, was used [7].

3. DATA EVALUATION

This study evaluates the geological units, tectonic development, and hydrogeological characteristics of Erzurum and its surrounding area. In the Erzurum Plain, Tertiary and Quaternary units are widespread, unconformably overlying Paleozoic-Mesozoic basement rocks [1, 2].

The study area consists of Jurassic limestones, Lower Cretaceous flysch, Upper Cretaceous sandstone, marl, limestones, and Cretaceous serpentines. These formations have been thrust onto younger formations by a southwest-northeast trending thrust. The younger formations are, in order: Oligomiocene conglomerate, sandstone, claystone, limestone, gypsum; Middle Miocene conglomerate, sandstone, claystone series; Upper Miocene conglomerate, sandstone, claystone, marl, and occasional volcanic interbeds, overlying younger basalts and tuffs; and above them, Pliocene clay, sand, and gravel deposits. The Erzurum plain was formed in two eruption phases, during the Miocene and pliyokuvaterner [4, 5, 8, 9, 10]. The geological map of the Erzurum Karasu River sub-basin is shown in Visual 1.



Visual 1. Geological map of the Erzurum Karasu River sub-basin [5].

While alluvium forms the main aquifer environment in terms of groundwater (GW), volcanic and sedimentary units exhibit semi-permeable and impermeable properties in places. GW flow generally flows from the edges of the plain towards the center and usually gives a Ca–Mg–HCO_3 composition [4]. However, anthropogenic effects (physical, chemical or biological

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

changes in the natural environment as a result of human activities) such as domestic waste, wastewater and uncontrolled construction affect the quality of GW.

One of the defining features of the hydrogeological characteristics of the Erzurum Plain is the Karasu River, which forms the main branch of the Euphrates River that crosses the Erzurum Plain in an east-west direction [4, 5]. Some of the swamps located in the northeast of the Erzurum Plain have turned into seasonal swamps. The drainage of these swamp areas is provided by drainage canals (Visual 2).



Visual 2. Drainage canals of the Erzurum plain and a view from the plain towards the Palandöken mountains.

4. CONCLUSION

The Erzurum Plain is one of the important tectonic and sedimentary basins shaped by the active tectonism of Eastern Anatolia, and it stands out with its geological structure and rich groundwater potential. It has an active hydrological structure due to the streams and groundwater systems fed by the surrounding mountains. Therefore, the Erzurum Plain has a strategic location both in terms of its geological evolution and water resources

The Erzurum Plain is an important plain in terms of groundwater resources. Until 2008, Erzurum Province's drinking water needs were met by groundwater, but since 2008, it has been supplied from the Palandöken Dam. Before surface water became available, the high volume of water extraction from wells for both drinking and irrigation purposes caused significant urban and agricultural pollution to the groundwater. However, with the commencement of drinking water supply from the Palandöken Dam and the start of surface water irrigation in the Erzurum Plain, the pressure on groundwater has relatively decreased. To reduce this pressure, taking additional measures to ensure the efficient operation of drainage systems has become a necessity. In recent years, increasing population, urbanization activities, and the shrinking

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

agricultural areas in the plain directly affect the hydrogeological system of the plain. Therefore, a detailed description of the geological and hydrogeological characteristics of the plain is important for sustainable water management.

5. REFERENCE

1. Arpat, E. General Geology of the Area Between Ilıca-Aşkale (Erzurum) and its North - Petroleum Potential, MTA, Report No. 4040, Ankara, 1964.

2. Atalay, İ. Geology and Geomorphology of the Erzurum Plain and its Surroundings. Atatürk University. Faculty of Literature Publication, No: 81. Erzurum, 1978.

3. Paşaoğlu, S. We Are Not Water Rich, Turkish Agricultural Journal, Issue 156, Ankara, 2004.

4. DSI, Erzurum Plain Hydrogeological Study Report, Geotechnical Services and Water Resources Management Department Publication, 45. Ankara, 1976.

5. DSI, Euphrates Basin Sub-Basin Plan Master Plan, Basin Hydrogeology Final Report. General Directorate of State Hydraulic Works, Geotechnical Services and Groundwater Department. Hidro Dizayn Engineering Consultancy Construction and Trade Inc. Balgat-Çankaya-Ankara, July 2017.

6. Demirtaş, R., Yağyemez, B., Penirci, O., Uğraş, M. Zetem Eng. Geological-Geotechnical Study Report Forming the Basis for the 1/5000 Scale Master Development Plan of the Erzurum Metropolitan Municipality Settlement Area November, 2010.

7. IRAP. Provincial Disaster Risk Reduction Plan. AFAD, Erzurum Governorship, Provincial Disaster and Emergency Management Directorate, Erzurum, 2021.

8. Şaroğlu, F., Güner, Y. Elements Affecting the Geomorphological Development of Eastern Anatolia; Geomorphology, Tectonics, Volcanism Relations. Bulletin of the Turkish Geological Congress, 24, 2, 39-50, Ankara, 1981.

9. Şaroğlu, F., Yılmaz, G. Geological Evolution and Basin Models in the Neo-Tectonic Period in Eastern Anatolia. MTA Journal, 107, 73-94, Ankara, 1987.

10. Şengör, A.M.C. Fundamentals of Neotectonics of Türkiye. TJK Conference Series, No. 2, 40, Ankara, 1980.

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

TELEPARALEL KÜTLEÇEKİM KURAMINDA KOMPAKT NESNELER HEINTZMANN UZAY-ZAMANI

Hilal BİNİCİ
Atatürk Üniversitesi
hilalbinici76@gmail.com – 0009-0004-5363-5082

Doç. Dr. Ganim GEÇİM
Atatürk Üniversitesi
ggecim@atauni.edu.tr – 0000-0003-2678-1864

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 3+1 boyutlu $F(T) = T$ teleparallel kütle-çekim kuramı çerçevesinde kompakt astrofiziksel nesnelerin iç yapısını inceleyerek, Heintzmann uzay-zaman modelinin anizotropik yıldızların modellenmesindeki geçerliliğini test etmektir. Çalışmada, statik ve küresel simetriye sahip uzay-zaman metriği kullanılarak anizotropik madde ve skaler alanlar (standart ve fantom) için temel referans olarak $F(T) = T$ koşulu altında, TEGR'ye indirilerek alan denklemleri türetilmiştir. Sistemin makroskopik değişkenleri olan radyal ve teğetsel basınçlar ile kütle-enerji yoğunluğu Heintzmann uzay-zaman metrik potansiyelleri ve skalar alan ile analitik olarak hesaplanmış, hidrostatik kararlılık ise enerji koşulları ile (NEC, WEC, SEC, DEC) yazılmıştır. Geliştirilen model Vela X-1, Cen X-3, LMC X-4, SMC X-4 ve Her X-1 yıldız adaylarına uygulanmıştır. Modelin merkezinde geometrik tekillik oluşmadığı ve sınır yüzeyinde dış Schwarzschild vakum çözümüyle uyumlu olduğu görülmüştür. Standart $(\epsilon = +1)$ ve fantom $(\epsilon = -1)$ skaler alan varlığında, yıldızın iç basınç ve yoğunluk eğrilerinin termodinamik kurallara uygun olarak merkezden yüzeye doğru sürekli azaldığı belirlenmiştir. Fantom alan durumunda ise yıldızın iç kısmında skaler alan kütle-çekim gibi davranırken dış katmanda ters yönde bir etki yarattığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, $F(T) = T$ kütle-çekimi kuramı kapsamında, Heintzmann modelinin tüm enerji koşullarını sağlayan ve gözlemsel verilerle tam uyumlu, makroskopik bütünlüğü bozulmamış kararlı kompakt yıldız yapıları sunduğu gösterilmiştir. [1]

Anahtar Kelimeler: $F(T) = T$ Kütle-çekim kuramı, Kompakt Yıldızlar, Heintzmann Geometrisi, Anizotropi, Skaler Alan, Enerji Koşulları

[1] Tezden Türetilmiştir. "F(T) Kütle Çekim Kuramı Çerçevesinde Kompakt Nesneler", Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2025, Henüz Yayınlanmamıştır

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

KOZMOLOJİK SİMÜLASYON VERİLERİNDE GALAKSİ MORFOLOJİSİ VE YILDIZ OLUŞUMUNUN DERİN ÖĞRENME VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ İLE İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Ahmet Emin BİNİCİ

Atatürk Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ahmetemin.binici19@ogr.atauni.edu.tr – 0009-0004-2177-6067

Doç. Dr. Aykut ÖZDÖNMEZ

Atatürk Üniversitesi/Fen Fakültesi,

aykut.ozdonmez@atauni.edu.tr- :0000-0003-1399-5804

ÖZET

Bu çalışmada, galaksi morfolojisi ile yıldız oluşum hızı (SFR) arasındaki karmaşık etkileşim, büyük ölçekli kozmolojik simülasyon verileri ve derin öğrenme teknikleri kullanılarak bütüncül bir yaklaşımla incelenmektedir. Araştırmanın ilk aşamasında, simülasyonlardan elde edilen sentetik galaksi görüntüleri kullanılarak Evrişimli Sinir Ağları (CNN) tabanlı morfolojik sınıflandırma modelleri eğitilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise Aktif Galaktik Çekirdek (AGN) geri besleme mekanizmalarının galaktik evrim üzerindeki etkisini nicelendirmek amacıyla; AGN kütlesi, gaz yoğunluğu ve yıldız kütlesi gibi temel fiziksel parametreler kullanılarak SFR tahminine yönelik makine öğrenmesi regresyon algoritmaları (Yapay Sinir Ağları ve Karar Ağacı Toplulukları) geliştirilmiştir. Geliştirilen bu "kara kutu" yapısındaki derin öğrenme ve regresyon modellerinin karar mekanizmalarını şeffaflaştırmak ve fiziksel bir zemine oturtmak amacıyla SHAP ve LIME (Açıklanabilir Yapay Zeka - XAI) yöntemleri uygulanmıştır. XAI analizleri, CNN'in görsel sınıflandırma esnasında odaklandığı kritik morfolojik bölgeleri tespit etmeyi ve regresyon modelindeki parametrelerin (özellikle karadelik büyümesinin) yıldız oluşumunun durdurulması (quenching) üzerindeki etkilerini yorumlamayı sağlamaktadır. Bu bütünleşik metodoloji, görsel morfolojik sınıflandırma ile fiziksel parametrelere dayalı analizleri birleştirerek, galaksi evrimindeki AGN geri besleme süreçlerinin astrofiziksel olarak açıklanmasına yenilikçi bir perspektif sunmaktadır.[1]

Anahtar Kelimeler: Galaksi Morfolojisi, AGN Geri Beslemesi, Evrişimli Sinir Ağları (CNN), Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI), Yıldız Oluşum Hızı (SFR).

[1] Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, “Kozmolojik Simülasyonlarda Derin Öğrenme ve XAI ile Galaksi Morfolojisi-Yıldız Oluşumu İlişkisi", yayımlanmamış yüksek lisans tezinden türetilmiştir (2025).

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

DİKİŞ DESTEKLİ ARAYÜZEYLERİN SANDVİÇ KOMPOZİTLERİN TİTREŞİM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Burak DURAN
YL Öğrencisi / Atatürk Üniversitesi / Makine Mühendisliği Bölümü
burakkdrnn@gmail.com - 0009-0004-4805-7636

Merve YAZICI
Arş. Gör. / Atatürk Üniversitesi / Makine Mühendisliği Bölümü
merve.yazici@atauni.edu.tr - 0000-0003-3064-8898

Arif ULU
Dr. Öğr. Üyesi. / İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa / Makine Mühendisliği Bölümü
arif.ulu@iuc.edu.tr - 0000-0003-3000-3731

Volkan ACAR
Doç. Dr. /Atatürk Üniversitesi / Makine Mühendisliği Bölümü
volkanacar@atauni.edu.tr - 0000-0001-7412-301X

ÖZET

Sandviç kompozitler; genel olarak, çekirdek malzeme, yüzey tabakaları ve arayüzeydeki yapıştırıcı malzemelerden meydana gelmektedirler. Arayüzeydeki yapıştırıcının çekirdek ve yüzey malzemeleri arasındaki yapışmanın verimliliğine doğrudan etkisi bulunmaktadır. Bu verimlilik, nihai ürün olan sandviç yapının mekanik, dinamik ve ısıl özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Yapışmanın yetersiz olduğu arayüzeylerde, sandviç yapı bir bütün olarak malzeme özelliği gösteremez ve arayüzeydeki süreksizlik, yapının olumsuz performans göstermesine neden olur. Arayüzeydeki yapışmanın iyileştirilmesi için literatürde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan biri de dikiş yöntemi ile yüzey tabakaları ve çekirdek malzeme arasında dikey yönde (z yönü) mekanik bir tutunmanın meydana getirilmesi ve arayüzey bağının kuvvetlendirilmesidir. Bu çalışma kapsamında ele alınan sandviç yapılar, cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerinden meydana gelen yüzey malzemeleri, genişletilmiş polistiren köpük (EPS, expanded polystyrene) çekirdek malzemeler ve epoksi reçine bazlı arayüzey yapıştırıcısından oluşmaktadır. Bu kapsamda, ilk olarak kuru cam elyafı kumaşları köpük çekirdek malzemelerin üzerine yatırılmış ve kumaş/köpük arayüzeyinde belirlenen üç farklı dikiş (stitching) konfigürasyonunda dikim yapılmıştır. Ardından kumaşların dış yüzeylerine epoksi reçine yapıştırıcısı uygulanmıştır. Son olarak, ürünlere mekanik pres

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

uygulanarak sandviç kompozitler hazır hale getirilmiştir. Bu dikiş uygulamasının amacı arayüzey yapışmasının yetersiz olduğu bu gibi senaryolarda dikiş uygulamasının verimliliğini incelemektir. Üretilen sandviç yapılar daha sonra titreşim testine tabi tutulmuş ve numunelerin birinci doğal frekans ve sönüm oranları tespit edilmiştir. Testler ankastre – serbest sınır şartında yapılmış olup ayrıca bulunan modal özellikler yardımıyla kayıp faktörü de hesaplanmıştır. Bu sayede, dikiş ile desteklenen arayüzeylerin modal özellikleri belirlenmiş ve dikiş uygulamasının sandviç yapıların titreşim özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dikiş, Sandviç Kompozitler, Titreşim, Doğal Frekans, Sönüm Oranı.

Bu çalışma, birinci yazarın devam eden yüksek lisans tez çalışması kapsamında üretilmiştir. (Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ABD)

ERZURUM 3RD INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
MAY 8 – 10, 2026 – ERZURUM
ISBN NR: 978-625-8795-12-7

MgO'İN ALKALİ AKTİVE EDİLEN HARÇLARIN ÇİÇEKLENMESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ: GÖRSEL DEĞERLENDİRME

Effect of MgO on Efflorescence in Alkali-Activated Mortars: Visual Assessment

DoaaKhalidNassoori ITHAWI
Atatürk Üniversitesi,
duaa.ithawi@gmail.com -0009-0007-7355-7888

Prof. Dr. Rıza POLAT
Atatürk Üniversitesi,
rizapolat@atauni.edu.tr- 0000-0002-8990-035X

ÖZET

Geopolimerler, Portlandcemente kıyasla yaklaşık %50-70 daha az CO_2 emisyonu ürettikleri için sürdürülebilir yapı malzemeleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, yüksek alkali içeriği nedeniyle bu sistemlerde çiçeklenme (efflorescence) önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Çiçeklenme; gözenekli yapıda reaksiyona giremeyen serbest Na^+ ve K^+ gibi alkali katyonların kapiler hareketle nemli ortamlarda yüzeye göç etmesi ve atmosferdeki CO_2 ile reaksiyona girerek Na_2CO_3 gibi karbonat tuzlarını oluşturması sonucu meydana gelir. Bu tuz birikintileri yalnızca estetik sorunlara yol açmakla kalmayıp, gözenekliliği artırarak malzemenin uzun vadeli dayanıklılığını da olumsuz etkilemektedir.Bu çalışmada, alkali aktive edilmiş perlit ve granüle yüksek fırın cürufu (YFC) esaslı harçlarda nano ve mikro boyutlu MgO katkısının çiçeklenme davranışına etkisi araştırılmıştır. Değerlendirmeler, 30 gün boyunca yarı daldırma koşullarında suda bekletilen numunelerin yalnızca görsel olarak incelenmesine dayanmaktadır.Sonuç olarak, çiçeklenme ürünlerinin hacmi ve görsel özellikleri değerlendirildiğinde hem nano hem de mikro boyutlu MgO katkısının kontrol numunelerine kıyasla çiçeklenmeyi belirgin şekilde azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Çiçeklenme, Alkali aktive edilen malzemeler, MgO, Sürdürebilirlik

ABSTRACT

Geopolymers hold a significant place among sustainable building materials because they produce approximately 50-70% less CO_2 emissions compared to Portland cement. However, efflorescence remains a major problem in these systems due to their high alkali content. Efflorescence occurs when alkali cations such as free Na^+ and K^+, which which do not participate in the reactionin the porous structure, migrate to the surface via capillary action in

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

humid environments and react with atmospheric CO_2 to form carbonate salts such as Na_2CO_3. These salt deposits not only cause aesthetic problems but also negatively affect the long-term durability of the material by increasing porosity. In this study, the effect of nano and micro-sized MgO additions on the efflorescence behavior of alkali-activated perlite and granulated blast furnace slag (BFS) based mortars was investigated. Evaluations were based solely on visual inspection of samples immersed in water under semiand full submersion conditions for 60 days. In conclusion, when evaluating based on the volume and visual characteristics of effloresceneproducts, it was determined that both nano and micro-sized MgO additions significantly reduced efflorescencecompared to control samples.

Keywords : Efflorescence, Alkali activatedmaterials, MgO, Sustainability

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin hız kazanmasıyla birlikte artan CO_2 emisyonları ve atık malzeme üretimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Bu bağlamda çimento endüstrisi, sanayi sektöründeki CO_2 emisyonlarının yaklaşık %27'sini üreterek enerji yoğun sektörler arasında en büyük emisyon kaynağı konumundadır ve küresel toplam emisyonların yaklaşık %7–8'inden sorumludur [1,3]. Bu çevresel baskı, araştırmacıları sıfır atık üretim yöntemleri geliştirmeye, endüstriyel atıkları değerlendirmeye ve Portland çimentosuna (OPC) alternatif bağlayıcı malzemeler üretmeye yöneltmiştir [2]. Bu alandaki en önemli gelişmelerden biri, alkali ile aktive edilmiş malzemelerin ve/veyageopolimerlerin ortaya çıkmasıdır. Çeşitli çalışmalar, geopolimer betonun OPC betonuna kıyasla CO_2 emisyonlarını %50–70 oranında azaltabildiğini ortaya koymaktadır [3].
Geopolimerler, kalsinekil, uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve perlit gibi doğal ya da yapay alüminosilikat içerikli hammaddelerin yüksek pH'lı alkali çözeltilerle aktive edilmesiyle elde edilen çimento içermeyen bağlayıcı sistemlerdir [4,5]. Aktivatör olarak genellikle NaOH ve Na_2SiO_3 tercih edilmektedir.Geopolimerler; yüksek basınç dayanımı, üstün termal ve kimyasal direnç, düşük geçirgenlik ve hızlı priz alma gibi avantajları sayesinde inşaat sektöründe önemli bir yer edinmektedir [6,7].
Perlit, Türkiye başta olmak üzere pek çok ülkede bol bulunan, %70'ten fazla SiO_2 içeren volkanik kökenli amorf bir mineraldir ve geopolimer üretiminde hammadde olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır [5]. Granüle yüksek fırın cürufu (YFC) ise demir-çelik endüstrisinin bir yan ürünü olup yüksek reaktivitesi nedeniyle geopolimer sistemlerde tercih edilen başlıca bağlayıcılardan biridir [8].
Diğer taraftan, geopolimerlerin yaygın kullanımını sınırlayan önemli sorunlardan biri çiçeklenme (efflorescence) olgusudur [9]. Geopolimerizasyon reaksiyonu sırasında kullanılan yüksek konsantrasyonlu alkali aktivatörlerin tamamı reaksiyona giremez; reaksiyona giremeyen serbest Na^+ ve K^+ gibi alkali katyonlar gözenek çözeltisinde kalır [10]. Bu iyonlar, kapiler emme mekanizmasıyla ıslak bölgeden kuru bölgeye hareket ederek malzeme yüzeyine ulaşır ve atmosferdeki CO_2 ile reaksiyona girerek Na_2CO_3 ve $NaHCO_3$ gibi karbonat tuzları oluşturur [10]. OPC betonunda genellikle zararsız seyreden çiçeklenme, geopolimerlerde çok daha yüksek alkali içeriği nedeniyle daha ciddi boyutlara ulaşabilmektedir [11]. Yüzeysel tuz birikintileri yalnızca estetik bozulmaya yol açmakla kalmayıp gözenekliliği artırarak malzemenin geçirgenliğini ve uzun vadeli mekanik dayanımını da olumsuz etkileyebilmektedir [12]. Çiçeklenme derecesini belirleyen başlıca faktörler arasında hammaddelerin reaktivitesi,

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

alkali metal türü, aktivatör konsantrasyonu, kürleme koşulları ve karışımın gözenek yapısı sayılabilir [13,14,15].

Çiçeklenmeyi azaltmaya yönelik çeşitli yöntemler araştırılmıştır. Cüruf ilavesi, kürleme sıcaklığının artırılması ve aktivatör türünün değiştirilmesi bunlar arasında yer almaktadır [12,16,17]. Son yıllarda ise magnezyum oksit (MgO) katkısı, geopolimer matrisinde hidrotalsit ve magnezyum silikat hidrat (M-S-H) jeli oluşturarak gözenek yapısını yoğunlaştırma ve alkali katyonların hareketini kısıtlama potansiyeli nedeniyle dikkat çekmektedir [18,19]. MgO; alüminosilikat esaslı bağlayıcılardan çözünen iyonlarla reaksiyona girerek oluşturduğu hidrotalsit fazı sayesinde daha az gözenekli ve daha yoğun bir mikro yapı sağlamaktadır [20,21]. Özellikle nano boyutlu MgO, sahip olduğu yüksek spesifik yüzey alanı sayesinde mikro boyutlu eşdeğerine kıyasla daha hızlı ve etkin reaksiyon kapasitesi sunmaktadır [22]. Bununla birlikte, Longhi ve ark. MgO katkısının çiçeklenme üzerindeki etkisinin tutarlı bir eğilim göstermediğini vurgulamış; bu nedenle konunun daha kapsamlı deneysel çalışmalarla incelenmesi gerektiğini bildirmiştir [10,12].

Literatür incelendiğinde, MgO'nungeopolimer harçlardaki çiçeklenme davranışı üzerine yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmaların büyük bölümü uçucu kül veya metakaolin bazlı sistemlere odaklanmış olup perlit ve YFC kombinasyonunu ele alan araştırmalar son derece kısıtlıdır [23]. Bu çalışmada, alkali aktive edilmiş perlit ve YFC esaslı harçlara nano ve mikro boyutlu MgO eklenerek çiçeklenme davranışı üzerindeki etkileri görsel değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1.Kullanılan malzemeler

Bu çalışmada alkali ile aktive edilmiş geopolimer beton üretiminde ana alüminosilikat kaynağı olarak kullanılan YFC, Karabük'te faaliyet gösteren KarçimsaA.Ş.'den ve perlit ise Erzurum ili Pasinler ilçesi mevkiinden temin edilmiştir. YFC ve perlitin özgül ağırlıkları sırasıyla 2.91 g/cm³ ve 2.40 g/cm³ olup kimyasal bileşimleri Çizelge 1'de sunulmuştur.Yüzey alanları ise 915.4 m²/kgve 486.6 m²/kg olarak belirlenmiştir.

Çizelge9. Yüksek fırın cürufu ve perlitin kimyasal bileşenleri

Birleşim(%)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
YFC	38.95	12.12	1.22	33.92	7.43	0.93	0.50	0.74	0.02
Perlit	69.23	13.66	1.84	1.13	0.93	0.08	4.05	4.25	0.03



(a) (b)

Görsel 1. Çalışmada kullanılan yüksek fırın cürufu (a) ve perlit (b)

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Alkali aktivatörolarak çalışmada, sıvı formda Na_2SiO_3 ve pelet formunda NaOH kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge10. NaOH ve Na_2SiO_3 Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

KimyasalFormül	Na_2SiO_3	NaOH
Görünüş	renksizsıvı	pul (katı)
MolekülKütlesi (g/mol)	122,06	40,01
pH	11-12,5	—
Yoğunluk (g/cm³)	1,37-1,41	1,50-1,51
Saflık (%)	≥ %95,0	99

Çalışmada nano ve mikro boyutlarda olmak üzere iki farklı MgO türü kullanılmış olup Ankara'da faaliyet gösteren Nanografi firmasından temin edilmiştir. Teknik özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge11. NanoMgO ve MikroMgO'in teknik özellikleri

Özellik	Nano MgO	Mikro MgO
Saflık (%)	99,5+	99,99
Renk/ Görünüm	Beyaz	Beyaz
OrtalamaParçacıkBoyutu	< 90 nm	500 – 1500 nm
GerçekYoğunluk (g/cm³)	3,6	—
BET YüzeyAlanı (m²/g)	—	10

Geopolimer numunelerinin üretiminde kullanılan agreganın tane dağılımı, maksimum agrega tane boyutuna bağlı olarak TS 802'de belirtilen ideal bölgeye uygun biçimde belirlenmiştir. Maksimum tane çapı 8 mm olarak seçilmiş; karışımlarda 0–4 mm ve 4–8 mm olmak üzere iki farklı agrega fraksiyonu kullanılmıştır. Granülometrik dağılım; kırma taş ve kumdan oluşan agrega için hacimsel olarak %18 oranında 4–8 mm ve %82 oranında 0–4 mm şeklinde belirlenmiştir. Özgül ağırlıkları sırasıyla 2.45 ve 2.62 g/cm³ olarak ölçülmüştür.

2.2.Karışım Tasarımı

Çalışma da bağlayıcı olarak yalnızca perlit, yalnızca YFC ve perlit+YFC (%50 perlit + %50 YFC) olmak üzere üç farklı ana karışım tipi için birer kontrol grubu ile her karışım tipi için nano ve mikro MgO'nun %3 ve %6 oranlarını içeren dörder karışım olmak üzere toplam 15 harç karışımı tasarlanmıştır. Su/bağlayıcı oranı tüm karışımlarda sabit tutulmuştur. MgO katkı oranları bağlayıcı kütlesi üzerinden hesaplanmış olup karışım kodları ve bileşimleri Çizelge 4'te sunulmuştur.

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

Çizelge12. Beton Karışım Tasarımı

Karışım	Bağlayıcı	Perlit (kg/m³)	YFC (kg/m³)	MgO Boyutu / Miktarı
Perlit	Perlit	450	0	0
Perlit 3N	Perlit	450	0	Nano MgO/ 13.5
Perlit 6N	Perlit	450	0	Nano MgO/ 27
Perlit 3M	Perlit	450	0	Mikro MgO/ 13.5
Perlit 6M	Perlit	450	0	Mikro MgO/ 27
HYB	50% Perlit + 50% YFC	225	225	0
HYB 3N	50% Perlit + 50% YFC	225	225	Nano MgO/ 13.5
HYB 6N	50% Perlit + 50% YFC	225	225	Nano MgO/ 27
HYB 3M	50% Perlit + 50% YFC	225	225	Mikro MgO/ 13.5
HYB 6M	50% Perlit+ 50% YFC	225	225	Mikro MgO/ 27
YFC	YFC	0	450	0
YFC 3N	YFC	0	450	Nano MgO/ 13.5
YFC 6N	YFC	0	450	Nano MgO/ 27
YFC 3M	YFC	0	450	Mikro MgO/ 13.5
YFC 6M	YFC	0	450	Mikro MgO/ 27

2.3.Numune Üretimi

Geopolimerizasyonaktivatörü olarak 10 M NaOH çözeltisi ile Na_2SiO_3 eşit kütle oranında (1:1) karıştırılarak kullanılmıştır. Yüksek ekzotermik reaksiyon nedeniyle NaOH çözeltisi, belirlenen molaliteye (10 M) ulaşmak amacıyla pelet formundaki NaOH tartılarak deiyonize su ile çözündürülmüş ve karışım hazırlanmadan 24 saat önce hazırlanmışve oda sıcaklığına soğutulmuştur.

Geopolimer harç karışımları 10 dm³ kapasiteli, 3 kademeli ve 280 dev·dk^{-1} karıştırma hızına sahip mekanik karıştırıcı kullanılarak hazırlanmıştır. MgO içeren karışımlarda öncelikle MgO, bağlayıcı malzemelerle (perlit ve/veya YFC) birlikte 10 dakika kuru olarak karıştırılmıştır. Ardından tüm karışımlarda bağlayıcı (ve MgO) ile NaOH çözeltisi 2 dakika karıştırılmış; akabinde Na_2SiO_3 ilave edilerek 2 dakika daha karıştırılmıştır. Son aşamada süperakışkanlaştırıcı katkı ve agrega eklenerek karışıma 2 dakika daha devam edilmiştir.

Hazırlanan karışımlar 50×50×50 mm³ çelik küp kalıplara yerleştirilmiştir. Nem kaybının önlenmesi amacıyla numuneler kalıplarıyla birlikte yanmaz poşetlere konularak 75°C'lik etüve bırakılmıştır. İlk 24 saatin sonunda numunelerin kalıpları sökülerek numuneler yeniden poşetlenmiş ve ek 48 saat süreyle aynı sıcaklıkta küre devam edilmiştir. Toplam 72 saatlik ısı

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

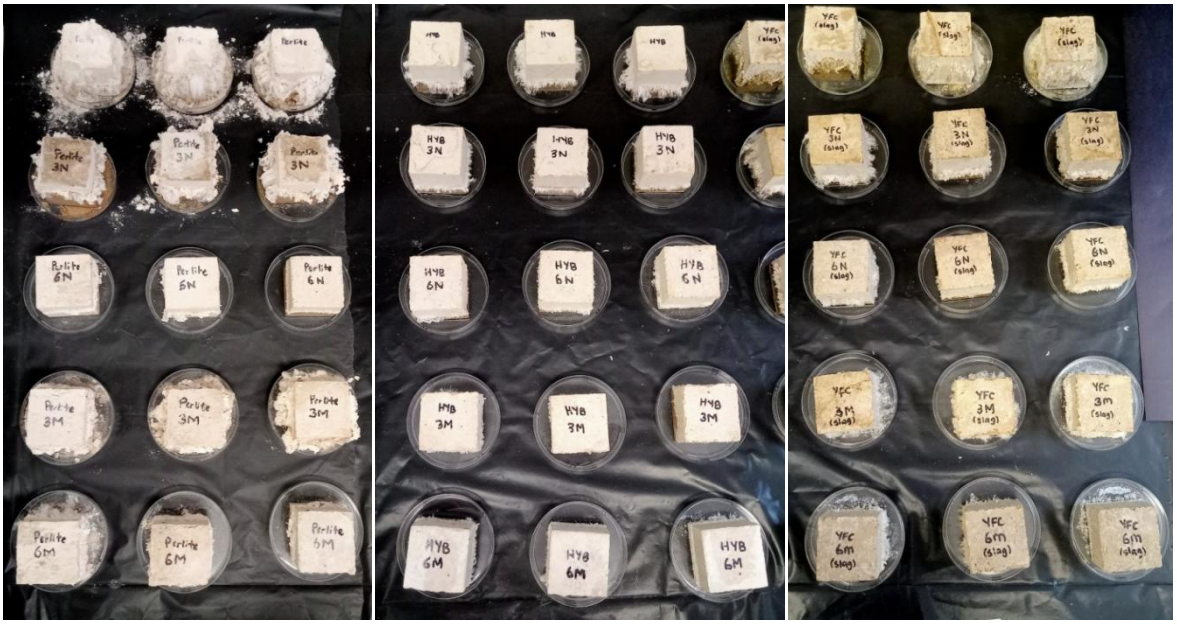
küründen çıkarılan numuneler, deney gününe kadar 28 gün boyunca laboratuvar ortamında bekletilmiştir.

2.4.Çiçeklenme Deneyi

Çiçeklenme deneyi için ısı kürü tamamlanan numuneler petri kaplarına yerleştirilmiş; kap tabanında sabit 5 mLdeiyonize su bulunacak şekilde düzenek kurulmuştur. Bu yöntemlenumunelerin alt yüzeyi suyla temas halinde tutularak kapiler emme yoluyla alkali iyonlarının yüzeye göçü teşvik edilmiştir. Numuneler 30 gün boyunca laboratuvar koşullarında takip edilmiş; belirli aralıklarla fotoğraflanarak çiçeklenme süreci görsel olarak kayıt altına alınmıştır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Görsel 2 ve 3'te sırasıyla 3. ve 30. gün sonunda elde edilen görsel çiçeklenme sonuçları sunulmaktadır.



Görsel 2. 3.gün sonunda numunelerin çiçeklenme durumları

ISBN NR: 978-625-8795-12-7



Görsel 3. 30.gün sonunda numunelerin çiçeklenme durumları

Görsel değerlendirme sonuçları incelendiğinde, en yoğun çiçeklenmenin perlit bazlı ve katkısız kontrol numunesinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu numunede çiçeklenme ilk günde zaten belirgin biçimde başlamış olup beyaz tuz birikintileri yalnızca numune yüzeyini değil, çevresindeki petri kabını da kaplamıştır. Bu durum, saf perlit esaslı sistemlerde yüksek konsantrasyonlu alkali aktivatör kullanımının büyük miktarda serbest Na^+ iyonu bıraktığına ve bu iyonların hızla yüzeye göç ettiğine anlaşılmaktadır [10].

MgO katkısı, perlit bazlı karışımlarda çiçeklenmeyi belirgin biçimde azaltmıştır. Katkılı numuneler arasında en fazla çiçeklenme %3 nanoMgO içeren Perlit-3N karışımında gözlemlenmiş; bunu %3 mikro MgO içeren Perlit-3M izlemiştir. %6 mikro MgO katkılı karışımı daha az çiçeklenme sergilerken en düşük çiçeklenme %6 nanoMgO içeren Perlit-6N karışımında tespit edilmiştir. Bu sonuç hem MgO oranının artmasının hem de nano boyutun çiçeklenme azaltımında etkili olduğunu ortaya koymaktadır. NanoMgO'nun yüksek spesifik yüzey alanı sayesinde geopolimer matrisi içinde daha etkin bir dolgu ve bağlama kapasitesi sağladığı düşünülmektedir [22].

Hibrit (HYB) karışımlarda da en yoğun çiçeklenme kontrol numunesinde gözlemlenmiştir. Katkılı HYB karışımları birbirine yakın performans sergilemiş olmakla birlikte, %3 nanoMgO içeren HYB-3N karışımı diğer katkılı karışımlara kıyasla hafif düzeyde daha fazla çiçeklenme göstermiştir. Bu durum, düşük MgO oranında nano boyutun tek başına yeterli matris yoğunlaşmasını sağlayamamış olabileceğine işaret edebilmektedir.

YFC bazlı karışımlarda ise genel olarak çiçeklenme şiddeti diğer gruplara kıyasla belirgin biçimde daha düşük kalmıştır. YFC kontrol numunesinde sınırlı düzeyde çiçeklenme

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

gözlemlenmiş; katkılı karışımları ise birbirine çok yakın ve oldukça düşük çiçeklenme sergilemiştir. Bu sonuç, YFC'nin yüksek kalsiyum içeriğinin geopolimerizasyon reaksiyonunu daha eksiksiz tamamlamasına katkıda bulunduğuna ve dolayısıyla sistemde daha az serbest Na^+ iyonu kaldığına bağlanabilir [12,13].

Perlit ve YFC arasındaki belirgin çiçeklenme farkı, bu iki malzemenin kimyasal içeriğiyle doğrudan bağlantılıdır. YFC'deCaO oranı yüksekken perlitte bu oran daha düşüktür. Yüksek CaO içeriği geopolimerizasyon reaksiyonunu hızlandırır ve C-S-H ile C-A-S-H gibi kalsiyum silikat hidrat fazlarının oluşumunu destekler; bu fazlar serbest alkali iyonlarını kimyasal olarak bünyelerine bağlar ve yüzeye göçlerini engellemektedir. Perlitte ise CaO oranının düşük olması nedeniyle reasksiyon aynı şekilde gelişmez ve sistemde fazla miktarda serbest Na^+ iyonu birikir. Bu iyonlar kapiler hareketle yüzeye ulaşarak çiçeklenmeye yol açar.

MgO katkısının çiçeklenme üzerindeki etkisinin hem fiziksel hem de kimyasal mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Fiziksel olarak MgO partikülleri matriks içindeki boşlukları doldurarak yapıyı daha az geçirimli hale getirir. Kimyasal olarak ise hidrotalsit ve M-S-H jeli oluşturarak serbest Na^+ iyonlarını bünyesine bağlayıp yüzeye göçlerini kısıtladığı düşünülmektedir.

Ek olarak 30 günlük deney süresi sonunda numune yüzeylerinden toplanan çiçeklenme ürünleri Görsel 4’te görülmektedir.Toplanan çiçeklenme ürünleri incelendiğinde, perlit kontrol numunesinden elde edilen tuz miktarının en yüksek olduğu ve bu ürünlerin belirgin beyaz rengiyle özgü bir görünüm sergilediği görülmektedir. HYB grubunda orta düzey, YFC grubunda ise en az miktarda ürün toplanmıştır. Katkılı numunelerde toplanan ürün miktarının tüm gruplarda kontrol numunelerine kıyasla azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak belirtmek gerekir ki çiçeklenme ürünleri yalnızca numune yüzeylerinden toplanmış; deney süresince özellikle perlit bazlı numunelerde yoğun çiçeklenme nedeniyle etrafa dökülen tuz birikintileri toplama kapsamı dışında tutulmuştur. Bu nedenle çiçeklenme ürünlerinin miktarının ağırlık ölçümü yerine görsel fotoğraf analizi ile değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir.



Görsel 4. Numune yüzeylerinden toplanan çiçeklenme ürünleri

ISBN NR: 978-625-8795-12-7

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen bulgulardan;

- En yoğun çiçeklenme perlit bazlı kontrol numunesinde gözlemlenmiştir.
- Perlit esaslı harçlara MgO eklenmesi çiçeklenmeyi belirgin biçimde azaltmıştır. MgO oranının %3'ten %6'ya artırılması bu iyileşmeyi güçlendirmiş; en düşük çiçeklenme %6 nanoMgO katkılı karışımda elde edilmiştir.
- Hibrit ve YFC gruplarında katkılı karışımlar birbirine yakın performans sergilemiş; gruplar içindeki farklılıklar perlit grubuna kıyasla daha sınırlı kalmıştır.
- YFC bazlı karışımlar tüm gruplar arasında en düşük çiçeklenme eğilimini sergilemiş; MgO katkılı YFC karışımlarında ise çiçeklenme ihmal edilebilir düzeyde kalmıştır.
- Hem nano hem de mikro boyutlu MgO katkısı, tüm bağlayıcı gruplarında kontrol numunelerine kıyasla çiçeklenmeyi azaltmıştır.

Proje Desteği

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2025-15548 proje numarası ile desteklenmiştir.

5. KAYNAKÇA

[1] UNECE & ESCWA, PathwaystoCarbon-Neutrality in Energy-IntensiveIndustries: Cement, Steel, andChemicals, TechnologyBrief, COP27, United Nations EconomicCommissionfor Europe, 2022. https://unece.org/media/press/372890

[2] Anburuvel A., The role of activators in geopolymer-basedstabilizationforroadconstruction: A state-of-the-art review, MultiscaleandMultidisciplinaryModeling, Experimentsand Design, 6, 1–19, 2023.

[3]Nodehi M., Taghvaee V.M., Alkali-ActivatedMaterialsandGeopolymer: A Review of CommonPrecursorsandActivatorsAddressingCircularEconomy, CircularEconomyandSustainability, 2(1), 165–196, 2022.

[4]Khale D., Chaudhary R., Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: A review, Journal of Materials Science, 42(3), 729–746, 2007.

[5]Kozhukhova N.I. et al., Physical, Mechanical and Microstructural Characteristics of Perlite-Based Geopolymers Modified with Mineral Additives, Journal of Composites Science, 8(6), 211, 2024.

[6]Siyal A.A. et al., A comprehensivereview of synthesiskineticsandformationmechanism of geopolymers, RSC Advances, 14(1), 446–462, 2024.

[7]Duxson P., Fernández-Jiménez A., Provis J.L. et al. (2007). Geopolymertechnology: thecurrentstate of the art. Journal of MaterialsScience, 42(9), 2917–2933.

[8]Singh B. et al. (2015). Geopolymerconcrete: A review of somerecentdevelopments. Construction andBuildingMaterials, 85, 78–90.

[9]Ghazy M.F. et al. (2022). Properties of One-PartVersusTwo-PartGeopolymersComposites – A Review. AmericanJournal of EngineeringResearch.

[10]Longhi M.A. et al. (2019). Efflorescence of Alkali-ActivatedCements (Geopolymers) andtheImpacts on MaterialStructures: A Critical Analysis. Frontiers in Materials, 6, 89.

[11]Wang A. et al. (2020). TheDurability of Alkali-ActivatedMaterials in ComparisonwithOrdinary Portland CementsandConcretes: A Review. Engineering, 6(6), 695–706.

[12]Longhi M.A. et al. (2021). Strategiesforcontrolandmitigation of efflorescence in metakaolin-basedgeopolymers. CementandConcreteResearch, 144, 106431.

[13]Li S. et al. (2025). Theeffectandmechanism of superplasticizers on theefflorescenceperformance of alkali-activatedslag-basedmaterials. Case Studies in Construction Materials, 22, e04160.

[14]Zhang M., He M., Pan Z. (2024). Inhibition of EfflorescenceforFlyAsh-Slag-Steel SlagbasedGeopolymer: Pore Network OptimizationandFree Alkali Stabilization. Ceramics International, 50, 48538–48550.

[15]Lu X. et al. (2023). Innovategeopolymersynthesisforgreen mine roadconstruction: Analysis of efflorescencebehaviorandstrengthanalysis. Construction andBuildingMaterials, 401, 132963.

[16]Tang D. et al. (2021). Mitigation of efflorescence of alkali-activated slag mortars by incorporating calcium hydroxide. Construction and Building Materials, 298, 123873.

[17]Xu J., Zhou K., Wu B., Xiang Y., Li Y., Liu L., Ma X. (2024). Efflorescence of flyash-basedgeopolymermortarsunderquasinaturalconditions: Therelationshipbetweencuringtemperature, ion transport, andcompressivestrength. MaterialsToday Communications, 39, 108778.

[18]Lu D., Zheng Y., Liu Y., Xu Z. (2012). Effect of Light-burnedMagnesiumOxide on DeformationBehavior of GeopolymeranditsMechanism. Journal of theChineseCeramicSociety, 40(11), 1625–1630.

[19]Li Z. et al. (2019). Effects of ReactiveMgO on theReactionProcess of Geopolymer. Materials, 12(3), 526.

[20] Özen Ö.C. (2024). Nano-Silika Katkısının Sodyum Karbonatla Aktive Edilmiş Cüruf-Reaktif MgO Esaslı Sistemlerin Mekanik ve İçyapı Özellikleri Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[21]Ma H. et al. (2025). Effect of carbonateandsilicate on themicrostructuralproperties of theMgO-activatedslagbinder. Open Ceramics, 21, 100715.

[22]Polat R., Demirboga R., Karagöl F. (2017). Theeffect of nano-MgO on thesetting time, autogenousshrinkage, microstructureandmechanicalproperties of highperformancecementpasteandmortar. Construction andBuildingMaterials, 156, 208–218.

[23]Dikicioğlu B. (2024). Farklı Alüminosilikat Esaslı Geopolimer Betonlarda Çiçeklenme Davranışının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi.