

PROCEEDING BOOK



AVRASYA 11. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

August 1 - 5, 2024
Tashkent

ISBN : 978-625-6283-57-2

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE





AVRASYA
11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
AUGUST 1 - 5, 2024-
TASHKENT

Edited By
Prof. Dr. Hülya Çiçek

CONGRESS ORGANIZING BOARD

- Head of Organizing Board:* Prof. Dr. Hasan Akan
Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hajar Huseynova
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Yakup Babayev
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərifxan oğlu
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Raihan Yusoph
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. Mahrux Dövlətzadə
Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma
Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Organizing Committee Member: Aynur Əliyeva
Organizing Committee Member: Dr. Amaneh Manafidizaji

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

Academy Conference-2024 ©

Issued: 10.09.2024

ISBN: 978-625-6283-57-2

CONFERENCE ID

AVRASYA 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
AUGUST 1 - 5, 2024-
TASHKENT

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

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

PARTICIPATING COUNTRIES
TURKEY – Indonesia - Singapore – Netherlands – Manila – Russia - New Zealand-
Algeria- Italy- Kosovo – Greece- Jordan- Brazil- North Korea- Vietnam
- Thailand- Japan- Kazakhstan- Australia- Qatar- china – Taiwan – Malaysia- France –
Finland – Egypt - USA - Saudi Arabia- India- Mexico-

PRESENTATION
Oral presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
More than 50 % of paper are presented by participants from maintained countries.
38 papers from Turkey and 52 paper from other countries.

Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an
"official assignment letter"

LANGUAGES
Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Türkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Türkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Türkiye
Prof. Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Türkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Uzbekistan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Türkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Türkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Türkiye

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



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı



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

05.10.2023

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
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

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Bilgi: Derya FINDIK
Faks: +90 442 2317244
E-Posta: vetfak@atauni.edu.tr



AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED
SCIENCES
August 1 - 5, 2024-
Tashkent

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/81604584722?pwd=y2kFvDBw8AEhxbZ5eSknYVkdXt0yTt.1>

Meeting ID: 816 0458 4722

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderatör 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 söz konusu 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.

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,

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Prof. Dr. ALİ RIZA GÜL	1	LİSE DÜZEYİNDEKİ ÖĞRENCİLERİN BENLİK SAYGISI DEĞERLERİNİN FARKLI DEĞİŞKENLER İLE İNCELENMESİ: İSTANBUL - FLORYA İLÇESİ ÖRNEĞİ	Arş. Gör. HAKAN BÜYÜKÇELEBİ Prof. Dr. MAHMUT AÇAK
		2	OKUL ÖNCESİ EĞİTİM GÖREN ÇOCUKLARDA DÜZTABANLIK PREVALANSI	Prof. Dr. MAHMUT AÇAK Arş. Gör. HAKAN BÜYÜKÇELEBİ
		3	MÜASİR MƏKTƏB NECƏ OLMALIDIR?	Prof. Dr. Sevdə İslam qızı Abbasova
		4	KAYNAŞTIRMA/BÜTÜNLEŞTİRME SINIFLARINDA AKRAN KABULÜNE İLİŞKİN ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ	Öğretmen, Tuğçe ÇELİKER Dr. Öğr. Üyesi Tuğba PÜRSÜN
		5	İLAHİYAT FAKÜLTELERİNİN EĞİTİM PROGRAMLARININ VE YAPILARININ GÜNCELLENMESİ ÜZERİNE BAZI DÜŞÜNCELER	Prof. Dr. ALİ RIZA GÜL
		6	DELEUZE'ÜN EĞİTİM GÖRÜŞLERİ	Y L. Öğrencisi, TUĞÇE AKIŞ Prof. Dr., AYTEN KOÇ AYDIN
		7	STUDENT-BASED APPROACH IN HIGHER EDUCATION PROGRAMS	Assoc. Prof. Nazile Abdullazade

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Doç. Dr. Serdar YILMAZ	1	TÜKETİCİ ALEYHİNE GETİRİLEN CEZA KOŞULLARININ HAKSIZ ŞART PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr. Öğr. Üyesi, HÜSEYİN BOZOK
		2	TÜKETİCİ HUKUKU BAĞLAMINDA KİŞİSEL VERİLERİN KORUNMASI	Dr. Öğr. Üyesi, HÜSEYİN BOZOK
		3	KONKORDATO MÜHLETİNİN KALDIRILMASININ SONUÇLARI	Araştırma Görevlisi ZEHRA NUR ERİM
		4	THE SEMANTIC DIMENSION OF ACTIVE AGING: THE KIRKLARELİ EXAMPLE	Assoc. Prof. Dr. Yasin AKYILDIZ
		5	AVRASYA'DA GERÇEKÇİ OLMAYAN BİR TÜRK BAHARI MI? TÜRK DEVLETLERİ TEŞKİLATI	Doç. Dr. Serdar YILMAZ
		6		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Öğr. Üyesi NİHAL ACAR	1	YouTube Videolarının Eğitimi Destekleyici Rolü	Doç. Dr. Esra CİZMECİ ÜMİT Nihat ÇELİK
		2	ORGANISATIONAL CULTURE AND ORGANISATIONAL SYMBOLISM	Doktora Öğrencisi, Furkan ŞİMŞEK Doç. Dr. Murat ŞAHİN
		3	ERKEN ÇOCUKLUK DÖNEMİNDE ÖZEL GEREKSİNİMLİ ÇOCUKLARIN RESİM ÖZELLİKLERİNİN VE AŞAMALARININ GELİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ	Ökkeş YAMAN Serhat KÖKLÜ Fatih KAMUK Ali Egemen GÜLAYDIN Dr. Sevim KÜÇÜK KARAHAN
		4	YENİ BİR KAVRAM: SOSYOTELİZM (PHUBBİNG) ÜZERİNE TEORİK BİR İNCELEME	Dr. Öğr. Üyesi NİHAL ACAR
		5	AHLAK GELİŞİMİ: JEAN PİAGET, LAWRENCE KOHLBERG, ELİOTT TURİEL	Arş. Gör. Aylin UZUN
		6	PSİKOLOJİK DAYANIKLILIK: SOSYAL DESTEK VE BAŞ ETME STRATEJİLERİ	Arş. Gör. Aylin UZUN
		7	TÜRKİYE'DE MARKALAŞMA: İLLER BAZINDA MARKA BAŞVURULARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME	Prof.Dr., Salih YILDIZ Doktora Öğrencisi, Mehmet Asif ALAN
		8	ENDÜSTRİ 6.0'DAN PAZARLAMA 6.0'A BAKIŞ	Prof.Dr., Salih YILDIZ Doktora Öğrencisi, Mehmet Asif ALAN

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

August 1 - 5, 2024-
Tashkent

Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224

2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. Öğr. Üyesi YELİZ ALNAK Doç. Dr. KORAY KARABULUT	1	ANOTHER WAY TO DETERMINATE OF MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF U ELEMENT FOR ENERGIES FROM 0.001 MeV to 1 MeV	Dr. Gözde TEKTAŞ Dr. Cüneyt ÇELİKTAŞ
		2	ELECTROSPUN SAFFRON NANOFIBERS: INNOVATIVE APPLICATIONS IN FOOD PACKAGING MATERIALS	TAHMİNEH DARVISHMOHAMMADI Dr. AYŞE ÖZKAL
		3	ARDIŞIK İLERİ YÖNDE KAYAN SEÇİM YÖNTEMİNİN FARKLI ALGORİTMALARI İLE OSMANİYE İLİ GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİN PARAMETRELERİNİN SEÇİLMESİ VE MODERN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİ İLE YAPILAN TAHMİNLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	Remzi Ulaş ÇİLOĞULLARI Dr. Öğr. Üyesi, Kemal BALIKÇI
		4	AN EMPIRICAL EVALUATION OF BLOCKCHAIN TRANSACTION SEARCH METHODS	BİLAL ALAGHA Dr. Öğr. Üyesi İLKER ÖZÇELİK
		5	EVDE BAKIM HİZMETLERİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI	Ebrar DEMİRTAŞ Doç. Dr. TULAY KORKUSUZ POLAT
		6	BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ ŞİRKETİNİN ÜRETİM PLANININ HAZIRLANMASI VE KALİTE KONTROLÜ	Harun TOSUN Doç. Dr. TULAY KORKUSUZ POLAT
		7	INVESTIGATION OF COOLING BY MIXED CONVECTION OF A HEATED ELEMENT IN A VERTICAL CHANNEL	Dr. Öğr. Üyesi YELİZ ALNAK Doç. Dr. KORAY KARABULUT
		8	EVALUATION OF THE FLOW DIRECTOR EFFECT ON HEAT TRANSFER BY MIXED CONVECTION FROM ELECTRONIC COMPONENTS	Doç. Dr. KORAY KARABULUT Dr. Öğr. Üyesi YELİZ ALNAK
		9		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Behice ERCİ	1	SYNTHESIS, SPECTRAL CHARACTERIZATION, AND <i>IN VITRO</i> CYTOTOXIC ACTIVITY EVALUATION OF A NEW HALO-FUNCTIONALIZED SULFONYL HYDRAZONE COMPOUND	Assist Prof. Eyüp BAŞARAN Assoc. Prof. Senem AKKOÇ
		2	A BENZIMIDAZOLE-BASED MOLECULE AS ANTICANCER AGENT: SYNTHESIS, SPECTROSCOPIC, AND <i>IN VITRO</i> CYTOTOXIC ACTIVITY STUDIES	Assoc. Prof. Senem AKKOÇ Assist Prof. Eyüp BAŞARAN
		3	SPACE NURSING	Prof. Dr. Behice ERCİ
		4	PEER BULLYING	Prof. Dr. Behice ERCİ
		5	EVALUATIONS OF NURSING CARE BEHAVIORS BY STUDENT NURSES PRACTICING IN PEDIATRIC CLINICS	Research Assistant Dr. Bahar ÇOLAK Lecturer Berrin GÖGER
		6	ANALYSIS OF RESEARCH ON NOMOPHOBIA AMONG NURSING STUDENTS	Research Assistant Dr. Bahar ÇOLAK Lecturer Berrin GÖGER

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Asst. Prof. Dr. Suleyman CETINKAYA	1	ON THE SOLUTION OF SPACE-TIME FRACTIONAL WAVE PROBLEM WITH FRACTIONAL NEUMANN BOUNDARY CONDITIONS	Asst. Prof. Dr. Suleyman CETINKAYA Prof. Dr. Ali DEMİR
		2	NUMERICAL SCHEME OF ATANGANA-BALEANU FRACTIONAL DERIVATIVE	Asst. Prof. Dr. Suleyman CETINKAYA Prof. Dr. Ali DEMİR
		3	INTERACTION BETWEEN DEMOGRAPHIC CHANGE, INFLATION AND FINANCIAL MARKETS: THE EXAMPLE OF BORSA ISTANBUL	Dr. Şükrü C. DEMİRTAŞ Dr. Öğr. Üyesi Demet TOPAL KOÇ
		4	MAGNETIC HYSTERESIS PROPERTIES OF Ni NANOMAGNETS	Dr. Necda ÇAM Assoc. Prof. Dr. Ümit AKINCI
		5	SMART GREENHOUSE AUTOMATION: MACHINE LEARNING AND IOT BASED GREENHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS	DENİZ OCAK YUSUF AYAZ Dr. Öğr. Üyesi ZEYNEP HASIRCI TUĞCU
		6	AN ITERATIVE CONFORMABLE LAPLACE METHOD FOR THE SOLUTION OF ITO EQUATION	Asst. Prof., MUAMMER AYATA
		7		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

August 1 - 5, 2024-

Tashkent

Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224

2 Ağustos / August 2, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Ayşe BARAN Polat İPEK	1	SYNTHESIS OF AuNPs WITH THE GREEN METHOD AND ANTI-MICROBIAL AND ANTI-CANCER APPLICATIONS	Ayşe BARAN Polat İPEK
		2	DETERMINATION OF THE PROTECTIVE ROLE OF RHEUM RIBES L. EXTRACT AGAINST THE TOXIC EFFECTS OF H ₂ O ₂ ON ALLIUM CEPA L. ROOT TIP GERM CELLS	Professor Dilek PANDIR Graduate Student Seren BENGÜŞAT
		3	DETERMINATION OF THE ANTI-CANCEROUS EFFECTS OF RHEUM RIBES L. EXTRACT ON DU-145 CELL LINE	Professor Dilek PANDIR Master's student Seren BENGÜŞAT Lecturer Fatih Oğuz BEKDEMİR Expert Biologist Büşra ÖZ
		4	MICROBIAL BASED PRODUCTS: EXOPOLYSACCHARIDES	Assis. Prof. Dr. Mehmet Akif OMEROGLU
		5	BİREYLERİN TIBBİ BİTKİ KULLANIMINA İLİŞKİN BİLGİ VE DÜŞÜNCELERİ; HATAY İLİ ÖRNEĞİ	Dr. Öğr. Üyesi Aybüke KAYA Ebrar Nur ŞİNİKOĞLU
		6	TÜRKİYEDE SOYA ÜRETİMİNİN YILLAR İTİBARIYLA DEĞİŞİMİ VE DÜNYADAKİ YERİ	Dr. Öğr. Üyesi Aybüke KAYA ZM. Merve ATEŞ
		7	TÜRKİYE'DE BULGUR ÜRETİMİ VE BULGUR SANAYİCİLERİNİN SORUNLARI: MARDİN İLİ ÖRNEĞİ	Dr. Öğretim Üyesi Veysi ACIBUCA
		8	Zeytin Yaprığının NADES Sıvıları Kullanılarak Ekstraksiyon Veriminin İncelenmesi	Levent Nuralın

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dorota Galeza	1	THE DOCTRINE OF LEGITIMATE EXPECTATION: A STUDY OF JUDICIAL DECISIONS IN THAILAND	Assoc. Prof .Dr. Paiboon Chuwatthanakij
		2	EMPLOYEE ENTITLEMENTS TO RELIGIOUS OBSERVANCE: ANALYSIS OF THE PORTUGUESE CONSTITUTIONAL COURT'S STANCE	Susana Sousa Machado
		3	THE LEGAL PROCESS FOR CERTIFICATION OF GOVERNMENT OFFICIALS	Armen Yezekyan
		4	THE PRINCIPLES AND IMPLEMENTATION OF EFFECTIVE GOVERNANCE IN THE EUROPEAN UNION	Dr. Robert Grzeszczak
		5	THE INFLUENCE OF AMERICAN CONSERVATIVE WOMEN'S ADVOCACY GROUPS ON U.S. FOREIGN POLICY	Assis. Prof. Dr. Mohd Afandi Salleh
		6	MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND RISK FACTORS FOR BLUNT ABDOMINAL TRAUMA IN VEHICULAR COLLISIONS: AN AUTOPSY ANALYSIS	Ticijana Prijon, Branko Ermenc
		7	THE IMPLEMENTATION STRATEGY OF THE EUROPEAN FORENSIC SCIENCE VISION 2020 IN LITHUANIA	Eglė Bilevičiūtė, Vidmantas Egidijus Kurapka, Snieguolė Matulienė, Sigutė Stankevičiūtė
		8	MODERNIZING THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK (ECN): STRATEGIES AND APPROACHES	Dorota Galeza
		9	REVAMPING THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK (ECN): STRATEGIES FOR MODERNISATION	DR. Nazia Khan

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Samantha Brown	1	EXAMINING FURTHER PREDICTORS OF INTENT IN TYPE 2 DIABETES DIETARY BEHAVIOR	Omondi Walingo, G. M. Mbagaya
		2	THE INFLUENCE OF LEARNING STYLES ON IDEA GENERATION CHALLENGES	Abdullahi Musa, Dr. J. Hassan, Omar Tariq, M. M. Abdul
		3	EVALUATING THE EFFECTS OF A COGNITIVE-BEHAVIORAL THERAPY (CBT) AND MULTIDIMENSIONAL SELF-CONCEPT MODULE-BASED DRUG PREVENTION PROGRAM ON RESILIENCE AND AGGRESSION IN AT-RISK YOUTH IN MALAYSIA	Farid Ahmed, Ali Shah, Dr. Aisha Aziz
		4	AN INSIGHT INTO THE LIFESTYLE OF CIVIL SERVANTS WITHIN THE ROYAL HOUSEHOLD BUREAU: A THA WASUKRI, BANGKOK CASE STUDY	Dr. Supatra Chotikul, Nattaya Kongnok
		5	ASSESSING THE IMPACT OF TRATAKA PRACTICE ON ANXIETY LEVELS IN TEENAGERS	Rakesh Kumar, Priya Sharma
		6	INVESTIGATING THE IMPLEMENTATION OF SUFFICIENCY ECONOMY PHILOSOPHY BY URBAN COMMUNITY LEADERS IN DUSIT DISTRICT, BANGKOK METROPOLITAN AREA: A STUDY OF PERFORMANCES AND ACTIVITIES	Dr. Somsak Chaiyasit, Narongchai Nonthasorn
		7	THE ROLE OF NEUROPLASTICITY IN OFFERING A FRESH START TO LIFE	Amina Rahimi, Farhad Mirzaei
		8	EXAMINING PEER-BASED INTERVENTIONS FOR ADDRESSING SOCIAL COMMUNICATION CHALLENGES IN ADOLESCENTS WITH AUTISM: A REVIEW OF LITERATURE AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH	Samantha Brown

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. E. Chew, Haydn Blackey	1	METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS AND DESIGN STRATEGIES FOR UTILIZING VLE IN ENHANCING MATHEMATICAL CONCEPT ACQUISITION AMONG SECONDARY EDUCATION STUDENTS IN ENGLAND	Emily E. S. Thompson
		2	LEVERAGING DIGITAL TOOLS FOR IMPROVED COLLABORATIVE LEARNING: HARNESSING ONLINE COMMUNICATION TO FOSTER STUDENT ENGAGEMENT	Prof. A. Anderson
		3	AUGMENTING ELEMENTARY SCHOOL LEARNING WITH EDUCATIONAL MULTIMEDIA GAMES	Assoc. Prof. Maria Papadopoulos
		4	EMPOWERING E-EDUCATION THROUGH MOBILE LEARNING: A CASE STUDY ON PROMOTING INCLUSIVITY IN VARIED EDUCATIONAL ENVIRONMENTS	Dr. E. Chew, Haydn Blackey
		5	AUGMENTING MATHEMATICS SELF-STUDY FOR CPE EXAMINATION PREPARATION VIA AN INTERACTIVE E-LEARNING PLATFORM	Ayesha Ali, Fatima Khan
		6	INVESTIGATING THE VIABILITY OF VIRTUAL BIOLOGY LABORATORIES: AN INITIAL EXPLORATION	Nurul Hidayah Ismail, Halimah Badioze Zaman, Azlina Ahmad
		7	ANALYZING THE EFFECTS OF EXERCISE BEHAVIOR CHANGE INTERVENTIONS ON SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: AN APPROACH BASED ON THE TRANSTHEORETICAL MODEL	Jason K. Smith, Chih-Hao Chen
		8	ENHANCED PEDAGOGICAL APPROACHES THROUGH INTERACTIVE VIRTUAL REALITY FOR FLUTE INSTRUCTION	Rodriguez K. Maria, Sanchez L. Daniel, Martinez. Luis, Gomez. Ana Maria

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Hye Rim Lee	1	EXPLORING GENDER DISPARITIES IN MATHEMATICS ANXIETY AMONG STUDENTS	Dr. Wei Xing Yap, Dr. Hui Wen Ng
		2	UTILIZING THE MMSE-2 FOR DIAGNOSTIC INSIGHTS IN COGNITIVE IMPAIRMENT: CASE STUDIES AND MONITORING	Dr. Ioana-Maria Popescu
		3	INVESTIGATING STUDENTS' BRAIN ELECTRICAL RESPONSES TO TEACHER'S EMOTIONAL CUES	Prof. Dr. Hye Rim Lee
		4	THE INFLUENCE OF PERSONALITY TRAITS ON COMPULSIVE GAMING: A STUDY OF THE BIG FIVE FACTORS	Dr. Eun Ji Kim
		5	EXPLORING PARENTING APPROACHES AND HOUSEHOLD COMMUNICATION DYNAMICS AMONG COLLEGE STUDENTS	Dr. Maryam Jafari
		6	THE ROLE OF EMOTICONS IN COURTEOUS EXPRESSIONS OF GREETINGS AND APPRECIATION	Prof. Dr. Sofia Bianchi
		7	UNDERSTANDING VENTING AND UNWINDING: THE IMPACT OF SEEKING THERAPEUTIC CATHARSIS, SELF-IDENTITY, AND SOCIAL CONNECTIONS IN GAMING ENVIRONMENTS	Prof. Dr. Hye Rim Lee, Dr. Eun Woo Kim, Dr. Jae Hyun Park

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Sameera Jayawardena	1	COMPARATIVE ANALYSIS OF STATISTICAL APPROACHES FOR PART OF SPEECH TAGGING IN NEPALI TEXT	Prof. Dr. Priyanka Sharma
		2	DYNAMIC EVOLUTION OF METAPHORICAL CREATIVITY: A FRAMEWORK FOR ANALYZING METAPHORICAL INNOVATION IN INTERACTIVE DISCOURSE	Badri Kaya
		3	PERSISTENCE OF EPENTHETIC VOWEL DURATION IN JAPANESE SPEAKERS' ENGLISH ACQUISITION	Haruka Sato, Kakeru Yazawa, Mariko Kondo
		4	CO-ARTICULATION PATTERNS OF CONSONANTS AND VOWELS IN CANTONESE MONOSYLLABIC STRUCTURES: AN ARTICULATORY ANALYSIS	Sum Wai Lee
		5	ENHANCING VOCAL REGISTER RECOGNITION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS: A TOOL FOR VOCALISTS	Natalia Wojciechowska, Krzysztof Nowak
		6	EXPLORING CREATIVITY IN BILINGUAL ADVERTISING: A MORPHOLOGICAL EXAMINATION OF SINHALA AND ENGLISH USAGE IN SRI LANKA	Tharindu Lakmal Perera
		7	EXPLORING MORPHOLOGICAL PATTERNS IN TEXT MESSAGING: A STUDY OF URBAN BILINGUALS IN SRI LANKA	Dr. Sameera Jayawardena
		8	EXPLORING COMPUTATIONAL APPROACHES TO CONSCIOUSNESS: INTRODUCING THE INTEGRATED ABSTRACTION FRAMEWORK	Assoc. Prof. Dr. Omar Ahmed, Mohamed Ali Cherif
		9	EXPLORING THE INFLUENCE OF PLANNING AND MEMORY ON NAVIGATIONAL PROFICIENCY: INSIGHTS FROM A VIRTUAL REALITY STUDY	Ananya Patel, Suresh Kumar, Ravi Shankar, Alok Kumar Singh

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Sarah Ahmed	1	PATTERNS OF COLLOCATION ERRORS AMONG ESL LEARNERS: A STUDY AT FEDERAL COLLEGE OF EDUCATION, KANO, NIGERIA	Abdulrahman Ibrahim Abdullahi
		2	COMPARATIVE ANALYSIS OF BEHAVIORAL AND EEG RESPONSES AMONG NATIVE TURKIC-SPEAKING INHABITANTS OF SIBERIA AND SIBERIAN RUSSIANS DURING SYNTACTIC ERROR RECOGNITION IN NATIVE AND FOREIGN LANGUAGES	Olga M. Petrova, Alexander E. Saprygin, Ekaterina A. Ivanova, Ivan D. Petrov, Maria S. Volkova, Natalia V. Borisova,
		3	THE INFLUENCE OF MORPHEMIC ANALYSIS AWARENESS ON VOCABULARY LEARNING STRATEGIES OF ESL LEARNERS	Dr. Fatima Al-Mansoori, Anjali Patel, Abdullah Al-Saud
		4	ASSESSMENT PRACTICES IN IRANIAN UNDERGRADUATE ENGLISH TRANSLATION PROGRAMS: AN EXPLORATION OF FINAL TESTING METHODS	Mohammad Reza Jahangiri, Fatemeh Mohammadi
		5	ANALYSIS OF EXPANSION STRATEGIES IN PERSIAN SUBTITLING OF ENGLISH CRIME FILMS	Mohammad Reza Rahimi, Azra Davari, Ali Najafi
		6	CHALLENGING TRANSLATION NORMS: EXPLORING THE IMPACT OF ADAPTATION ON MEANING TRANSFERENCE"	Alexandera G. Karpova, Igor N. Kozlov, Elena P. Ivanova, Sergei A. Ivanov
		7	INFLUENCE OF TOP-DOWN PROCESSES ON PERCEPTUAL AMBIGUITY: INSIGHTS FROM TEMPORAL DYNAMICS	Prof. Dr. Anastasia S. Ivanova, Dr. Maria A. Petrov
		8	EXPLORING THE ROLE OF TEACHER GUIDANCE IN FACILITATING INFERENCE PROCESSES DURING ARABIC TEXT READING	Dr. Sarah Ahmed
		9	EXAMINING THE INFLUENCE OF MORPHEMIC ANALYSIS AWARENESS ON ESL STUDENTS' VOCABULARY LEARNING STRATEGY: EXPLORING INFLECTIONAL AND DERIVATIONAL PERSPECTIVES	Ranjana Devi, Adelina Binti Asmawi, Nabeel Abdallah Mohammad Abedalaziz

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
2 Ağustos / August 2, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Kevin Nana Moustapha	1	CORRELATION OF JOB SATISFACTION, MOTIVATION, AND THE FIVE DIMENSIONS OF ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIOR	Mushtaq Bakar, M. K. Umar
		2	UTILIZING ONLINE GAMES FOR EDUCATIONAL PURPOSES IN ADDRESSING LEARNING CHALLENGES	M. Smyrnaïou , Z. Margoudi
		3	COMPARING SPATIAL ABILITIES, MEMORY, AND INTELLIGENCE ACROSS DRIVERS WITH VARIED PROFESSIONAL EXPERIENCE LEVELS	A. Kim Khon, T. Mukhitdinova
		4	UNDERSTANDING SUBJECTIVE WELL-BEING: CONTRASTS BETWEEN HIGH AND LOW EMOTIONAL INTELLIGENCE AMONG STUDENTS	Veronika Kim , Alla Pivkina , Khon luva Nataliya
		5	PSYCHOPATHIC DISORDERS AND JUDICIAL SENTENCING: CAN NEUROSCIENCE SHIFT THIS AGGRAVATING FACTOR TO A MITIGATING ONE?	Dr. Kevin Nana Moustapha
		6	VARIETIES OF EPILEPSY AND INSIGHTS FROM EEG-LORETA ANALYSIS ON EPILEPTIC ACTIVITY	Leila Maleki, Esmali Kooraneh, Taghi Hossein Derakhshi
		7	CORRELATIONS BETWEEN GAMING ENGAGEMENT AND LIFE SATISFACTION: EXPLORING THE INFLUENCE OF SELF-ESTEEM, SELF-EFFICACY, AND SOCIAL CAPITAL	Dr. Hye Lee Jeong, Assis. prof. Dr. Eui Rim Jun
		8	EXPLORING CASE STUDIES ACROSS THREE LEARNING DOMAINS: COGNITIVE, AFFECTIVE, PSYCHOMOTOR	Assoc. Prof. Dr. Zeinabsadat Haghshenas
		9		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Öğretim Üyesi Turgay KARALINÇ	1	SEMENTE KARBÜRÜN DALMA EROZYONLA İŞLENMESİNDE BOYUTSAL DOĞRULUĞUN ARAŞTIRILMASI	YL Öğr. Ahmet Tolunay IŞIK Prof. Dr. Mustafa GÜNAY
		2	PASLANMAZ ÇELİĞİN LAZER İLE KESİLMESİNDE GEOMETRİK TOLERANS ANALİZİ	Doç. Dr. Ramazan ÇAKIROĞLU Prof. Dr. Mustafa GÜNAY
		3	REUSE OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PLASTIC WASTES WITH CERIUM DIOXIDE AS A NEW POLYMER NANOCOMPOSITE	Delia Teresa Sponza, Rukiye Öztekin
		4	DETECTION OF EARTHQUAKE DAMAGE USING PRE AND POST EARTHQUAKE SATELLITE DATA	Assist. Prof. Dr. ÖMER FARUK NEMUTLU
		5	ESTIMATION OF WARPAGE OF A BUMPER PART AFTER PLASTIC INJECTION PROCESS BY USING FINITE ELEMENT METHOD (FEM)	Ayşe Hazal CEYLAN Doç. Dr. Bülent KAYA
		6	ENSURING STRUCTURAL INTEGRITY IN OFFICE CHAIR DESIGN: A COMPREHENSIVE ANALYSIS	Melike ÜNLÜ Doç. Dr. Bülent KAYA Kadir Cem TUĞCU
		7	RISK ANALYSIS WITH L-TYPE MATRIX AT THE FACILITY WHERE MEDICAL MATERIAL PRODUCTION IS CARRIED OUT AS A HAZARDOUS WORKPLACE	Assit. Prof. Dr. ZEHRA GÜLTEN YALÇIN Res. Assist. Dr. MUSTAFA DAĞ Assoc. Dr. ERCAN AYDOĞMUŞ
		8	AN EXAMPLE OF A RISK ANALYSIS STUDY WITH AN L-TYPE MATRIX WITHIN THE SCOPE OF SAFETY MEASURES IN THE PRODUCTION OF MEDICAL EQUIPMENT	Assit. Prof. Dr. ZEHRA GÜLTEN YALÇIN Res. Assist. Dr. MUSTAFA DAĞ Assoc. Dr. ERCAN AYDOĞMUŞ
		9		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK	1	DEPRESYONUN ELEKTROENSEFALOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANARAK SINIFLANDIRILABİLMESİ İÇİN SİNYAL İŞLEME VE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İÇEREN BİR YAKLAŞIM	Fatma LATİFOĞLU Sabrina TURTUROVA
		2	DOSE-DEPENDENT SEDATIVE EFFECTS OF CLONIDINE PREDOMINATE OVER ANTINOCICEPTION IN A RAT MODEL	Ali Yucel KARA Deniz YILDIZ PEHLIVAN
		3	APİTOKSİN: ZEHİR Mİ YOKSA İLAÇ MI?	Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK
		4	CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON CHILD HEALTH	Öğr. Gör. Dr. HAKAN AVAN
		5	SMOKELESS TOBACCO USE AND HEALTH EFFECTS IN ADOLESCENTS	Öğr. Gör. Dr. HAKAN AVAN

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Doç. Dr. İsmail METİN	1	MODERNIST FEAR OF MASS CULTURE AND MISOGYNY IN HOWARDS END AND MRS DALLOWAY	DR., PÜRNUR TURHAN
		2	THE PERSONALITY OF THE PROPHET MUHAMMAD ACCORDING TO THE FRENCH WRITER AND STATESMAN ALPHONSE DE LAMARTINE	Doç. Dr. İsmail METİN
		3	THE PROPHET MUHAMMAD AS A 'HERO' IN THE WEST: AN EVALUATION OF THE FRENCH MANUSCRIPT OF THOMAS CARLYLE'S LECTURE	Doç. Dr. İsmail METİN
		4	MOLLA PƏNAH VAQİFİN YARADICILIĞINDA QADIN GÖZƏLLİYİNİN TƏRƏNNÜMÜ	Lamiyə Rza qızı Məmmədova
		5	TOPLUMDİL BİLİM AÇISINDAN ÇİN DEVLETİNİN MİLLİ BÖLGESEL ÖZERKLİK SÖYLEMİ	Dr. Adilcan ERUYGUR
		6	İKİ DİLLİ ÖĞRENCİLERİN TÜRKÇE YAZMA STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELENME	Bilim Uzmanı Furkan CAN Prof. Dr. Mehmet Nuri KARDAŞ
		7	İKİ DİLLİ ÖĞRENCİLERİN TÜRKÇE YAZMA TUTUMLARI ÜZERİNE BİR İNCELENME	Bilim Uzmanı Furkan CAN Prof. Dr. Mehmet Nuri KARDAŞ

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. H. EYLEM KAYA	1	GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE FELSEFE GRUBU ÖĞRETMENLİĞİ YETİŞTİRME POLİTİKALARI	Öğr. Gör. Dr., GAMZE ASLAN
		2	SOSYOLOJİ ÖĞRETİMİNDE ZİYA GÖKALP'İN ÖNEMİ	Öğr. Gör. Dr., GAMZE ASLAN
		3	“ALMANCA DERS KİTAPLARI A1.1, SCHRİTTE A1.2, SCHRİTTE A2.1 VE SCHRİTTE A2.2 KÜLTÜRLERARASI YAKLAŞIM BAĞLAMINDA İNCELENMESİ”	Öğretmen / Mütercim, PINAR PINARBAŞI Doç. Dr. ŞERİF ORUÇ
		4	TÜBİTAK BİLİM TOPLUM VE ÖĞRENCİ ARAŞTIRMA PROJELERİNDE SÜRECE İLİŞKİN ÖĞRETMEN VE ÖĞRENCİ DEĞERLENDİRMELERİ	Mehmet Özden YALÇIN Prof. Dr. Ayşegül ŞEYİHOĞLU
		5	BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLERİNİN PARANORMAL İNANÇLARI	Dr. Öğr. Üyesi OĞUZHAN ÇALI Doç. Dr. YAHYA DOĞAR
		6	YAŞAM MERKEZİNDE SPOR YAPAN BİREYLERİN BEDENİ BEĞENME DÜZEYLERİ	Doç. Dr. YAHYA DOĞAR Doç. Dr. SERKAN DÜZ Dr. Öğr. Üyesi OĞUZHAN ÇALI
		7	DISINTEGRATION IN EDUCATION: A CRITICAL LOOK AT CHANGING OF EDUCATOR AND LEARNER PROFILE	Prof. Dr. H. EYLEM KAYA

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAT	1	RELATIONSHIP BETWEEN EXCESSIVE WORKLOAD AND BURNOUT LEVEL IN HEALTH WORKERS	Dr. Öğr. Üyesi EBRAR ILIMAN YALTAGİL
		2	DEMOKRAT PARTİ DÖNEMİ EKONOMİ POLİTİKALARININ BANKACILIK SEKTÖRÜ ÜZERİNE ETKİSİ (1950-1960)	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAPUSIZOĞLU Yüksek Lisans Öğrencisi, Adem KIRMIZIOĞLU
		3	THE EFFECT OF ADVERTISEMENTS ON SOCIAL NETWORKING SITES ON CONSUMER PURCHASING BEHAVIOR: TEXTILE INDUSTRY EXAMPLE	Prof. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAT
		4	AN EMPIRICAL STUDY TO DETERMINE THE QUALITY OF SERVICES PROVIDED BY PUBLIC INSTITUTIONS	Prof. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAT
		5	SOSYAL MEDYADA MARKA BOYKOTLARI VE KRİZ İLETİŞİMİ: STARBUCKS ÖRNEĞİ	Öğr. Gör. Dr. FATMA YİĞİT AÇIKGÖZ
		6	THE IMPACT OF COVID-19 ON STOCK MARKETS: INSIGHTS FROM ARTIFICIAL STOCK MARKET MODELS	Dr. Şükrü C. DEMİRTAŞ Dr. Öğr. Üyesi Demet TOPAL KOÇ
		7	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE SAĞLIĞI GELİŞTİRİCİ VE KORUYUCU DAVRANIŞLARIN YAŞAM TATMİNİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN Doktora Öğrencisi Mesut KARAMAN
		8	DİJİTAL VATANDAŞLIK VE SAĞLIKLI YAŞAM: TEKNOLOJİNİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ ETKİSİ	Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN Doktora Öğrencisi Mesut KARAMAN
		9		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Öğr. Gör. Dr. Mehmet Şirin ÇETİN	1	KAMU YÖNETİMİNDE DEĞİŞİM EKSENİNDE UMHURBAŞKANLIĞI HÜKÜMET SİSTEMİ	Öğr. Gör. Dr. Mehmet Şirin ÇETİN
		2	SOCIO-POLITICAL ANALYSIS OF “RABBITS AND BOA CONSTRICTORS” BY FAZIL ISKANDER	MA. İkbāl KILIÇ
		3	ARMENIA’S ECOCIDE POLICY IN KARABAKH AND EASTERN ZANGAZUR	Ayətəxan ZİYAD
		4	MOSKOVA’DA KAMU YÖNETİMİ VE YEREL ÖZYÖNETİM	Doç. Dr. KEMAL YAMAN Doktora Öğrencisi, ARDAK TOLEUBAY
		5	KURUMSAL İLETİŞİM, KURUM KÜLTÜRÜ VE SOSYAL SORUMLULUK EKSENİNDE KURUMSAL VATANDAŞLIK ROLÜ	Mertcan ERCEĞİZ Doç. Dr. Emel TANYERİ MAZICI

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Doç. Dr. ÖZLEM BAŞARIR	1	HISTORICAL BUILDINGS WITH SULTAN'S TUGHRAS IN SAFRANBOLU	Assist. Prof. Dr. Mehmet MUTLU
		2	SÜLEYMANİYE KÜTÜPHANESİ HAMİDİYE KOLEKSİYONUNUNDA BULUNAN 7 ENVANTER NUMARALI MUSHAF-I ŞERİF'İN TEZHİP ÖZELLİKLERİ	Doç. Dr. Pınar TOKTAŞ YL. Öğrencisi Fatıma Humeyra YÜKSEL
		3	OSMANLI HANEDAN KADINLARININ GELİR YÖNETİMİ: HİBETULLAH SULTAN ÖRNEĞİ (1789-1841)	Doç. Dr. ÖZLEM BAŞARIR
		4	HOWARD LUCK GOSSAGE VE SIRA DIŞI REKLAM ANLAYIŞI	Doç. Dr. GÜLDANE ZENGİN
		5	EVALUATION OF HOSPITALITY SERVICES FOR PERSONS WITH DISABILITIES IN HEALTHCARE	Assistant Prof. Dr. Merve Bulut
		6		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. R. Belaidi,	1	EXAMINATION OF COACHING LEADERSHIP TRAIT PREFERENCES AMONG UNIVERSITY AND COLLEGE ATHLETES	Dr. Idou Keinde,
		2	IMPACT OF STRENGTH ABILITIES ON HANDSTAND QUALITY	Dr. P. Hedbávný Dr. G. Bago, Dr. M. Kalichová
		3	EVALUATION OF TALENT SELECTION METHODS FOR WOMEN'S ARTISTIC GYMNASTICS AND PRACTICAL VALIDATION OF THE TESTING BATTERY	Dr. G. Bago, Dr. P. Hedbávný, Dr. M. Kalichová
		4	BIOMECHANICAL ANALYSIS OF BICROSS START	Miroslava Kalichová, Dr. Sára Hřebíčková,
		5	EXPLORING THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING SPORT INJURIES	Dr. J. McCullagh, Dr. T. Whitfort
		6	COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL FITNESS AMONG STUDENTS PARTICIPATING IN VARIOUS TEAM SPORTS	Dr. R. Belaidi,
		7	INVESTIGATING THE IMPACT OF SPORT-SPECIFIC EXERCISES ON THE VISUAL ABILITIES OF RUGBY PLAYERS	Dr. P.J. Du Toit, Dr. P. Janse Van Vuuren, Dr. S. Le Roux, Dr. E. Henning, Dr. M. Kleynhans,
		8	ANALYSIS OF SPECTATORS' MOTIVATIONS, EXPERIENCES, AND SATISFACTIONS AT THE 2011 TPGA EVER RICH CHAMPIONSHIP – NORTH BAY OPEN	Dr. Li-Wei Liu, Dr. Cheng-Yu Tsai, Dr. Ming-Tsang Wu
		9		

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Prof. Dr. Marco lee Hemmerling	1	DENGUE TRANSMISSION MODELING: EXPLORING INTERACTIONS BETWEEN INFANTS, PREGNANT WOMEN, AND ANTIBODIES	R.P. Pongsumpun
		2	COMPARATIVE EVALUATION OF DENGUE PATIENTS: PREGNANT VS. NON-PREGNANT COHORTS	Dr. Chat Peseeko
		3	COMPARATIVE ANALYSIS OF DENGUE PATIENTS: PREGNANT VS. NON-PREGNANT MODELS	Randa Pongsumpun
		4	MODELING DENGUE DISEASE DYNAMICS INCORPORATING VIRUS INCUBATION PERIOD IN MATHEMATICAL FRAMEWORK	Assis. Prof. Dr. Penabe. Pongsumpun
		5	STOCHASTIC RESONANCE IN NONLINEAR SIGNAL DETECTION: AMPLIFYING WEAK SIGNALS WITH NOISE	Youguofo Wang, Lenanmo Wu Yo
		6	EXPLORING COMPUTATIONAL GEOMETRY THROUGH TWO SPATIAL EXPERIMENTS	Prof. Dr. Marco lee Hemmerling
		7	STUDY ON THE VIABILITY OF EMBEDDED REAL-TIME SYSTEMS	Dr. YongXia, JIN

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Maria Gonzalez	1	INVASION OF PECTINATELLA MAGNIFICA IN FRESHWATER ECOSYSTEMS OF THAILAND	Dr. Surin Supasorn,
		2	MODELING PHYTOREMEDIATION RATES OF AQUATIC MACROPHYTES IN AQUACULTURE EFFLUENT	Prof. Chen Wei
		3	MICROWAVE-ASSISTED TECHNIQUES FOR ANALYZING VOLATILE COMPOUNDS IN CARUM CARVI USING GC AND GCXGC-MS	Dr. F. Benkaci-Ali Dr. R. Mékaoui, Dr. G. Scholl, Dr. G. Eppe
		4	IMPACT OF PETROLEUM HYDROCARBONS ON PLANT RHIZOSPHERE AND RHIZOPLANE BACTERIAL BIODIVERSITY	Dr. Togzhan D. Mukasheva Dr. Anel A. Omirbekova, Dr. Raikhan S. Sydykbekova, Dr. Ramza Zh. Berzhanova, Dr. Lyudmila V. Ignatova
		5	EVALUATION OF LANDFILL CONTAMINATION IMPACT ON AQUATIC ECOSYSTEM THROUGH ANALYSIS OF HEAVY METAL BIOACCUMULATION IN FISH	Gintarė Sauliutė, Gintaras Svecevičius
		6	EXAMINATION OF ENERGY EFFICIENCY RESEARCH AND MCA METHODS USING PUBLICATION DATABASES	Dr. Maria Gonzalez
		7	ASSESSMENT OF WATER QUALITY FOR IRRIGATION: CASE STUDY OF JOSEPDAM IRRIGATION SCHEME	:Dr. M. A. Adejumobi Dr. J. O. Ojedian
		8	TITLE: ASSESSMENT OF METHANE EMISSIONS FROM SOLID WASTE IN OMAN USING IPCC DEFAULT METHODOLOGY	Dr. Ahmed Al-Sulaimi
		9	INVASION OF PECTINATELLA MAGNIFICA IN FRESHWATER ECOSYSTEMS OF THAILAND	Dr. Surin Supasorn,

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. Lisiana Nurhadi,	1	NiO-CeO ₂ NANOCATALYST FOR EFFICIENT REMOVAL OF PRIORITY ORGANIC POLLUTANTS FROM WASTEWATER VIA CATALYTIC WET AIR OXIDATION AT MILD CONDITIONS	Professor Dr. Anushree
		2	PROBABILISTIC ANALYSIS OF LANDFILL FAILURE MOBILITY	Dr. Ali Jahanfar, Dr. Brajesh Dubey, Dr. Bahram Gharabaghi,
		3	INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON PHOTOREACTIVATION OF MICROORGANISMS IN INDOOR SETTINGS	Shirin Shafaei, James R. Bolton, Mohamed Gamal El Din
		4	ENVIRONMENTAL IMPACTS OF POINT AND NON-POINT SOURCE POLLUTION IN KRISHNAGIRI RESERVOIR: A CASE STUDY IN SOUTH INDIA	Dr. N. K. Ambujam, Dr. V. Sudha
		5	THE INTEGRATION OF URBAN AND ENERGY PLANNING FOR SUSTAINABLE CITIES: A COMPARATIVE STUDY OF JAPAN AND SOUTH KOREA"	Jens-Phillip Petersen
		6	ADVANTAGES OF ELECTRIC BUSES IN URBAN TRANSPORT: INSIGHTS FROM FIELD TESTING IN EIGHT SWEDISH MUNICIPALITIES	Dr. Sven Borén, Dr. Lisiana Nurhadi, Dr. Henrik Ny
		7	INDUSTRIAL WASTEWATER SLUDGE MANAGEMENT IN CHONGQING, CHINA	Victor Emery David Jr.), Yasinta John Md. Sahadat Hossain
		8	EXPLOITING LOW-COST ADSORBENTS FOR HEAVY METAL BIOSORPTION	Dr. Azam Tabatabaee Dr. Fereshteh Dastgoshadeh Dr. Akram Tabatabaee
		9	NiO-CeO ₂ NANOCATALYST FOR EFFICIENT REMOVAL OF PRIORITY ORGANIC POLLUTANTS FROM WASTEWATER VIA CATALYTIC WET AIR OXIDATION AT MILD CONDITIONS	Professor Dr. Anushree

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. N. Messaadia	1	ELECTROMAGNETIC PHENOMENA AND ATOM-FIELD INTERACTIONS IN CELLULAR BIOLOGY	Dr. Masroor H. S. Bukhari,
		2	INTRINSIC ELECTROMAGNETIC PHENOMENA AND ATOM-FIELD INTERACTIONS IN BIOLOGICAL CELLS	Dr. Masroor H. S. Bukhari
		3	HAIR MECHANICAL PROPERTIES DEPENDING ON AGE AND ORIGIN	Meriem Benzarti, Mohamed Ben Tkaya, Cyril Pailler Mattei, Hassan Zahouani
		4	IN VITRO STUDY OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF CYMBOPOGON CITRATUS	Dr. C.K. Hindumathy
		5	THE FIRST PREVALENCE REPORT OF DIRECT IDENTIFICATION AND DIFFERENTIATION OF B. ABORTUS AND B. MELITENSIS USING REAL TIME PCR IN HOUSE MOUSE OF IRAN	Dr. Ali Doosti, Faculty of Veterinary Medicine, Dr. Saeed Moshkelani,
		6	GENETIC ANALYSIS OF TICK SPECIES IN SAUDI ARABIA	Kholoud A. Al-Shammery, Badr El-Sabah A. Fetoh, Ahmed M. Alshammari
		7	IMPACT OF CARBON SOURCES ON TABTOXIN PRODUCTION: A STUDY ON PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. TABACI, A B-LACTAM PHYTOTOXIN	Dr. N. Messaadia
		8	OPTIMIZATION OF GROWTH CONDITIONS FOR ACIDIC PROTEASE PRODUCTION FROM RHIZOPUS OLIGOSPORUS THROUGH SOLID STATE FERMENTATION OF SUNFLOWER MEAL	Dr. Abdul Rauf Muhammad Irfan, Muhammad Nadeem, Ishtiaq Ahmed, Hafiz Muhammad Nasir Iqbal
		9	PREVALENCE OF EPSTEIN-BARR VIRUS LATENT MEMBRANE PROTEIN-1 IN JORDANIAN PATIENTS WITH HODGKIN'S LYMPHOMA AND NON-HODGKIN'S LYMPHOMA	Dr. Fawzi Irshaid, Dr. Adnan Jaran, Dr. Fatiha Dilmi, Dr. Khaled Tarawneh, Dr. Raji Hadeth

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Christoph Speer,	1	ENHANCED APPROACH FOR COMPUTING LINEAR AND NONLINEAR RESPONSES OF SDOF SYSTEMS UNDER ARBITRARY BASE EXCITATIONS	Hossein Kabir, Dr. Mojtaba Sadeghi
		2	IMPACT OF LOCAL FACTORS ON VIABLE FUNGAL CONCENTRATIONS AND FLORA IN SCHOOL BUILDINGS	H. Salonen, E. Castagnoli, C. Vornanen-Winqvist, R. Mikkola, C. Duchaine, L. Morawska, J. Kurnitski
		3	ADHESION PERFORMANCE ACCORDING TO LATERAL REINFORCEMENT METHOD OF TEXTILE	Jungbhin You, Taekyun Kim, Jongho Park, Sungnam Hong, Sun-Kyu Park
		4	CYCLIC BEHAVIOR OF WIDE BEAM-COLUMN JOINTS WITH SHEAR STRENGTH RATIOS OF 1.0 AND 1.7	Roy Y. C. Huang, J. S. Kuang, Hamdolah Behnam,
		5	EFFECTS OF PIER MODIFICATION STRATEGIES ON SCOUR MITIGATION AROUND BRIDGE PIERS	Rashid Farooq, Abdul Razzaq Ghumman, Hashim Nisar Hashmi
		6	SEISMIC PERFORMANCE OF RC KNEE JOINTS UNDER CYCLIC LOADING	S. Mogili, J. S. Kuang, N. Zhang
		7	INNOVATIVE ROTOR DESIGNS FOR THE COUNTER FLOW HEAT RECOVERY FAN	Christoph Speer,
		8	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF GEOTEXTILE IMPACT ON ENHANCING SOIL BEARING CAPACITY IN AGGREGATE SURFACED ROADS	Mahdi Taghipour Masoumi, Ali Abdi Kordani, Mahmoud Nazirizad,
		9	FLOOD ADAPTATION STRATEGIES IN LOW-INCOME SETTLEMENTS IN CHIANG MAI, THAILAND	Nachawit Tikul,

AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES August 1 - 5, 2024- Tashkent Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224				
4 Ağustos / August 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Jane Doe	1	Analysis of Soil-Structure Interaction Effects on Dynamic Parameters of Steel Structures: A Case Study from Taiwan	Vahidreza Mahmoudabadi, Omid Bahar, Mohammad Kazem Jafari
		2	ANALYTICAL APPROACH TO MANNING'S EQUATION FOR RECTANGULAR CHANNELS	Dr. Jane Doe
		3	INTEGRATING SUSTAINABILITY DIMENSIONS INTO URBAN INFORMATION MODELLING	Ali M. Al-Shaery,
		4	UTILIZATION OF BOTTOM ASH IN GEOTECHNICAL APPLICATIONS FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: A CASE STUDY FROM INDIA	A. B. Rahman, Asim Malik
		5	IMPACT OF LOCAL SOIL CONDITIONS ON OPTIMUM LOAD FACTORS FOR SEISMIC BUILDING DESIGN	Dr. Miguel A. Orellana, Dr. Sonia E. Ruiz, Dr. Juan Bojórquez
		6	SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT OF WEIR STRUCTURES CONSIDERING CONCRETE MATERIAL AGING	Prof. HoYoung Son, Dr. DongHoon Shin, Dr. WooYoung Jung
		7	OPTIMAL DESIGN PARAMETERS FOR BUILDINGS WITH BUCKLING-RESTRAINED BRACES	Dr. Ángel de J. López-Pérez, Dr. Sonia E. Ruiz, Dr. Vanessa A. Segovia
		8	INVESTIGATION OF COMPOSITE CANTILEVER BEAM BEHAVIOR WITH EXTERNAL PRESTRESSING: A NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS	Dr. Rahim I. Liban Dr. Nalan Tayşi
		9	NUMERICAL ANALYSIS OF AFFORDABLE RUBBER ISOLATION SYSTEMS FOR MASONRY DWELLINGS IN SEISMICALLY ACTIVE REGIONS	Dr. Ahmad B. Habieb Dr. Gabriele Milani Dr. Tavio Tavio Dr. Federico Milani

Contents

ANOTHER WAY TO DETERMINATE OF MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF U ELEMENT FOR ENERGIES FROM 0.001 MeV to 1 MeV	1
ELECTROSPUN SAFFRON NANOFIBERS: INNOVATIVE APPLICATIONS IN FOOD PACKAGING MATERIALS .	9
ARDIŞIK İLERİ YÖNDE KAYAN SEÇİM YÖNTEMİNİN FARKLI ALGORİTMALARI İLE OSMANİYE İLİ GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİN PARAMETRELERİNİN SEÇİLMESİ VE MODERN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİ İLE YAPILAN TAHMİNLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	20
AN EMPIRICAL EVALUATION OF BLOCKCHAIN TRANSACTION SEARCH METHODS.....	31
EVDE BAKIM HİZMETLERİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI	45
BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ ŞİRKETİNİN ÜRETİM PLANININ HAZIRLANMASI VE KALİTE KONTROLÜ	52
DİKEY BİR KANALDAKİ ISINMIŞ ELEMANIN KARIŞIK TAŞINIM İLE	59
SOĞUTULMASININ İNCELENMESİ	59
ELEKTRONİK BİLEŞENLERDEN KARIŞIK TAŞINIM İLE ISI TRANSFERİNDE AKIŞ YÖNLENDİRİCİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	74
SYNTHESIS, SPECTRAL CHARACTERIZATION, AND <i>IN VITRO</i> CYTOTOXIC ACTIVITY EVALUATION OF A NEW HALO-FUNCTIONALIZED SULFONYL HYDRAZONE COMPOUND	89
A BENZIMIDAZOLE-BASED MOLECULE AS ANTICANCER AGENT: SYNTHESIS, SPECTROSCOPIC, AND <i>IN VITRO</i> CYTOTOXIC ACTIVITY STUDIES	97
PEER BULLYING	103
SPACE NURSING	112
HEMŞİRELİK ÖĞRENCİLERİNDE NOMOFOBİYE İLİŞKİN YAPILAN ARAŞTIRMALARIN İNCELENMESİ.....	118
ANALYSIS OF RESEARCH ON NOMOPHOBIA AMONG NURSING STUDENTS	119
PEDİATRİ KLİNİKLERİNDE UYGULAMA YAPAN ÖĞRENCİ HEMŞİRELERİN HEMŞİRELİK BAKIM DAVRANIŞLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELERİ	131
ON THE SOLUTION OF SPACE-TIME FRACTIONAL WAVE PROBLEM WITH FRACTIONAL NEUMANN BOUNDARY CONDITIONS	140
NUMERICAL SCHEME OF ATANGANA-BALEANU FRACTIONAL DERIVATIVE.....	152
AKILLI SERA OTOMASYONU: MAKİNE ÖĞRENİMİ VE IOT TABANLI SERA YÖNETİM SİSTEMLERİ.....	162
AN ITERATIVE CONFORMABLE LAPLACE METHOD FOR THE SOLUTION OF ITO EQUATION	174
<i>RHEUM RIBES</i> EKSTRATININ DU-145 HÜCRE HATTI ÜZERİNDEKİ ANTİKANSEROJEN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ.....	180
<i>RHEUM RIBES</i> L. EKSTRATININ <i>ALLIUM CEPA</i> KÖK UCU MERİSTEM HÜCRELERİ ÜZERİNDE H ₂ O ₂ 'NUN TOKSİK ETKİLERİNE KARŞI KORUYUCU ROLÜNÜN BELİRLENMESİ	190
MICROBIAL BASED PRODUCTS: EXOPOLYSACCHARIDES	199
BİREYLERİN TIBBİ BİTKİ KULLANIMINA İLİŞKİN BİLGİ VE DÜŞÜNCELERİ; HATAY İLİ ÖRNEĞİ.....	206
TÜRKİYEDE SOYA ÜRETİMİNİN YILLAR İTİBARIYLA DEĞİŞİMİ VE DÜNYADAKİ YERİ.....	215
PASLANMAZ ÇELİĞİN LAZER İLE KESİLMESİNDE GEOMETRİK TOLERANS ANALİZİ.....	222

SEMENTE KARBÜRÜN DALMA EROZYONLA İŞLENMESİNDE BOYUTSAL DOĞRULUĞUN ARAŞTIRILMASI	228
YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) PLASTİK ATIKLARIN SERYUM DİOKSİT İLE YENİ BİR POLİMER NANOKOMPOZİT OLARAK YENİDEN KULLANILMASI	235
DEPREM ÖNCESİ VE SONRASI UYDU VERİLERİ KULLANILARAK DEPREM HASARLARININ TESPİTİ	256
DEPRESYONUN ELEKTROENSEFALOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANARAK SINIFLANDIRILABİLMESİ İÇİN SİNYAL İŞLEME VE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İÇEREN BİR YAKLAŞIM.....	267
APİTOKSİN: ZEHİR Mİ YOKSA İLAÇ MI?	282

ANOTHER WAY TO DETERMINATE OF MASS ATTENUATION COEFFICIENTS OF U ELEMENT FOR ENERGIES FROM 0.001 MeV to 1 MeV

Dr. GÖZDE TEKTAŞ

Izmir University of Economics

gozdetektas@hotmail.com – 0000-0003-3360-5236

Dr. CÜNEYT ÇELİKTAŞ

Ege University

cceliktas@yahoo.com – 0000-0001-8608-066X

ABSTRACT

In the present study, mass attenuation coefficients of uranium element were calculated theoretically for the energies in the range of 0.001-1 MeV. This calculation was performed by a code developed under LabVIEW software. To test the developed code, the attenuation coefficient obtained from the written code for the each energy was compared with that of XCOM program. In addition to this, just like in the XCOM, the graph of variation of the mass attenuation coefficients versus the photon energy values was displayed via the code for the U element. It was concluded from the obtained results that the developed code can be used as an alternative to calculate the mass attenuation coefficients of the elements. This result encourages us to improve the code for different energies and elements.

Keywords: Mass attenuation coefficient, LabVIEW, Uranium.

1. INTRODUCTION

If monoenergetic gamma rays strike a detector after passing through an absorber of variable thickness, the result should be simple exponential attenuation of gamma rays. I , which represents the number of transmitted photons, is given in terms of the number without an absorber (I_0) as Equation 1 [1].

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (1)$$

where μ is called linear attenuation coefficient. Use of the linear attenuation coefficient is limited because it varies with the density of the absorber, even though the absorber material is

the same. Therefore, the mass attenuation coefficient (μ_ρ) is much more widely used, and it is defined as Equation 2. In this equation, ρ is the density of the medium [1].

$$\mu_\rho = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) is a programming environment used to create applications by using the G programming language [2]. For acquiring, analyzing, displaying and storing data, it contains a comprehensive set of tools [3]. It uses dataflow programming. In this programming, the flow of data through the nodes on the block diagram determines the execution order of the VIs and functions [2].

We aimed to calculate theoretically the mass attenuation coefficients (MACs) of elements for different energies via LabVIEW software. We firstly studied with H element and obtained the successful results for this element [4]. In the current study, the code was improved for U element (because it is the heaviest nucleus in Ref. [5]), and the MACs obtained from the code and XCOM program for different energies were compared with each other.

2. MATERIALS AND METHODS

This study calculated the MACs of the U element for energies between 0.001-1 MeV through the code written using LabVIEW software functions. Equation 3 [6] was utilized for the MAC calculation:

$$\frac{\mu}{\rho} \left[\frac{cm^2}{g} \right] = \sigma_{tot} \left[\frac{cm^2}{atom} \right] \cdot \frac{N_A \left[\frac{atom}{g-atom} \right]}{M \left[\frac{g}{g-atom} \right]} = \sigma_{tot} \left[\frac{b}{atom} \right] \cdot \frac{N_A}{M} \cdot 10^{-24} \quad (3)$$

In this equation, N_A and M are Avogadro's number and the atomic weight of the absorber material, respectively. σ_{tot} is the total photon interaction cross section per atom [6]. In this study, it was obtained by summing the cross section values (Scattering (coherent and incoherent), photoelectric absorption, pair production (in nuclear field and in electron field)) given for each energy in the XCOM program. Energies between 0.001-1 MeV in the XCOM and cross section values corresponding to the each energy were entered into the code. So, the total cross section value was obtained for the each energy by the developed code (Figure 1). These energies and total cross section values were sent to the "X" and "Y" inputs of the function called as "Spline Interpolation 1D VI" [7], respectively. However, when the XCOM program is run for the U element, two different MAC values are seen at absorption edge energy. If we compare these MAC values with each other, one is larger than the other [8]. Due to this feature

of U element, the energies and the cross section values were entered into the code in parts, separating from the parts corresponding to the maximum MAC of the edge energies. So, for interpolation process, the function used the relevant energies and the total cross section values according to energy value coming to the input called as “xi” of the function. The total cross section value was obtained from the output (“yi”) of the function for the each energy (i.e. energy coming to the “xi” input) between 0.001-1 MeV in the XCOM, and they were used in Equation 3. In this way, the MAC values were calculated through the developed code.

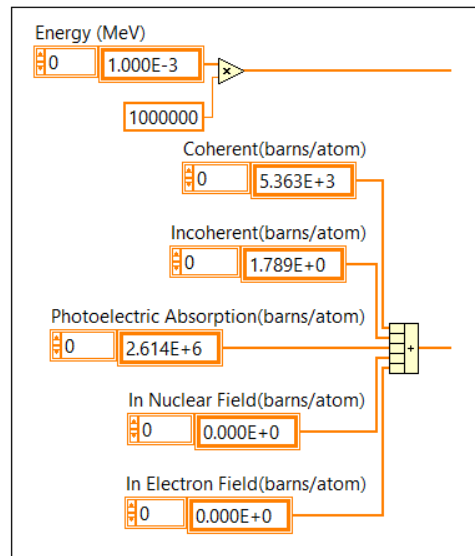


Figure 1. A part of the developed code

3. RESULTS

The MACs were theoretically calculated for the photon energies between 0.001-1 MeV by the developed code, and the obtained results were compared with those of the XCOM [8]. The comparison table is given below (Table 1). The table presents the MACs with coherent scattering in the XCOM due to the fact that the coherent scattering cross section is used for calculations.

Table 1. The MACs obtained from the code and the XCOM

Edge	Energy (eV)	MAC (cm ² /g)	
		Developed code	XCOM
	1.000E+03	6.627E+03	6.627E+03
	1.022E+03	6.374E+03	6.373E+03
	1.045E+03	6.129E+03	6.129E+03
92N ₃	1.045E+03	6.521E+03	6.521E+03
	1.153E+03	5.433E+03	5.432E+03
	1.273E+03	4.527E+03	4.527E+03
92N ₂	1.273E+03	4.590E+03	4.590E+03
	1.354E+03	4.064E+03	4.063E+03

	1.441E+03	3.598E+03	3.598E+03
92N ₁	1.441E+03	3.669E+03	3.669E+03
	1.500E+03	3.380E+03	3.380E+03
	2.000E+03	1.865E+03	1.865E+03
	3.000E+03	7.693E+02	7.693E+02
	3.552E+03	5.257E+02	5.257E+02
92M ₅	3.552E+03	1.266E+03	1.266E+03
	3.639E+03	1.186E+03	1.186E+03
	3.728E+03	1.112E+03	1.112E+03
92M ₄	3.728E+03	1.582E+03	1.582E+03
	4.000E+03	1.329E+03	1.329E+03
	4.303E+03	1.110E+03	1.110E+03
92M ₃	4.303E+03	1.292E+03	1.292E+03
	5.000E+03	8.890E+02	8.891E+02
	5.182E+03	8.117E+02	8.117E+02
92M ₂	5.182E+03	8.611E+02	8.611E+02
	5.362E+03	7.918E+02	7.919E+02
	5.548E+03	7.282E+02	7.282E+02
92M ₁	5.548E+03	7.590E+02	7.590E+02
	6.000E+03	6.284E+02	6.284E+02
	8.000E+03	3.107E+02	3.107E+02
	1.000E+04	1.791E+02	1.791E+02
	1.500E+04	6.527E+01	6.527E+01
	1.717E+04	4.662E+01	4.662E+01
92L ₃	1.717E+04	1.070E+02	1.070E+02
	2.000E+04	7.107E+01	7.107E+01
	2.095E+04	6.300E+01	6.300E+01
92L ₂	2.095E+04	8.837E+01	8.837E+01
	2.135E+04	8.422E+01	8.421E+01
	2.176E+04	8.024E+01	8.024E+01
92L ₁	2.176E+04	9.221E+01	9.221E+01
	3.000E+04	4.128E+01	4.128E+01
	4.000E+04	1.983E+01	1.983E+01
	5.000E+04	1.121E+01	1.121E+01
	6.000E+04	7.034E+00	7.034E+00
	8.000E+04	3.396E+00	3.396E+00
	1.000E+05	1.955E+00	1.955E+00
	1.156E+05	1.378E+00	1.378E+00
92K	1.156E+05	4.894E+00	4.894E+00
	1.500E+05	2.591E+00	2.591E+00
	2.000E+05	1.298E+00	1.298E+00
	3.000E+05	5.193E-01	5.193E-01
	4.000E+05	2.922E-01	2.922E-01
	5.000E+05	1.976E-01	1.976E-01
	6.000E+05	1.490E-01	1.490E-01
	8.000E+05	1.016E-01	1.016E-01
	1.000E+06	7.895E-02	7.895E-02

The results given in table are also shown graphically. Figure 2 and 3 show the graph of the variation of the MACs versus the photon energies in the written code and the XCOM,

respectively. The comparison of the results given in Table 1 is seen in the graph drawn in Excel program (Figure 4). The axes of the graphs are given in logarithmic scale.

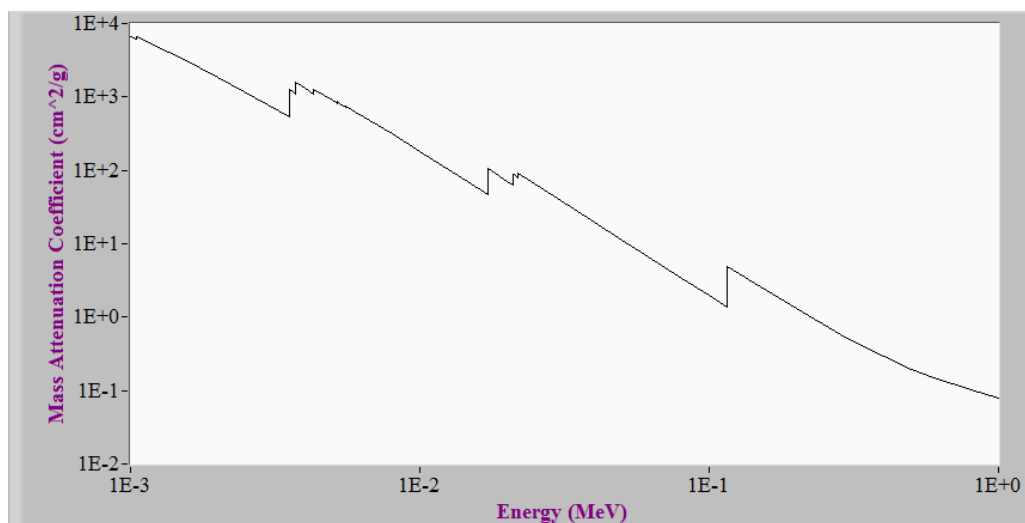


Figure 2. MACs versus energies in the code

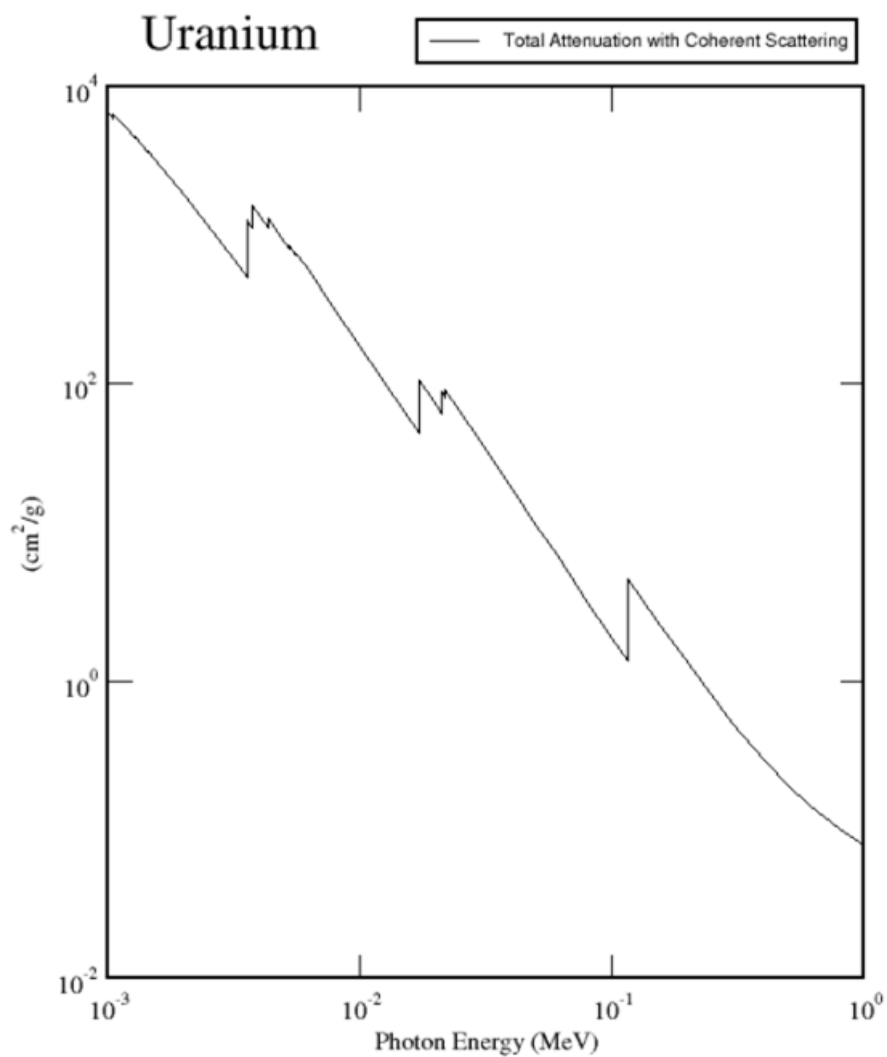


Figure 3. MACs versus energies in XCOM [8]

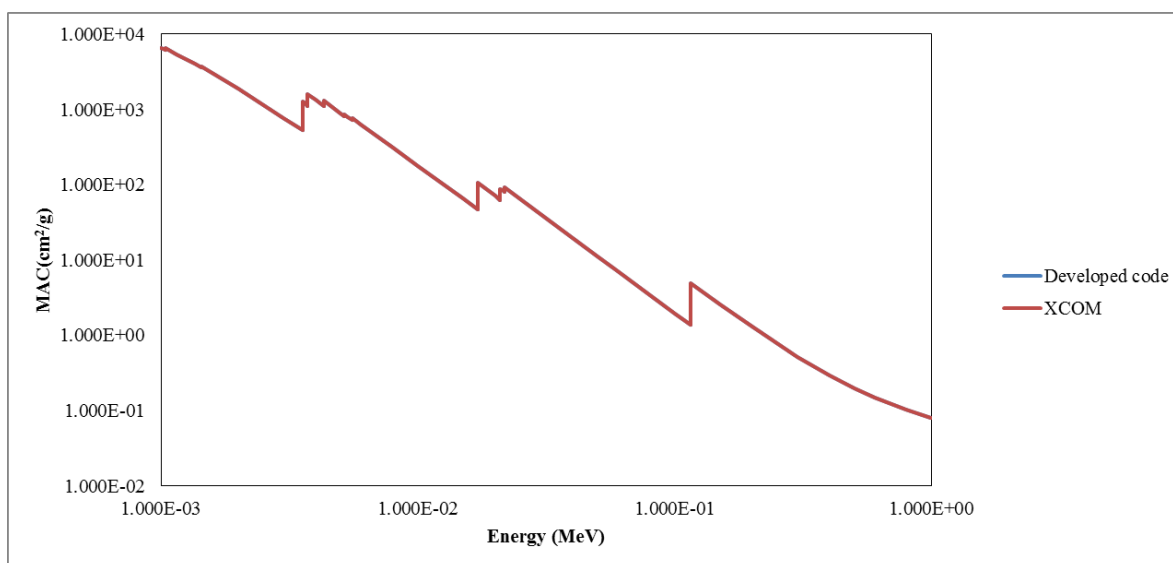


Figure 4. The comparison graph of MACs from XCOM and code versus energies

4. DISCUSSION

This study aimed to calculate MACs of the U element for photon energies between 0.001-1 MeV under LabVIEW software. The MACs from the code were compared with those of the XCOM.

For U element, 1.045E+03, 1.273E+03, 1.441E+03, 3.552E+03, 3.728E+03, 4.303E+03, 5.182E+03, 5.548E+03, 1.717E+04, 2.095E+04, 2.176E+04 and 1.156E+05 eV energy values are given as the absorption edge energy in the XCOM [8]. So, as seen in Table 1, there are two MACs for these energies. It is also seen from the table that the MAC values from the code are highly appropriate with those of the XCOM. In addition to this, the graphs (Figure 2 and 3) of the variation of the MACs versus the photon energies from both programs are in good agreement with each other. This is also observed in Figure 4. The plots in this figure appear as a single plot since the MAC values from the code and the XCOM are the same each other. From these results, it was concluded that the code could be used alternatively to calculate the MACs of elements that have especially light and heavy nucleus.

5. CONCLUSION

The current study presents the calculation of MACs of the U element for different energies. We obtained the highly successful results, and this encourages us to develop the code for different energies and elements.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Scientific Research Foundation of Ege University under project No. 14 FEN 052.

REFERENCES

- [1] Knoll, G.F., *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley& Sons Inc., New York, 2000.
- [2] <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview/page/labview-overview.html> (Accessed: 03/07/2024)
- [3] <https://learn.ni.com/learn/article/labview-tutorial> (Accessed: 03/07/2024)
- [4] Tektaş, G., and Çeliktaş, C., *Calculation of Mass and Linear Attenuation Coefficients of Hydrogen Element under LabVIEW*, Africa 5th International Conference on New Horizons in Science, 336-342, 2024.

- [5] <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html> (Accessed: 29/07/2024)
- [6] Hubbell, J. H., *Photon Cross Sections, Attenuation Coefficients, and Energy Absorption Coefficients from 10 keV to 100 GeV*, NSRDS-NBS 29, 1969.
- [7] <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/vi-lib/gmath/interp-llb/spline-interpolation-1d-vi.html> (Accessed: 03/07/2024)
- [8] <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Xcom/xcom2?Method=Elem&Output2=Hand> (Accessed: 03/07/2024)

ELECTROSPUN SAFFRON NANOFIBERS: INNOVATIVE APPLICATIONS IN FOOD PACKAGING MATERIALS

TAHMINAH DARVISHMOHAMMADI

Pamukkale Üniversitesi,

tdarvishmohammadi22@posta.pau.edu.tr - 0009-0000-7590-1004

Dr. AYŞE ÖZKAL

Pamukkale Üniversitesi,

aozkal@pau.edu.tr - 0000-0003-1294-7106

ABSTRACT

This review examines the growing field of saffron nanofibers and their possible uses in materials for food packaging. Saffron, known for its valuable biological compounds such as crocin, picrocrocin, and safranal, has been widely researched thanks to its healing and edible properties. Nanotechnology has made it possible to encapsulate saffron extracts into nanofibers, improving their functionality, stability, and bioavailability. Various techniques, including electrospinning, have been employed to fabricate saffron nanofibers, leveraging polymers like zein and tragacanth for encapsulation. These nanofibers are ideal for active and intelligent food packaging due to their remarkable properties, including excellent heat stability, controlled release, and antioxidant activity. This article discusses the synthesis, properties, and uses of saffron nanofibers, emphasizing how these nanofibers can preserve food products' quality and lengthen their shelf life through creative packaging techniques. The potential of saffron nanofibers to revolutionize food packaging and contribute to sustainability in the food industry is also discussed.

Keywords: Food packaging, nanofibers, saffron

1. Introduction

Food waste is a considerable issue globally with multiple consequences. Approximately one-third of the food produced for human consumption worldwide is lost or wasted every year(1). This waste can occur throughout the entire food supply chain, from production to consumption. Food waste can be associated with contamination, poor handling, storage, or transportation that makes food unsafe for humans. Additionally, damages during transportation, mishandling, or inadequate storage facilities contribute to food waste (2). Food waste causes about \$940 billion per year in economic losses globally. These losses impact not only the food industry but also the broader economy (3). Furthermore, the environmental consequences of food waste are substantial. The wasted food can utilize large amounts of natural resources, including water, land, and different kinds of energy. Additionally, it generates methane, a potent greenhouse gas contributing to climate change (4).

Packaging plays a crucial role in preserving food quality and safety. It serves as a shield, making food free from contamination and spoilage. Damage to packaging can lead to contamination, resulting in significant food loss. It is also interesting to mention that research indicates that consumers often discard food due to its appearance and packaging integrity, which does not meet their expectations, even if food is still safe to consume. Furthermore, inadequate storage conditions during transportation and retail can exacerbate quality degradation, leading to increased waste (2).

Improving packaging systems and developing strategies for monitoring food safety, quality, and sustainability are essential in addressing the global challenge of food waste. The integration of advanced technologies such as smart packaging allows for real-time monitoring of food conditions, which can indicate freshness and detect spoilage (5). These innovations not only ensure higher standards of hygiene but also contribute to sustainability efforts by optimizing packaging materials and reducing waste (6). Despite the efforts on providing the effective method and control on the existing food packaging, it is still a long way to go to reduce food waste coming from microbial contamination during supply chain and storage (2). Prioritizing these advancements will lead to reducing economic burden associated with food waste significantly. Therefore, alternative and innovative food packaging methods are required to protect food quality and extend the shelf life of food. In this review paper, we will review innovative packaging systems, saffron and its bioactive compounds, extraction techniques, specially nanoencapsulation and electrospinning. Finally, we will review the potential and applications of electrospun saffron extracts loaded with nanofibers in the food industry.

2 Innovative Packaging Systems

In regard to innovative solutions for packaging material, there has been a big interest in recent years. Two packaging systems, active packaging and smart packaging, have been effective in maintaining food safety and quality. Active packaging means with adding additives, such as antioxidants and antimicrobials sources to the packaging material. These additives will increase the stability of foods, extending shelf life and maintaining food quality. On the other hand, smart packaging is designed to detect environmental changes in the food. This type of packaging will provide a response that can be readable for humans, such as a color change as indicator for the quality and safety of the food (2).

One of the developments in this field is the use of natural sensors. These sensors will respond to environmental changes such as temperature, pressure, gas concentrations, and pH levels to monitor food quality. Adding these sensors to packaging will help achieve real-time monitoring of food conditions, providing valuable information on freshness, quality and safety (7).

In recent years, there has been an increasing trend of using eco-friendly compounds instead of synthetic material. Two examples can be chitosan nanofibers (CNFs) and methyl cellulose (MC). CNFs are derived from chitin, a natural polymer found in the shells of crustaceans, and MC is derived from cellulose, the most abundant natural polymer. Both are biodegradable and have film-forming properties which makes them good candidates for sustainable packaging systems (8).

Making these natural components and adding them to food packaging will meet the growing need for sustainability and provides innovative solutions for food quality monitoring. Natural sensors are not just effective, but also environmental friendly and biodegradable (8).

3. Saffron

Saffron or "the red gold," is one of the most expensive spices in the world. It has been known for over 4000 years and has been used in traditional medicine from a very long time ago. Saffron is the dried red stigmas of the *Crocus sativus* L. flower which is beneficial and has various applications in the food industry. It is mostly popular for its ability to color and flavor dishes (9). *Crocus sativus* is shown in Figure 1. Saffron is also widely used in pharmaceuticals and medicine and it is not mutagen or toxic, also it has high bioavailability within the human body. These features make saffron an ideal spice for research associated with healthy food. Saffron contains more than 150 ingredients such as vitamins, minerals, fats, sugars, and flavonoids, carotenoids, terpenes, and anthocyanins (2). Among these ingredients, crocins, crocetin, picrocrocin, and safranal are the most important bioactive compounds. Other compounds include lycopene, α -carotene, β -carotene, zeaxanthin, kaempferol, and quercetin (10).

The color, aroma, and taste of saffron are because of crocin, crocetin, and picrocrocin, respectively. Due to the fact that they are all presence in the stigma, research are mainly use this part of the saffron flower. Crocins, especially α -crocin, are responsible for producing a water-soluble golden-red color and have various applications in the food industry. They are antioxidants and show health-beneficial effects. Crocetin and its derivatives, also provide the red color and has a lot of application in medicine. Picrocrocin which is responsible for saffron's bitter taste and aroma components, has shown anti-proliferative and anti-cancer properties. Safranal, a main volatile ingredient in saffron, which consist almost up to 70% of all volatiles is produced during the de-glycosylation of picrocrocin. It is primarily responsible for saffron's aroma and is formed during postharvest drying and storage. The chemical structures of the bioactive components of saffron are shown in Figure 2. Generally, saffron's bioactive components has health benefit properties through their antioxidant, anticancer, antidepressant, insomnia- and anxiety-reducing, memory-enhancing, and antitumor effects (2).



Figure 1: *Crocus sativus* species

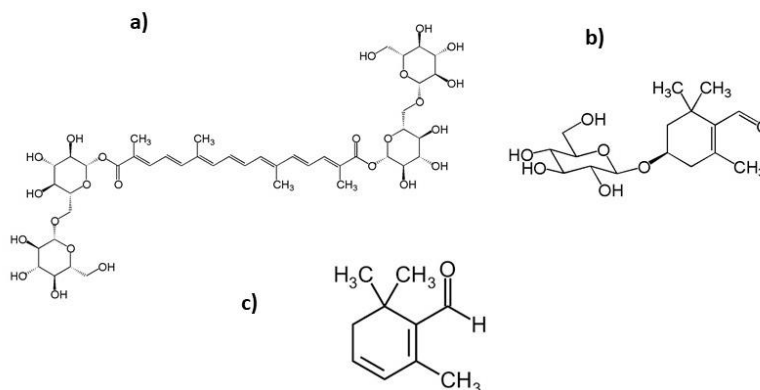


Figure 2: The chemical structures of a) Crocin, b) picrocrocin and c) Safranal

4. Extraction Techniques

There are multiple extraction methods for extracting bioactive compounds from natural and herbal substances. Choosing an appropriate way of extraction can extract 4 times more bioactive. Some methods are not selective and can affect heat-sensitive compounds. Conventional Methods include Soxhlet Extraction, Solvent Extraction and Hydro or Steam Distillation. The Soxhlet Extraction method involves repeatedly washing dried plant matter with a hot solvent. Although it is considered an effective method, it is slow, produces waste, and often produces impure results. Solvent extraction is a basic technique that soaks crushed plants in a liquid to dissolve the desired compounds. It is simple but can leave harmful residues. Hydro or Steam Distillation uses heat and water to extract oils and other substances from plants. It can be helpful but can damage bioactive compounds (10).

Novel methods for extraction of saffron bioactive include Emulsion Liquid Membrane, Microwave-assisted extraction, Ultrasound-assisted extraction, High hydrostatic pressure extraction, Supercritical fluid extraction, Enzyme-assisted extraction and Pulsed electric field extraction. Emulsion Liquid Membrane is a promising technology for the efficient removal of various contaminants, including organic and inorganic pollutants, from aqueous solutions. The main advantages of ELM include rapid extraction, high efficiency and high selectivity. However, ELM also have some challenges and disadvantages such as instability of the emulsion during operation, which can lead to emulsion breakage and loss of efficiency. Microwave-assisted extraction uses electromagnetic waves for heating and extracting the bioactive materials. While it is cost-effective compared to traditional and simple, it is not suitable for heat-sensitive bioactive compounds. Ultrasound-assisted extraction uses sound waves for the extraction and it has a fast extraction rate, however, it will degrade some sensitive compounds due to the generation of free radicals at high sonication powers. High hydrostatic pressure extraction uses ultra-high hydraulic pressure and can lead to high yield and extract purity, but

it has costly facilities and the maintenance of constant processing pressure is challenging. Supercritical fluid extraction needs supercritical fluids, usually carbon dioxide (CO₂) as the solvent. Although it is time-consuming and eco-friendly, it is costly and complicated. Enzyme-assisted extraction uses enzymes to break down the plant cell wall and assist the extraction process. This method has an appropriate extraction rate and is effective. However, the high price of enzymes and enzyme sensitivity issues can limit this method. Lastly, pulsed electric field extraction uses transient electrical pulses and has high efficiency at a short extraction time. But it requires specialized and expensive equipment (10).

4.1 Microencapsulation

Microencapsulation is a technique that offers several benefits for protecting and delivering bioactive compounds. These benefits include preserving functionality, improving stability, enhancing bioactivity, increasing bioavailability, and enabling controlled release and targeted delivery of bioactive compounds. Different methods associated with saffron encapsulation techniques have been used to protect crocin and other bioactive compounds. Although successful results have been reported using encapsulation techniques for protecting and extracting bioactive, multiple limitations such as the chemical properties of wall and core materials meaning their stability and chemical reactivity should be taken into consideration before choosing the right method (10).

There are 3 methods in microencapsulation that have been widely used in extraction which include Spray Drying, Freeze Drying, and Extrusion. Spray Drying is a common method in encapsulation and it is both simple and flexible. Studies that have been using spray drying for saffron extracts indicated that anthocyanins are well-protected using β -glucan and β -cyclodextrin as wall material. Freeze Drying is also considered a successful method of extraction which maintains the functionality of the bioactive. Using freeze drying on saffron extract is reported to have a color stabilizing feature by several studies. Therefore, stabilizing anthocyanin has the potential to be used in the food industry. Lastly, extrusion is an effective method for saffron bioactive including crocin, safranal and picrocrocin by alginate and chitosan polymers. It is reported that the efficacy and stability of saffron extract using this method have been considered very successful (10).

4.2 Nanoencapsulation

Despite the fact that microcapsulation has been an effective technique, the bioavailability and control-release profile of bioactives can be better controlled using nanotechnology. While microcapsules have a diameter of 3-800 μm , nanoparticles with diameters of 10 to 1000 nm have a better chance of being effectively encapsulated into the wall. This is because every delivery to the encapsulation system is associated with particle size. As a result, nanoencapsulation techniques are promising due to allowing a wide range of wall materials and carriers to be used in the system. Also, it enhances the bioavailability, protection, more precision targeting and improves the control release profile effectively (10 and 11).

Different methods are associated with nanoencapsulation techniques. We are reviewing methods related to protecting the bioactivity of carotenoid (which is associated with saffron

bioactive compounds) in this paper. These methods include nanoemulsions, nanodroplets, nanoparticles, Nanostructured lipid dispersions, nanohydrogels and Electrospinning.

Nanoemulsions are an effective method for protecting saffron bioactive compounds due to the multiple features of these nano-sized particles. Firstly, their small size can make them a stable particle, also their hydrophobic feature makes them a good choice for carrying carotenoids. Additionally, complex structures like protein-polysaccharides are used as polymers to increase the stability of emulsions. These features make it a good choice for encapsulation of saffron bioactives. Encapsulating crocin in water-in-oil microemulsions by polyglycerol polyricioleate surfactant has been reported as a successful method. Nanodroplets are also thermostable and effective methods for nanoencapsulation offering high bioavailability and solubility. In a study (WPC)-pectin-maltodextrin complexes are a reported polymer for carrying bioactive compounds of saffron.

Nanoparticles are the other effective delivery system for saffron extracts due to their bioavailability and the potential to be selective in recognizing the right target. Also, their proper controlled release profile within different environments is their superiority for being used as nanocarriers. Studies have shown that using protein of functional food can be used as the polymer material such as zein nanoparticles which are stable and have high nutritional value. In addition, the interesting usage of nanoparticles is in cancer therapy. For example, polyethylene glycol and selenium can carry crocin in drug delivery systems and have the ability to target cancerous cells.

Nanostructured lipid dispersions are lyotropic liquid crystalline structures. These structures also have applications in cancer therapy and encapsulating crocin with nanostructured lipid dispersions can enhance the antioxidant activity of crocin and be a candidate for drug delivery systems against cancer. Also, safranal encapsulated with solid lipid nanoparticles can act as a UV blocker and be used in the cosmetic industry.

Nanohydrogels can carry hydrophilic compounds and have the advantages of large surface and high stability features. Studies show that crocin loaded with nanohydrogels is not only highly stable in different conditions such as acidic and high temperatures, but also has a high antioxidant activity which makes it useful for a wide range of applications (10).

4.2.1 Electrospinning

Electrospinning is a new technology to produce nanofibers. The typical diameter of electrospun fibers is between 100 and 500 nm. Nanofibers is the term used to describe fibers with diameters between 100 and 500 nm in textile and fiber science. The technological ease of use and adaptability of the electrospinning process are the advantages of the method. A high voltage electric source with either positive or negative polarity, a syringe pump with tubes or capillaries to transfer the fluid from the pipette or syringe to the spinneret, and a conducting collector such as aluminum make up the simple electrospinning setup. Depending on the specifications, the collector might be shaped like a flat plate, revolving drum, etc. Electrospinning is also suitable for encapsulation techniques (12). Encapsulation of saffron extract can be successfully performed by this method. In Figure 3, a schematic picture of an electrospinning setup is seen.

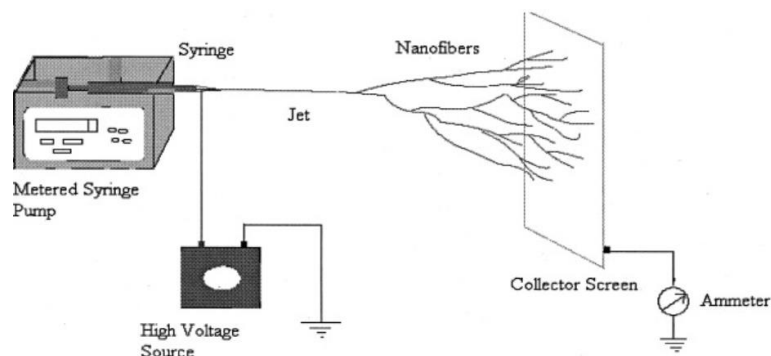


Figure 3: Schematic Picture of an Electrospinning Setup (12)

As seen from the picture, a high voltage electric field is used to spin the polymer solution inside the syringe into nanofibers. While this structure travels from the syringe tip to the collector, the solvent will be evaporated, and nanofibers will be generated and collected on the collector.

5. Comparison Between the Effectiveness of Freeze Drying and Electrospinning Technique For the Encapsulation of Saffron Extract

In a study, the freeze-drying and electrospinning techniques for the encapsulation of saffron extract were evaluated and the study aimed to determine which method better maintains the bioactive compounds of saffron at different temperatures. Results show that electrospinning had higher encapsulation efficiency for crocin (76.3%), picrocrocin (86.0%), and safranal (74.2%) compared to freeze drying (69.0%, 74.7%, and 65.8%), respectively. Also, electro-spun fibers had higher melting and denaturation temperatures (78.3°C and 108.1°C) compared to freeze-dried samples (65.4°C and 93.2°C). Furthermore, electrospinning retained at least 96.2% of crocin after 42 days at 35°C, while freeze drying retained 93.7%. Regarding half-life, the half-life of crocin in electro-spun samples was significantly longer (138 days at 4°C) compared to freeze-dried samples (77 days at 4°C) and non-encapsulated samples (22 days at 4°C). The study concluded that electrospinning was a more effective technique than freeze drying in terms of preserving saffron bioactive compounds, higher encapsulation efficiency, better thermal properties, and greater storage stability (13).

6. Applications of Electrospun Saffron Extracts Loaded with Nanofibers in the Food Industry

In this section studies related to the use of electrospun saffron extracts loaded with different nanofibers and their application in food industry is reviewed. The summary of this review is also available in Table 1. In a study, *Crocus sativus L.* extract and zein nanofibers were nano-encapsulated using electrospinning. The study aimed to ensure the successful encapsulation of the mixture using scanning calorimetry (DSC) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) measurements and to examine the antioxidant activity of zein nanofibers which are

loaded with saffron extract with the help of ABTS assay. Finally, to evaluate whether nano-loaded saffron and zein has the potential to use as a coating layer on fish fillets. The study found that the encapsulation had high efficacy, also the antioxidant activity of the new combination was significantly higher. In regard to the preservation of food, Peroxide Value (PV) of coated fish fillets sample increases progressively in compared to uncoated samples. In addition, the Free fatty acids value was lower after coating with saffron loaded with nanofiber indicating that the coating reduced the rate of lipid hydrolysis, thus maintaining the freshness and quality of the fish over the storage period. Also, pH value of coated sample was significantly lower in comparison to the control sample. Therefore, keeping the pH lower will help prevent spoilage and extend the shelf life of the fish. The results concluded that that the nanoencapsulation of saffron using zein will enhance the antioxidant activity and lead to delayed the biochemical deterioration of the sea bass fillet during cold storage which indicate its promising potential to be used as primary packaging material (14).

Also, in another study, bioactives of saffron including picrocrocin, safranal, and crocin were encapsulated with zein structures using Electrospinning and electrospraying. The purpose of the study was mainly evaluating the stability of the mixture not just thermostability, but also its stability against UV light and pH levels. Nanofiber encapsulation was highly effective with a retention value of 97% for picrocrocin, 88% for safranal, and 97% for crocin. In addition, encapsulation has significantly improved the stability of crocin and safranal against UV radiation. In regard to stability in different pH levels, non-encapsulated crocin degraded by 98% after 15 hours at 75°C in acetic acid, however, encapsulated crocin degraded by only 67.23%. the result shows that encapsulation with electrospun and electrosprayed zein structures effectively stabilized the bioactive compounds of saffron and enhanced their photostability and reduced their degradation under acidic and high-temperature conditions. This study also highlights the potential application of saffron loaded with nanofiber with preserved bioactivity to be used in the food industry (15).

In other study, the core-shell nanofibers were produced using Zein and Tragacanth and aqueous saffron extract with coaxial encapsulation method. The study purposed to evaluate the stability of saffron bioactive compounds and their release profile. The result showed that the encapsulation efficiency ranged from 60.89% to 91.55% meaning the initial saffron extract that successfully was encapsulated within the zein-tragacanth nanofibers. Also, the loading capacity ranged from 3.57% to 9.52% that indicate how much saffron was loaded to nanofiber. The release of saffron compounds was tested in saliva, hot water, gastric, and intestinal media. Release values were 21.66% in saliva, 27.75% in hot water, 43.88% in gastric media, and 16.12% in intestinal media. This study concluded that these nanofibers can be used in food industries, not just in packaging material but also in food materials such as chewing gum and tea bags, providing a thermostable and efficient delivery system for saffron's bioactive compounds (16).

Lastly, in another study, to enhance the oxidative stability of encapsulated echium oil, saffron extract loaded with nanoliposomes were used. pullulan, polyvinylpyrrolidone, and other polymers were used as polymer materials. Echium oil is a plant-based oil extracted from the seeds of the Echium plant, specifically from species like Echium plantagineum and Echium

vulgare. Echium oil is considered unstable due to its high content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) that are prone to oxidation or high temperatures. As a result, not only an effective nanoemulsion was generated, but also the oxidation onset time and activation energies tests were confirmed the enhanced stability. It can be concluded that increasing oxidative stability will lead to an extension of the shelf life and higher functionality of echium oil in the food industry (17).

Purpose of Study	Materials Used (Core and Wall)	Key Findings	Potential Applications	Reference
Ensuring the successful encapsulation of the mixture and examining the antioxidant activity of nanofibers	<i>Crocus sativus L.</i> extract and zein nanofibers	High encapsulation efficacy, increased antioxidant activity	Coating for fish fillets to extend shelf life and maintain freshness	14
Evaluating the stability of the mixture against temperature, UV light and pH levels	Saffron bioactives (picrocrocin, safranal, crocin) and zein structures	High retention values (picrocrocin 97%, safranal 88%, crocin 97%), enhanced photostability, reduced degradation in acidic and high-temperature conditions	Stabilizing saffron bioactives for use in food industry, enhancing shelf life	15
Evaluating the stability of saffron bioactive compounds and their release profile	Zein and Tragacanth with aqueous saffron extract	Encapsulation efficiency (60.89%-91.55%), loading capacity (3.57%-9.52%), release in different media (saliva 21.66%, hot water 27.75%, gastric media 43.88%, intestinal media 16.12%)	Use in food packaging, chewing gum, tea bags for thermostable and efficient delivery	16
Examining oxidative stability of encapsulated echium oil with saffron extract loaded with nanoliposomes	Saffron extract loaded with nanoliposomes, echium oil, pullulan, polyvinylpyrrolidone	Enhanced oxidative stability, confirmed by oxidation onset time and activation energy tests	Extending shelf life and functionality of echium oil in the food industry	17

Table 1. Studies related to the use of electrospun saffron extracts loaded with different nanofibers and their application in the food industry

7. Conclusion

Electrospun saffron nanofibers are promising agents to be used in innovative solutions in the food packaging industry to ensure food quality and safety. These innovations can effectively

reduce the global issue of food waste and contamination. The unique properties of the saffron extract with its antioxidant, and antimicrobial features coupled with the advanced technology of using nano-sized compounds with special properties and electrospinning made an innovative approach in the food industry. Electrospun saffron nanofibers as an effective, functional, stable and bioavailable compound have the protentional to be used in active and smart packaging material, extend the shelf life of food products, reduce spoilage, and provide monitoring of food freshness. Additionally, the use of natural, biodegradable polymers in these nanofibers meets the demand for producing sustainable and eco-friendly packaging systems.

To fully realize the potential of electrospun saffron nanofibers, future research should focus on optimizing production processes, scaling up for industrial applications, and testing the long-term stability and efficacy of these materials in real practice. Regulatory approval and adherence to standards will be important to ensure the safety and acceptance of nanomaterials in food packaging. The economic benefits, such as cost savings from reduced food waste and exploring new markets for sustainable packaging, show the huge impact of this innovation.

Collaboration among scientists, engineers, industry experts, and policymakers is essential to bring these innovations to market and revolutionize food preservation techniques.

In the future, the applications of electrospun saffron nanofibers are not limited to the food industry. They have potential for use in pharmaceuticals, cosmetics, and textiles, paving the way for a wide range of innovative products. The future will indeed be bright with the continued efforts of researchers and industry players to bring these technologies to industrial usage.

References

- 1- Marimuthu, S., Saikumar, A., & Badwaik, L. S. (2024). Food losses and wastage within food supply chain: a critical review of its generation, impact, and conversion techniques. *Waste Disposal & Sustainable Energy/Waste Disposal & Sustainable Energy*.
- 2- Ezati, P., Khan, A., Rhim, J., Roy, S., & Hassan, Z. U. (2022). Saffron: Perspectives and Sustainability for Active and Intelligent Food Packaging Applications. *Food and Bioprocess Technology*, 16(6), 1177–1196.
- 3- Caldeira, C., Corrado, S., Goodwin, L., & Sala, S. (2020). Global food waste. In *Encyclopedia of the UN sustainable development goals* (pp. 269–280).
- 4- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., & Meybeck, A. (2011). *Global Food Losses and Food Waste- Extent, Causes and Prevention*. ResearchGate.
- 5- K1zen, A., & Caba, Z. T. (2017, October 1). *Nanotechnology and smart packaging in food packaging*.

- 6- Ibrahim, I. D., Sadiku, E. R., Hamam, Y., Kupolati, W. K., Ndambuki, J. M., Jamiru, T., Eze, A. A., & Snyman, J. (2023). Recent Recycling Innovations to Facilitate Sustainable Packaging Materials: A review. *Recycling*, 8(6), 88.
- 7- Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus, N., Abdullah, A., Heng, L. Y., & Ahmad, M. (2011). Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 5(3–4), 137–146.
- 8- Alizadeh-Sani, M., Tavassoli, M., McClements, D. J., & Hamishehkar, H. (2021). Multifunctional halochromic packaging materials: Saffron petal anthocyanin loaded-chitosan nanofiber/methyl cellulose matrices. *Food Hydrocolloids*, 111, 106237.
- 9- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2020). Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae*, 272, 109560.
- 10- Garavand, F., Rahaei, S., Vahedikia, N., & Jafari, S. M. (2019). Different techniques for extraction and micro/nanoencapsulation of saffron bioactive ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 26–44.
- 11- Ezhilarasi, P. N., Karthik, P., Chhanwal, N., & Anandharamakrishnan, C. (2012). Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 628–647.
- 12- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., & Ramkumar, S. S. (2005). Electrospinning of nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(2), 557–569.
- 13- Golpira, F., Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2021b). Evaluation of freeze drying and electrospinning techniques for saffron encapsulation and storage stability of encapsulated bioactives. *Journal of Composites Science*, 5(12), 326.
- 14- Najafi, Z., Cetinkaya, T., Bildik, F., Altay, F., & Yeşilçubuk, N. Ş. (2022b). Nanoencapsulation of saffron (*Crocus sativus* L.) extract in zein nanofibers and their application for the preservation of sea bass fillets. *LWT*, 163, 113588.
- 15- Alehosseini, A., Gómez-Mascaraque, L. G., Ghorani, B., & López-Rubio, A. (2019b). Stabilization of a saffron extract through its encapsulation within electrospun/electrosprayed zein structures. *LWT*, 113, 108280.
- 16- Dehcheshmeh, M. A., & Fathi, M. (2019b). Production of core-shell nanofibers from zein and tragacanth for encapsulation of saffron extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 272–279.
- 17- Najafi, Z., Bildik, F., Şahin-Yeşilçubuk, N., & Altay, F. (2022b). Enhancing oxidative stability of encapsulated echium oil by incorporation of saffron extract loaded nanoliposomes into electrospun pullulan-pea protein isolate-pectin. *Food Hydrocolloids*, 129, 107627.

ARDIŞIK İLERİ YÖNDE KAYAN SEÇİM YÖNTEMİNİN FARKLI ALGORİTMALARI İLE OSMANİYE İLİ GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİN PARAMETRELERİNİN SEÇİLMESİ VE MODERN MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİ İLE YAPILAN TAHMİNLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Remzi Ulaş ÇİLOĞULLARI

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, ulascil_188@hotmail.com - 0000-0002-2842-2649

Dr. Öğr. Üyesi, Kemal BALIKÇI

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, kbalikci@osmaniye.edu.tr - 0000-0001-6234-5627

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin güneyinde güneş radyasyonu açısından potansiyeli yüksek bir yer olan Osmaniye ilinin güneş radyasyonu tahmini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Nasa-Power platformundan alınan güneş radyasyonu, rüzgar hızı, basınç, nem, yağış, hava açıklığı indeksi, sıcaklık, maximum sıcaklık, minimum sıcaklık, çiğlenme noktası parametreleri kullanılmıştır. Önce Osmaniye ili verileri üzerinde ardışık ileri yönde kayan seçim metodu Random Forest ve lineer regresyon algoritmaları ile uygulanmış ve modern makine öğrenmelerine giriş parametresi olarak verilecek özellikler elde edilmiştir. Ardışık İleri Yönde Kayan Seçim yönteminin farklı algoritmaları ile bulunan özellikler giriş parametreleri olarak Osmaniye ilinin güneş radyasyonu tahmin işleminde kullanılmıştır. Giriş parametrelerini kullanan tahminci modeller tahmin işlemini gerçekleştirmiş ve elde ettiği sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Karşılaştırma metrikleri olarak RMSE, MAE ve R2 kullanılmıştır. Makine öğrenmesi yöntemlerinden XGBOOST, LIGHTGBM ve Uzun Kısa Süreli Bellek(LSTM) algoritmaları bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışma kapsamında en başarılı sonucu ardışık ileri yönde kayan seçim Random Forest algoritmasını kullanan LSTM makine öğrenimi metodu vermiştir.

Anahtar Kelimeler: XGBOOST, LIGHTGBM, LSTM, Özellik Seçimi, Güneş Radyasyonu Tahmini

1. GİRİŞ

Günümüzde en çok kullanılan enerji formu olan elektrik, yenilenemez veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ikincil bir enerji olarak üretilmektedir [1]. Elektrik üretiminde son yıllarda yenilenebilir enerjinin payının arttığı görülmektedir. Güneş, rüzgar, yağmur, dalgalar ve **jeotermal enerji** gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilebilir. Bu kaynaklar içerisinde güneş ve rüzgar enerjisinden hızlı bir şekilde elektrik elde edilebilir [2]. Güneş enerjisi, güneş radyasyonunu doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, yarı iletkenlerden oluşan ve enerjiyi **pillerde depolayabilen PV hücreleri** aracılığı ile üretilebilir [3].

Uzak olmayan bir zaman dilimi içerisinde elektrik üretiminde yoğun olarak kullanılan fosil yakıt kaynaklarının yerini yenilenebilir enerji türü olan güneş enerjisinin alma imkanı bulunmaktadır. Mevcut durumda güneş enerjisinin global elektrik üretimindeki payı %3,6 ile istenilen düzeyde olmasa da, 2022 verilerine göre toplam kurulu yenilenebilir enerji kapasitesi içerisindeki payı %31'dir. Bu verilerle yenilenebilir enerji teknolojileri içerisindeki önemini sağlam bir şekilde kanıtlamıştır. 2022 yılında yenilenebilir enerjisi kurulu gücü verilerine göre 1392 GW ile hidroelektrikten sonra en çok kurulu yenilenebilir enerji teknolojisi durumuna 1053 GW kurulu güce ulaşan güneş enerjisi gelmiştir [4-5].

Güneş enerjisi kısa bir süre içinde hızla değişebilen iklim şartlarına bağlıdır. Bu nedenle, güneş enerjisinin kesikli doğası nedeniyle, mevcut şebeke sistemleriyle entegre edilmesi ve güç şebekelerinin sistematik işleyişi için hassas güneş radyasyonu tahmini gereklidir [6]. Güneş radyasyonu tahmin probleminin çözümü farklı coğrafi ve meteorolojik faktörleri dikkate almayı içeren bir durumdur. İklim ve atmosfer şartlarının sürekli değişimi çözümü zorlaştırmasına rağmen, güneş radyasyonunun yüksek doğrulukla tahminini gerçekleştirmek için farklı zaman aralıklarında (saatlik, günlük ve aylık) meteorolojik verileri içeren tahminci modeller üretilmiştir [7]. Son yıllarda makine öğrenimi yöntemleri de güneş radyasyonu tahminlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Yapay zekanın bir dalı olan makine öğrenme yöntemi, kendisine verilen veri seti içerisindeki giriş ve çıkış verileri arasında doğrusal olmayan bir örüntü bulmaya çalışarak öğrenme işlemini gerçekleştirebilir [8]. Tahmin modeli sadece güneş radyasyonu verisi veya hem güneş radyasyonu verisi hem de tahmini en fazla etkileyen meteorolojik parametreler kullanılarak oluşturulabilir. Güneş radyasyonu tahmini ile ilgili literatüre bakıldığında araştırmacıların yeni modeller geliştirmeye ve tahmin doğruluğunu arttırmak için farklı tahmin algoritmalarını birleştirmeye çalıştıklarını ve genellikle geçmiş güneş radyasyonu gözlemlerini girdi olarak kullandıklarını görmekteyiz [9].

Tahmin modelleri çoğunlukla veriler arasında iyi bir örüntü oluşturmak için çok sayıda girdi değişkeni(özellik) kullanır fakat tahmin veya analiz işlemi bu durumda ilgisiz değişkenler(özellik) nedeniyle doğru sonuçlardan uzaklaşabilir. İlgisiz özellikler, bağımlı ve bağımsız özellikler arasındaki ilişkinin tespit edilmesini engelleme, tahmin doğruluk performansını düşürme, hesaplama süresini artırma, yetersiz veya aşırı uyum gösterme gibi problemler çıkarabilir. Özellik seçiminde yukarıda bahsedilen problemler nedeni ile tahminle ilgili doğru özelliklerin seçildiğinden emin olmak zorunludur [10]. Guyon ve arkadaşları özellik seçimi yöntemlerini filtre yöntemleri, sarmalayıcı yöntemler ve gömülü yöntemler olmak üzere

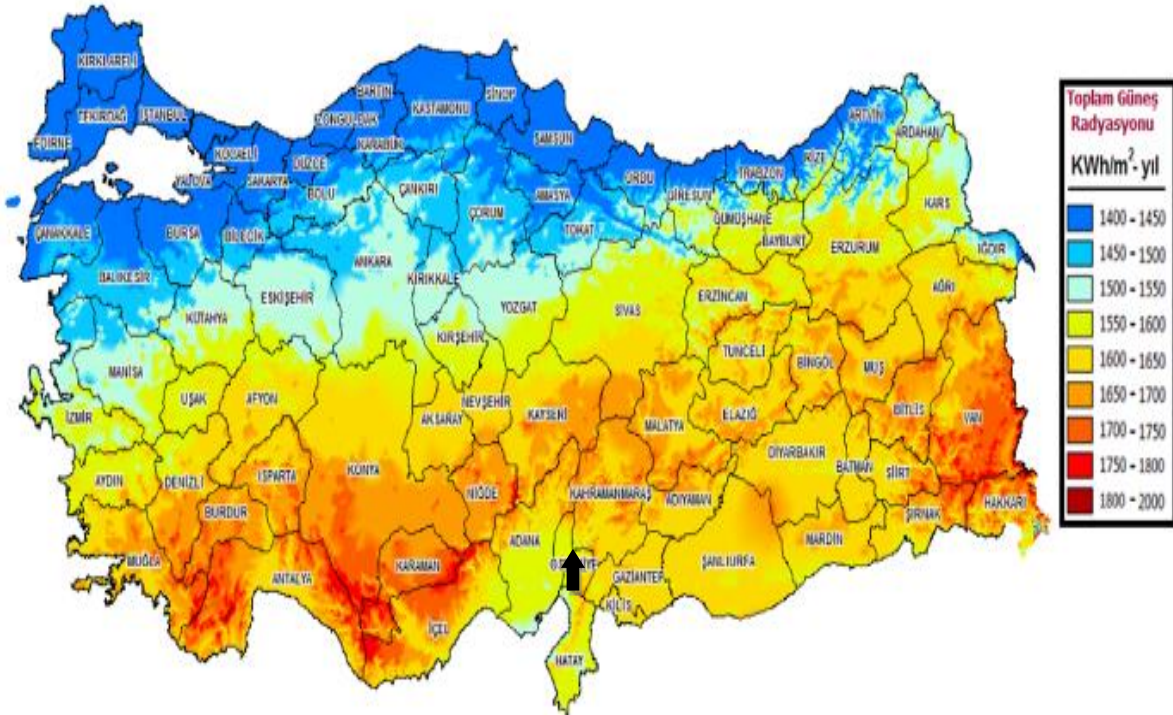
üç gruba ayırmıştır. Filtre yöntemlerinde özellikler tespit edilen korelasyon esaslarına göre seçilirken, sarmalayıcı yöntemler tahmin performanslarına göre özelliklerin optimum alt kümesini bulmayı hedefler. Gömülü yöntemlerde ise öğrenme makineleri aracılığı ile özellik seçimini gerçekleştirmektedir [11].

Bu çalışmada, Osmaniye ilinin geçmiş dönem güneş radyasyonu tahmini gerçekleştirilirken, Nasa-Power[12] platformundan alınan veriler üzerinde sarmalayıcı yöntemler grubunda bulunan ardışık ileri yönde kayan seçim metodu, Random Forest ve lineer regresyon algoritmaları ile uygulanarak modern makine öğrenmelerine giriş parametresi olarak verilecek özellikler elde edilmiştir. Giriş parametrelerini kullanan XGBOOST, LIGHTGBM ve Uzun Kısa Süreli Bellek(LSTM) tahminci modelleri tahmin işlemini gerçekleştirmiş ve elde ettiği sonuçlar RMSE, MAE ve R2 karşılaştırma metrikleri ile analiz edilmiştir.

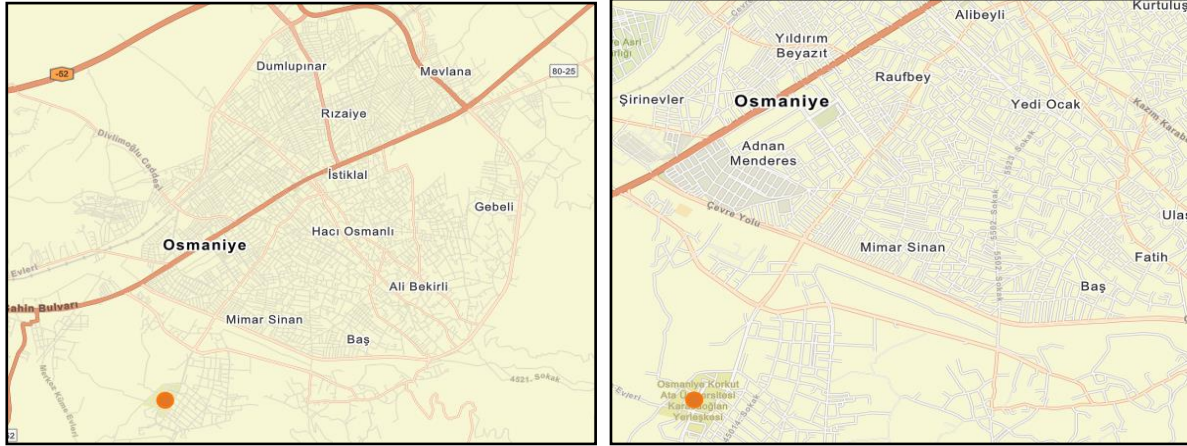
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Sahası

Bu çalışmada, araştırma sahası olarak Türkiye'nin güneyinde güneş radyasyonu açısından potansiyeli yüksek bir yer olan Osmaniye ili seçilmiştir. Verilerin alındığı lokasyon olarakta il merkezindeki Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi lokasyonu seçilmiştir. Osmaniye'nin konumu görsel 1 ve görsel 2 de gösterilmektedir.



Görsel 1. Global Radyasyon Dağılımı[13]



Görsel 2. Verilerin alındığı lokasyonlar[12]

2.2. Veri Seti

Veri seti, Nasa-Power[12] platformundan görsel 2 de belirtilen lokasyona ait 01/06/2018-01/06/2024 tarihleri arasındaki güneş radyasyonu(W/m²), rüzgar hızı(2 metredeki hız – m/s), sıcaklık (°C), yağış (mm/gün), nem (2 metrede yüzde cinsinden), basınç (kPa), rüzgar hızı (10 metredeki hız – m/s), hava açıklığı indeksi, çiğlenme noktası(°C), maximum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık(°C) meteorolojik verilerinin günlük ortalama değerleri seçilerek oluşturulmuştur. Veri setinde index dahil toplam 12 sütun, 2193 satır veri mevcuttur. Eksik veri bulunmamaktadır. Veriler üzerinde 10 günlük hareketli ortalama uygulanarak verilerdeki gürültü giderilmiştir.

2.3. Özellik Seçimi

Tahmin doğruluğunu arttırmak için veri setinde güneş radyasyonu ile ilişkili özellikler tespit edilip ilişkisiz özellikler çıkarılmıştır. Özellik seçiminde sarmalayıcı yöntemlerden ardışık ileri yönde kayan seçim(AİYKS) metodu kullanılmıştır. AİYKS, ileriye doğru açgözlü bir aramayla başlar. Performans değerine göre bir özelliği seçer. Alt kümede toplanan özellikler ikiden fazla olduğunda seçilen her bir yeni özellik için geri yönde eleme işlemi gerçekleştirilir. Eleme işlemlerinde performans değerlerine göre ilişkisiz özellikler atılır. Bu durum seçilen özellik performans değerini geliştirmeyene kadar devam eder. Alt kümenin performansı seçilen kriter tarafından belirlenir. Korelasyon işlemlerinde performans kriteri en yüksek değerdir, hata oranı işlemlerinde performans kriteri en düşük değerdir [14].

Bu çalışmada AİYKS algoritması Random Forest Regresyonu(RF) ve Lineer Regresyon(LR) algoritması ile çalıştırılmıştır. Çizelge 1’de AİYKS-RF seçimi görülmektedir. AİYKS-RF seçimine göre en yüksek performans değerini gösteren 6. sütundaki özellikler seçilmiştir. Çizelge 2’de AİYKS-LR seçimi görülmektedir. AİYKS-LR seçimine göre en yüksek performans değerini gösteren 7. sütundaki özellikler seçilmiştir.

Çizelge 1. AİYKS-RF öznitelik seçim tablosu

index	feature_idx	avg_score	feature_names
1	3	0.9060725063113948	ÇİĞLENME NOKTASI
2	3,6	0.9512339479019246	ÇİĞLENME NOKTASI,NEM
3	0,3,6	0.9696007828570739	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,ÇİĞLENME NOKTASI,NEM
4	0,3,5,6	0.9727266046660272	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,NEM
5	0,2,3,5,8	0.9775124026891264	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,BASINÇ
6	0,1,2,3,5,8	0.9775885024980944	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,BASINÇ
7	0,2,3,4,5,8,9	0.9773133856914316	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MAX SICAKLIK,MİN SICAKLIK,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m
8	0,1,2,3,4,5,8,9	0.977046589750187	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MAX SICAKLIK,MİN SICAKLIK,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m
9	0,1,2,3,4,5,6,8,9	0.9764582220717347	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MAX SICAKLIK,MİN SICAKLIK,NEM,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m
10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0.9758546319210317	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MAX SICAKLIK,MİN SICAKLIK,NEM,YAGIS,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m

Çizelge 2. AİYKS-LR öznitelik seçim tablosu

index	feature_idx	avg_score	feature_names
1	3	0.9352325846069351	ÇİĞLENME NOKTASI
2	3,8	0.9512741892259745	ÇİĞLENME NOKTASI,BASINÇ
3	3,5,8	0.9628492509609069	ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,BASINÇ
4	0,2,3,8	0.9825455839814637	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,BASINÇ
5	0,1,2,3,8	0.9837308264539135	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,BASINÇ
6	0,1,2,3,7,8	0.9843589616899383	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,YAGIS,BASINÇ
7	0,1,2,3,7,8,9	0.9847060504856339	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,YAGIS,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m

index	feature_idx	avg_score	feature_names
8	0,1,2,3,5,7,8,9	0.9846339854543593	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,YAGIS,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m
9	0,1,2,3,5,6,7,8,9	0.9843854092843124	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MİN SICAKLIK,NEM,YAGIS,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m
10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0.9840513917779447	HAVA AÇIKLIĞI İNDEKSİ,RUZGAR HIZI 2m,SICAKLIK,ÇİĞLENME NOKTASI,MAX SICAKLIK,MİN SICAKLIK,NEM,YAGIS,BASINÇ,RUZGAR HIZI 10m

2.4. XGBOOST

XGBOOST, 2016 yılında Chen ve Guestrin [15] tarafından önerilen karar ağaçları tabanlı bir makine öğrenimidir. Regresyon doğruluğunda yüksek performans gösteren ve araştırmacılar tarafından yoğun olarak kullanılan bir regresyon algoritmasıdır. En uygun bellek kullanımı, paralel hesaplama ve verilerin verimli işlenmesi avantajları ile doğrusal modellerden daha başarılı tahminler gerçekleştirir ancak doğrusal modellerin açıklanabilirlik özelliğinden yoksundur [16]. Çalışmada kullanılan XGBOOST algoritmasında parametre ayarı yapılmamıştır.

XGBOOST algoritması bir problem çözümünü aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak gerçekleştirir.

- Bir karar ağacı oluştur ve her örnek için öngörülen değerleri başlat
- Kayıp fonksiyonunu tanımla
- Her öngörülen değer için kayıp fonksiyonunun türevini hesapla
- Türev bilgilerine dayalı yeni bir karar ağacı oluştur
- Yeni karar ağacını örneği tahmin etmek ve orijinal değerlere toplamak için kullan
- En yüksek doğruluğa ulaşana kadar karar ağacının oluşturulmasını tekrarla [16]

2.5. LIGHTGBM

LightGBM, histogram tabanlı algoritmayı kullanarak işlemleri gerçekleştirir. Histogram tabanlı algoritma sürekli verileri ayrıştırmakta ve ayrıştırılan değerleri saymaktadır. Bu işlemin devamında, histogramın ayrıştırılan değerler içerisinde en uygun bölme noktası bulunur. Karar ağaçları normalde zayıf bir sınıflandırıcıdır. Bu yüzden bölme noktasının konumu önemli değildir. Karar ağacı algoritmasını kullanan algoritmaların aksine LightGBM derinlikle sınırlandırılmış yaprak bazlı bölünme stratejisi kullanır. Bu strateji, mevcut tüm yapraklar arasında en büyük bölünme kazanımına sahip yaprağı bulur ve böler [17]. Yaprak odaklı bölünme ve histogram tabanlı algoritma sayesinde diğer modellerden daha hızlı olmasını sağlamaktadır. Kullandığı EFB algoritması ile işlem hacmi dikkate değer şekilde düşmektedir [18-19]. Çalışmada kullanılan LIGHTGBM algoritmasında parametre ayarı yapılmamıştır.

2.6. Uzun Kısa Süreli Bellek(LSTM)

Uzun kısa süreli bellek, tekrarlayan sinir ağının(RNN) bir türüdür. RNN’lerde çözüm getirilemeyen uzun vadeli bağımlılık problemlerini ve gradyan kaybolma problemlerini gidermek için geliştirilmiştir. LSTM’nin hücre durumu ve kapı yapısı bu problemlerin çözümüne yönelik olarak tasarlanmıştır. Hücre durumları bilgi iletebilir ve kısa süreli belleğin etkilerinin üstesinden gelebilir. LSTM’nin üç tür kapsı vardır: giriş, unutma ve çıkış kapıları, hepsinin kendine özgü görevleri vardır [20].

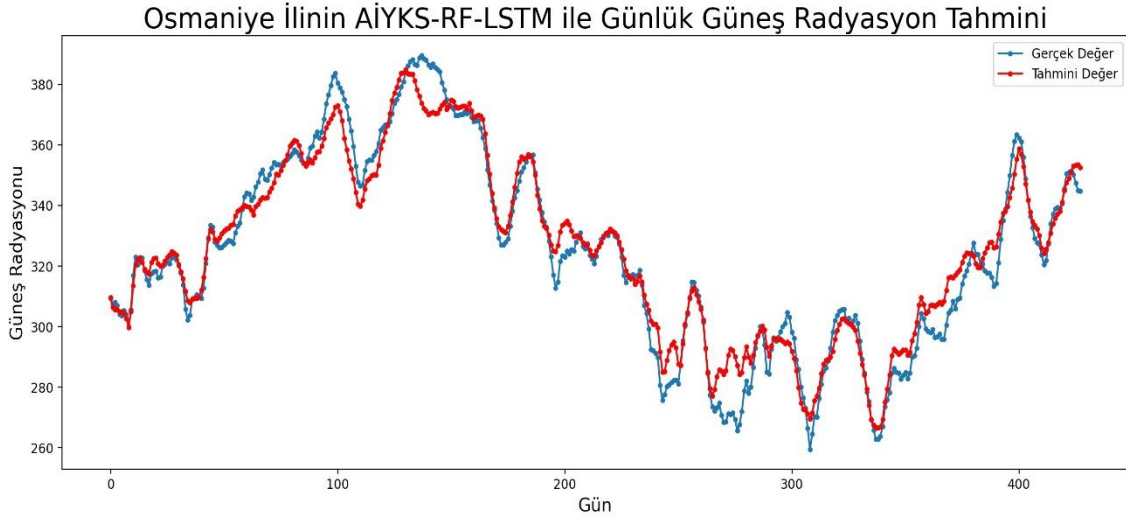
LSTM tahmin algoritmasının Osmaniye ili uygulamasında modelin yapısında bir girdi katmanı bulunmakta, 128 nörondan oluşan bir adet gizli katmanı bulunmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu olarak tüm katmanlarda relu seçilmiştir. Çıktı katmanı olarak 1 nörondan oluşan dense katmanı bulunmaktadır. Kayıp fonksiyon olarak MSE performans ölçütü seçilmiştir. ADAM optimizasyon algoritması seçildi ve modelin öğrenme sürecinde epoch sayısı 200 ve yığın sayısı 32 olarak uygulanmıştır. Tahmin için geriye bakma veri sayısı 10 seçilip, sonucunda 1 değer tahmin etmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

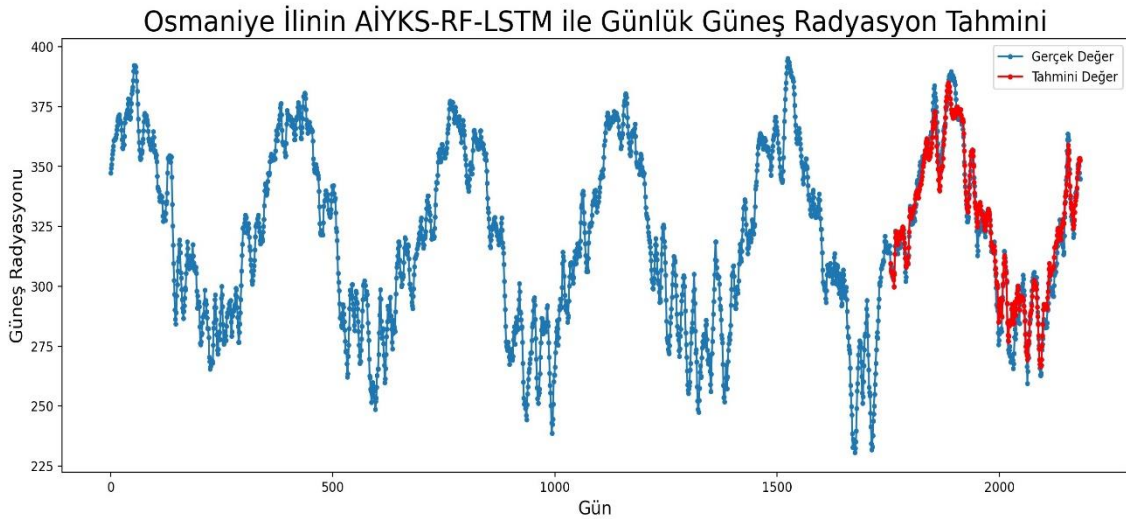
Bu çalışmada güneş radyasyonu tahminini gerçekleştirmek için araştırma sahası olarak Türkiye’nin güneyinde yer alan Osmaniye ili seçilmiştir. Verilerin alındığı lokasyon il merkezindeki Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Karacaoğlan yerleşkesidir. Osmaniye ili için Nasa-Power platformundan 01/06/2018-01/06/2024 tarihleri arasında kapsayan meteorolojik veriler alınmıştır. Meteorolojik veriler günlük ortalama değerleri içermektedir. Osmaniye ili veri seti çalışmada belirtilen özellik seçim yöntemlerine tabi tutularak güneş radyasyonu ile ilişkili özellikler tespit edilmiştir. Elde edilen öznitelikler XGBOOST, LIGHGBM ve LSTM algoritmalarına giriş parametresi olarak verilmiştir. Veri seti max-min skalasına tabi tutulmuş ve % 80 eğitim, %20 test verisi olmak üzere ikiye bölünmüştür. Tahmin işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar ters min-max dönüşümüne tabi tutularak test değerleri ile karşılaştırılmıştır. Deney sonucunda çizelge 3’deki performans değerleri elde edilmiştir. Performans ölçüm sonuçlarında RMSE ve MAE için değerlerin sıfıra yakınlığına, R2 için ise bire yakınlığına dikkat edilmelidir. Çalışma Google Colab platformunda gerçekleştirilmiş ve Python yazılım dili kullanılmıştır.

Çizelge 2. Güneş radyasyonu tahmini performans değerleri

OSMANİYE				
		XGBOOST	LIGHTGBM	LSTM
AİYKS- RF	RMSE	7,148	7,039	6,541
	MAE	5,447	5,419	4,991
	R2	0,950	0,951	0,959
AİYKS- LR	RMSE	7,788	7,782	8,163
	MAE	5,662	5,684	6,244
	R2	0,941	0,940	0,936



Görsel 3. Osmaniye ili AİYKS-RF-LSTM tahmin grafiği



Görsel 4. Osmaniye ili AİYKS-RF-LSTM tam veri ve tahmin grafiği

Osmaniye ilinde en başarılı sonucu AİYKS-RF-LSTM tahmin algoritması elde etmiştir. AİYKS-RF-LSTM algoritması ikinci olan AİYKS-RF-LIGHTGBM değerlerine göre RMSE değerinde %7,07, MAE değerinde %7,90 ve R2 değerinde %0,8 iyileştirme sağlamıştır. AİYKS-RF-LIGHTGBM algoritması deneyde ikinci en iyi sonuçları vermiştir. AİYKS-RF-XGBOOST algoritması tahmin deneylerinde üçüncü olmuştur. AİYKS-LR özellik seçimi ise tüm tahmin modellerinde en kötü sonucu elde etmiştir. AİYKS-LR özellik seçimi ile yapılan deneylerde en başarılı sonucu XGBOOST algoritması elde etmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Veri setinde hedef özellik güneş radyasyonu seçilerek diğer özelliklerin güneş radyasyonu ile ilişkileri araştırılmış ve ilişkili özellikler seçilerek veri seti boyutu düşürülmüştür. Çalışmada kullanılan AİYKS-RF özellik seçimi ile altı özellik, AİYKS-LR ile yedi özellik seçilmiştir.

AİYKS-RF tüm tahmin algoritmalarında AİYKS-LR'den daha üstün sonuçlar elde etmiştir. Osmaniye ili güneş radyasyonu tahmin çalışmasında en başarılı sonucu AİYKS-RF-LSTM tahmin algoritması elde etmiştir. AİYKS-RF-LIGHTGM ikinci, AİYKS-RF-XGBOOST üçüncü olmuştur. Bundan sonraki çalışmalarda daha hassas güneş radyasyonu tahminleri gerçekleştirmek için saatlik veriler kullanılması düşünülmektedir. Ayrıca geçmiş dönem yerine gelecek dönem tahmin çalışmaları yapılması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erişim adresi: <https://mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=enerjikaynaklari> (Erişim tarihi: 10.08.2024)
- [2] Algarni, S., Tirth, V., Alqahtani, T., Alshehery, S., & Kshirsagar, P. (2023). Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103098.
- [3] Kumar, C. M. S., Singh, S., Gupta, M. K., Nimdeo, Y. M., Raushan, R., Deorankar, A. V., & Nannaware, A. D. (2023). Solar energy: A promising renewable source for meeting energy demand in Indian agriculture applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, 102905.
- [4] Pourasl, H. H., Barenji, R. V., & Khojastehnezhad, V. M. (2023). Solar energy status in the world: A comprehensive review. *Energy Reports*, 10, 3474-3493.
- [5] IRENA (2023), Renewable energy statistics 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Erişim adresi: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2023.pdf?rev=7b2f44c294b84cad9a27fc24949d2134 (Erişim tarihi: 10.08.2024)
- [6] Ajith, M., & Martínez-Ramón, M. (2023). Deep learning algorithms for very short term solar irradiance forecasting: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113362.
- [7] Mfetoum, I. M., Ngoh, S. K., Molu, R. J. J., Nde Kenfack, B. F., Onguene, R., Naoussi, S. R. D., ... & Berhanu, M. (2024). A multilayer perceptron neural network approach for optimizing solar irradiance forecasting in Central Africa with meteorological insights. *Scientific Reports*, 14(1), 3572.

- [8] Qing, X., & Niu, Y. (2018). Hourly day-ahead solar irradiance prediction using weather forecasts by LSTM. *Energy*, 148, 461-468.
- [9] Solano, E. S., Dehghanian, P., & Affonso, C. M. (2022). Solar radiation forecasting using machine learning and ensemble feature selection. *Energies*, 15(19), 7049.
- [10] Omar, N., Aly, H., & Little, T. (2022). Optimized feature selection based on a least-redundant and highest-relevant framework for a solar irradiance forecasting model. *IEEE Access*, 10, 48643-48659.
- [11] Guyon, P., I., & Elisseeff, A. (2003). An introduction to variable and feature selection. *Journal of machine learning research*, 3(Mar), 1157-1182.
- [12] NASA-POWER, Erişim adresi: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Erişim tarihi: 25.07.2024)
- [13] Türkiye Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı, Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> (Erişim tarihi: 25.07.2024)
- [14] Setiawan, D., Kusuma, W. A., & Wigena, A. H. (2017, October). Sequential forward floating selection with two selection criteria. In *2017 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)* (pp. 395-400). IEEE.
- [15] Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 785-794).
- [16] Zhang, J., Ma, X., Zhang, J., Sun, D., Zhou, X., Mi, C., & Wen, H. (2023). Insights into geospatial heterogeneity of landslide susceptibility based on the SHAP-XGBoost model. *Journal of environmental management*, 332, 117357.
- [17] Lao, Z., He, D., Wei, Z., Shang, H., Jin, Z., Miao, J., & Ren, C. (2023). Intelligent fault diagnosis for rail transit switch machine based on adaptive feature selection and improved LightGBM. *Engineering Failure Analysis*, 148, 107219.
- [18] Akkurt, T., & Sarıççek, İ. (2024). Derin öğrenme teknikleri kullanılarak üretim sistemlerinde KPI tabanlı performans tahminleme. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1499-1508.
- [19] Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Liu, T.Y., Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree, *Advances In Neural Information Processing Systems*, 30, 2017.

- [20] Zha, W., Liu, Y., Wan, Y., Luo, R., Li, D., Yang, S., & Xu, Y. (2022). Forecasting monthly gas field production based on the CNN-LSTM model. *Energy*, 260, 124889.

AN EMPIRICAL EVALUATION OF BLOCKCHAIN TRANSACTION SEARCH METHODS

BILAL ALAGHA

Eskisehir Osmangazi University,
mrbilalagha@gmail.com - 0000-0001-8347-1841

Dr. Öğr. Üyesi İLKER ÖZÇELİK

Eskisehir Osmangazi University,
ilker.ozcelik@ogu.edu.tr - 0000-0002-2032-1640

ABSTRACT

Searching for a specific transaction on a blockchain is vital for multiple reasons. It facilitates the verification of transaction authenticity and completion. Also, for businesses and financial institutions, transaction searches are indispensable for auditing, fraud detection, and ensuring compliance. Recently, blockchain technology has garnered attention as a potential solution to these issues. Despite the increasing interest in blockchain technology and decentralized applications, finding a specific transaction within blockchain is still lacking reliable and efficient approaches. This paper offers an overview of the latest research in finding transactions in blockchain. It provides a background on blockchain technology and an evaluation of the current transaction searching techniques. In our study, we evaluated three prominent approaches on Sawtooth platform and compared their results. Our test results show that the time for finding a transaction using database search outperforms the linear searching and the Sawtooth searching approaches. However, database search operations rely on supplementary resources operating in parallel with the blockchain. Furthermore, this approach necessitates an additional system for the verification of queried transactions. The paper discusses the findings of transaction searching approaches, highlights the limitations within the current system, and gives recommendations for future enhancements to address the existing challenges of searching within blockchain.

Keywords: Blockchain, Transaction Search, Sawtooth

1. INTRODUCTION

Today, there is a widespread desire to utilize blockchain into various systems due to its appealing features, including integrity verification, transparency, and security. The emergence of blockchain technology, primarily associated with cryptocurrencies, has brought significant advancements in decentralized computing [1]. Characterized by cryptographic primitives and a peer-to-peer distributed network, blockchain facilitates the exchange of data and funds, and transaction recording without external coordination. While blockchain has found applications across various sectors such as healthcare [2-3], government [4-5], and supply chain

management [6-7], transaction searching within blockchain networks remains an area of interest.

Storing extensive information in the blockchain offers benefits, as previously mentioned. However, the challenge lies in efficiently searching for specific data within the blockchain because as the blockchain grows, locating specific transactions within it becomes increasingly challenging and requires effort.

The ability to search for specific transactions is fundamental to the integrity and utility of blockchain technology. By locating and verifying transactions, users, businesses, and government agencies can ensure the authenticity and completion of financial activities. This capability is also essential for auditing, fraud prevention, and compliance. Moreover, law enforcement can leverage blockchain data to investigate financial crimes effectively. The transparency and immutability inherent in blockchain, made possible through transaction search functionality, foster trust, and confidence in the system.

The traditional linear search approach is inefficient due to its time complexity, particularly as the blockchain expands. Consequently, researchers have proposed various methods to retrieve transactions from the blockchain. Tang et al. [8] classified the transaction searching approaches in the literature into three categories: employing identifiers, relational databases, and authenticated index structures. These offered approaches often prove less than optimal in this regard, and the field itself still lacks thorough exploration and study.

In this paper, we undertake a comparative study of these general techniques for transaction retrieval within the blockchain. Our analysis evaluates their performance based on the time required for transaction retrieval and the computational resources required. We believe that this examination will assist researchers in selecting the most suitable approach based on transaction volume and resource constraints.

The rest of the paper is structured as follows: an overview of the existing literature is given in section 2. The background, including fundamentals of the blockchain, Blockchain Sawtooth and the transaction searching approaches in blockchain are presented in Section 3. Section 4 discusses the experiments setup, and then the experiments results are covered in Section 5. Section 6 provides a discussion of the experiments, and the next section concludes the paper with future directions.

2. LITERATURE REVIEW

The rapidly evolving field of blockchain technology has catalyzed substantial research aimed at improving data privacy, search efficiency, and overall usability. This literature review provides a comprehensive analysis of the advancements in blockchain search mechanisms.

Tahir et al. [9] and Hu et al. [10] both introduced novel frameworks aiming to enhance data privacy and search efficiency within blockchain networks, with Tahir et al. focusing on a permissioned and distributed ledger using Hyperledger Fabric, while Hu et al. employed a private blockchain. Both frameworks utilize traditional Searchable Encryption techniques and

trapdoors to bolster search security, although lacking comprehensive evaluation. Jiang et al. [11] discussed cooperative search schemes for blockchain-based data markets, emphasizing keyword-based queries and cost-sharing strategies, while Cai et al. [12] presented a dynamic-efficient scheme optimizing file and index locality for encrypted keyword searches on decentralized platforms. Zhang et al. [13] proposed an innovative authenticated keyword search scheme tailored for a hybrid-storage blockchain system, highlighting its exceptional query performance and cost-saving benefits. In a related effort, Morishima et al. [14] addressed the resource strain on full nodes with their GPU-accelerated Blockchain search method. They achieved significantly improved throughput compared to CPU-based methods by leveraging an optimized Patricia tree structure in their approach.

Peng et al. [15] introduced the Verifiable Query Layer (VQL), a pivotal middleware that optimizes data query efficiency and authenticity within blockchain frameworks. VQL organizes blockchain transactions into databases, ensuring integrity through cryptographic hash values verified by miners and securely stored in the blockchain. Xie et al. [16] addressed privacy concerns among lightweight Bitcoin clients by pioneering a Private Information Retrieval (PIR) method. This technique enables confidential transaction retrieval from untrusted full nodes without compromising sensitive details, thereby marking a substantial leap forward in user privacy.

Pratama and Mutijarsa [17] tackled usability challenges by proposing enhanced query functionalities aimed at streamlining access to blockchain data, despite benchmarking revealing slightly lower throughput compared to Ethereum for data retrieval. Muzammal et al. [18] introduced ChainSQL, a groundbreaking fusion of blockchain's tamper-resistant properties with the efficiency of distributed databases. Their solution offers a tamper-resistant multi-active database, fortified with data-level disaster recovery and audit middleware. Experimental validation underscores its robustness and potential applications in finance and supply chain sectors.

Lastly, Zhu et al. [19] introduced SEBDB, an innovative blockchain database solution designed to surmount usability and scalability hurdles. SEBDB integrates relational data semantics into blockchain transactions and employs a SQL-like interface to optimize application development. Supported by a comprehensive benchmark, SEBDB demonstrates remarkable effectiveness and efficiency, promising advancements in blockchain application development and deployment scenarios. SEBDB innovates by adding relational semantics, utilizing SQL-like language, redefining operations for blockchain compatibility, and proposing a benchmark for evaluating blockchain databases. Conversely, Peng et al. [20] introduced FalconDB, a shared database system targeting efficient and secure collaboration among entities over a shared database, utilizing blockchain for authentication and consensus, ensuring high efficiency, low storage costs, and enhanced security through its architecture leveraging blockchain-level security guarantees and ADS data storage.

3. BACKGROUND

3.1 Introduction to Blockchain

Blockchain technology consists of a chain of data blocks stored in a decentralized database, creating a secure and transparent system for data sharing, and making transactions. It enables direct interaction between users and eliminates the need for intermediaries. The technology has gained widespread attention in the IT industry and is now implemented in various real-world applications.

Blockchain offers several advantages; it ensures secure and direct transactions between parties, reducing the risk of fraud. Additionally, users have access and control over their data and transactions, and the information stored on the blockchain is tamper-proof, ensuring accessibility, availability, and accuracy. The technology verifies data integrity, eliminating the need for trusted third parties. Transactions recorded on the blockchain are permanent and cannot be altered or deleted, providing transparency and reliability. Blockchain also accelerates transaction speeds, particularly within the banking sector, while simultaneously reducing costs through the elimination of intermediaries [21].

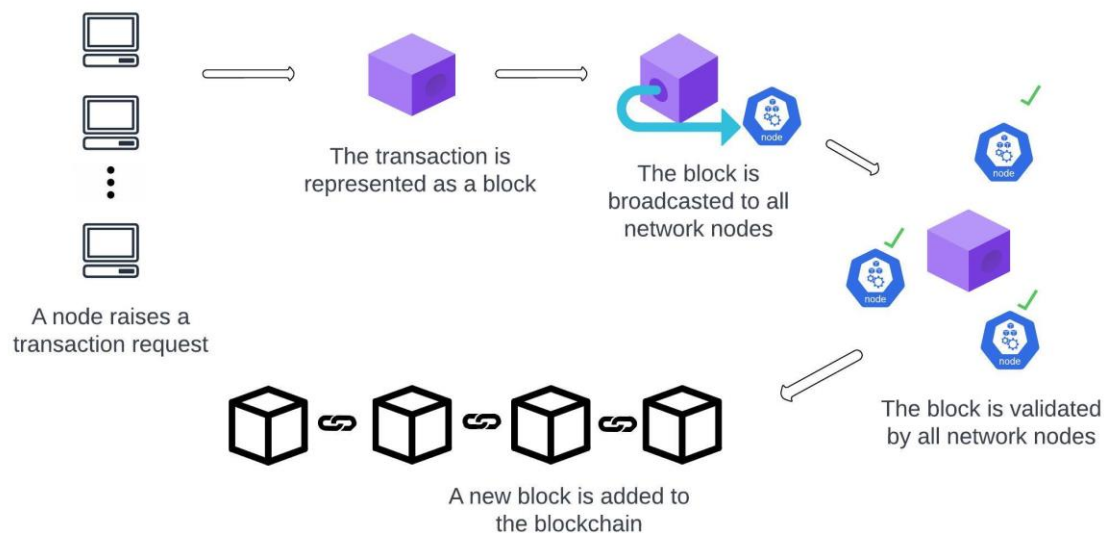


Figure 1. Blockchain construction

In a blockchain network, illustrated in Figure 1, transactions originate when individuals create and send them. These transactions undergo meticulous review and are subsequently stored in blocks by network nodes. Each block is distinguished by a unique hash that links it to the preceding block, forming a chain of blocks. Once a block is generated, it is distributed to all nodes within the network, where consensus must validate it before it can be added to each node's copy of the blockchain. This consensus mechanism is essential for ensuring the integrity and security of the blockchain, necessitating that all nodes authenticate and verify transactions.

Furthermore, nodes within the network actively participate in mining—a competitive process aimed at adding new blocks to the blockchain. Mining entails solving intricate mathematical puzzles, with the first successful miner earning the privilege to create the next block. With the addition of each new block, the blockchain's security framework strengthens, heightening the difficulty of any attempt to alter its contents. Any alteration to the blockchain would require

modification of all subsequent blocks, thereby reinforcing its immutable nature and preserving its integrity. This robust security architecture firmly establishes the blockchain as an optimal platform for executing transactions securely and transparently.

3.2 Introduction to Sawtooth Blockchain

Sawtooth Blockchain is a framework designed for enterprise applications, supporting multiple programming languages, and providing some features such as privacy, security, and scalability.

Within the Sawtooth Blockchain network, each node comprises five components, and these nodes collectively form the Sawtooth network. These essential components are the validator operating on TCP port 4004, and one or more transaction processors responsible for handling transactions received from the validator. There is also a client component that initiates transactions and sends them through the Rest API on TCP port 8008 for processing by the validator. The Sawtooth node incorporates a consensus engine, it employs a consensus algorithm that determines which node is authorized to publish new blocks within the blockchain.

Sawtooth Blockchain operates as a decentralized network of these nodes, all of which run identical transaction processors and maintain a consistent copy of the blockchain ledger. Sawtooth stands out for supporting multiple languages for transaction processors, including Python, Rust, JavaScript, C/C++, Java, Go, and .Net. The client, on the other hand, can be developed in different languages, and they are not required to match the language used for transaction processors.

In the context of Sawtooth applications, transactions follow a lifecycle from initiation by the client to processing by the validator and transaction processor before being published in the blockchain. Sawtooth introduces the concept of a transaction family, encompassing transaction creation by submitting it by the client, data model (state), and business logic, which is the transaction processor that accepts transactions and processes them.

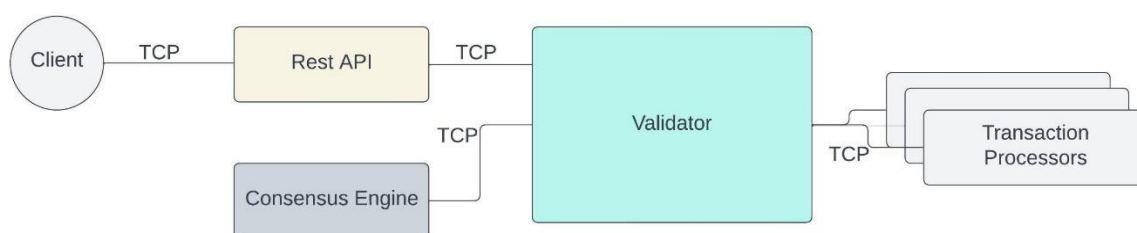


Figure 2. A Sawtooth node

In the Sawtooth transaction lifecycle, illustrated in Figure 2, a client initiates a transaction by submitting it to the validator. The transaction is then propagated throughout the entire validator network, where the validator conducts the necessary processes. Following this, a sawtooth node in the network is elected as the leader, and it publishes a candidate block. The candidate block is then propagated across the Sawtooth network. Validators validate the candidate block;

transaction processors validate and execute each individual transaction contained within the candidate block. Once validated, the validators place the verified block on their blockchain and update the overall state.

3.3 Transaction Searching Approaches

There are a few available ways of searching for a transaction on the blockchain. Some blockchain platforms offer search functions that can be utilized, including Sawtooth. Alternatively, one can retrieve a list of transactions from the blockchain and perform a linear search. Another approach is to verify and add a transaction ID to a local database with proof. Assuming the system administrator provides a reliable method, such as a smart contract, to update and input transaction information into the relational database [20]. This allows querying the relational database instead of the blockchain.

Another option involves using the Merkle hash of a block to verify the existence of a transaction within it. To perform this, a Merkle proof is required. One can query each block in the blockchain, utilize the Merkle proof with the transaction ID to determine if it indeed exists in a block in the blockchain.

3.3.1 Linear Search

In linear search, all transactions are considered as a sequential list of items. During the search, we traverse the blockchain one transaction at a time, checking and comparing each transaction to determine if it exists within the blockchain. This method is the most straightforward approach to performing a search within the blockchain, as shown in Figure 3.

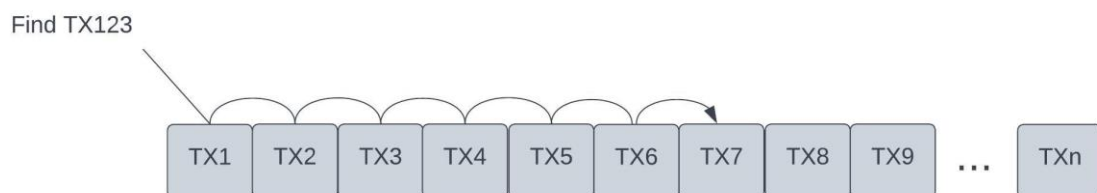


Figure 3. Linear search

3.3.2 Platform Specific Solutions

The Sawtooth has its own node, block and transaction searching approach. It can be used to find detailed information about the blocks and transactions, and it can show the other nodes in the network [22]. This tool can be used from any node's shell containers by specifying the URL of the other node's REST API.

3.3.3 Searching Using Database

This approach involves utilizing a relational database, where transactions are stored within the blockchain, while identifiers are stored in a relational database. In this case, the search is

performed in the relational database easily. Because this method raises concerns regarding verification, researchers proposed solutions to address this issue [23]. In our experiment, we used SQLite that uses B-tree for organizing indexes, as illustrated in Figure 4.

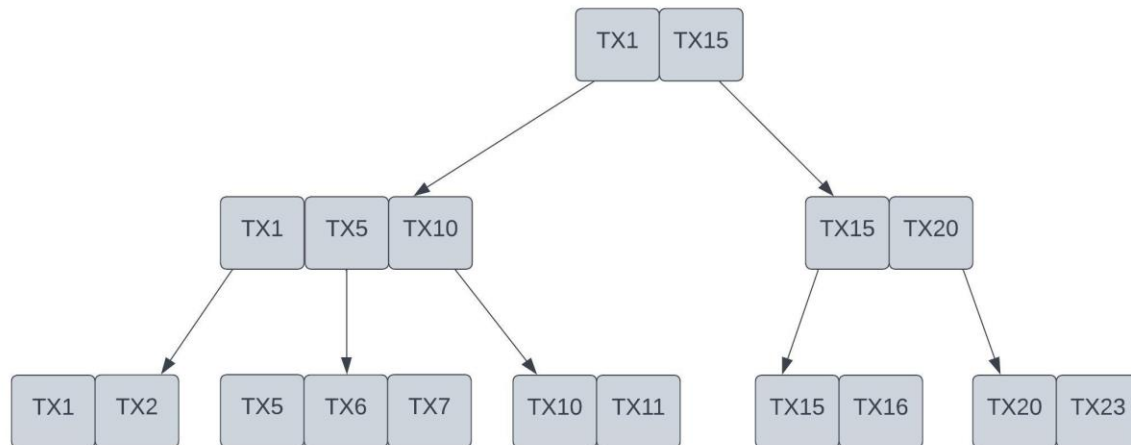


Figure 4. Database search (B-tree) [24-25]

3.3.4 Searching Using Merkle Hash

Blockchain transactions leverage Merkle trees for efficient searching. Merkle trees help verify transactions without downloading the whole block. Each transaction gets a unique hash, and these hashes are paired and re-hashed, building a hierarchy that culminates in a single Merkle root. To find a specific transaction, one only needs the transaction itself and Merkle proof [26]. By following the proof and recalculating hashes at each step, they can verify if the transaction belongs to the block. This system saves bandwidth and processing power, making blockchain searches significantly faster and more efficient.

In our experiments, we utilized the Splinter Community Sawtooth blockchain, previously known as Hyperledger Sawtooth, for our testing. During our experiments, we utilized platform specific solutions to retrieve a transaction from the blockchain. We also performed a linear search and assessed its performance. Furthermore, we put all transaction details, including their hashes, in a relational database and conducted specific transaction queries. However, the Merkle hash technique was not applicable in our experiments due to its unavailability within Sawtooth Blockchain; therefore, we could not incorporate this method into our experiments and assessments. However, this feature can be accessible and used on alternative blockchain platforms.

4. EXPERIMENTS SETUP

This section provides an overview of the experimental setup used to evaluate blockchain search algorithms, outlining the platform, experiment scenarios, and performance metrics measured. The testing environment operated on a computer equipped with an AMD Ryzen 3 processor and 6+ GB of RAM, running the Linux Ubuntu operating system. The blockchain framework

used was Splinter Community Sawtooth version 1.2, configured with a network of five nodes employing the PBFT (Byzantine Fault Tolerance) consensus algorithm.

To assess performance, the experiments involved generating and processing over one million transactions. Specifically, we conducted searches for non-existent transactions within the blockchain to simulate worst-case scenarios, providing an assessment of search algorithm efficiency.

During testing, a client component was utilized to submit transactions to the blockchain. Each research query was repeated multiple times to ensure statistical reliability, and average measurements were calculated for precise evaluation and comparison purposes. We monitored and recorded the key performance metrics, which are transaction retrieval time, CPU utilization, and memory consumption.

5. EXPERIMENTS RESULTS

In this section, we present the results of our experiments, which also show the performance of each transaction searching approach.

Figure 5 presents the transaction download time required for the linear search. In this experiment, downloading the transaction list is essential for conducting the linear search, which adds additional overhead to the system. The figure also illustrates that the volume of transactions downloaded to the client node responsible for performing the linear search, scales linearly as the number of transactions increases. While real observations may vary due to network conditions and other factors, the consistent upward trend in transaction downloads is observable, and indicated by the orange dotted line.



Figure 5. Transaction download time for linear search

After downloading the transactions, the client node proceeds to perform a search. Figure 6 demonstrates a clear linear increase in search time corresponding to the number of downloaded transactions. The cumulative effect of adding the transaction download time to the search time results in a notable increase in total transaction retrieval time, measured in seconds.



Figure 6. CPU time for linear search

The Sawtooth Blockchain features a transaction retrieval search function that generates a characteristic sawtooth pattern, as depicted in Figure 7. Observing the average time, we note a consistent variation in transaction search times over the course of the experiments.



Figure 7. Sawtooth search time

Figure 8 displays the transaction retrieval time using a database to store transactions and execute search queries. Upon analyzing the average time, a logarithmic increase becomes apparent as the number of transactions increases.

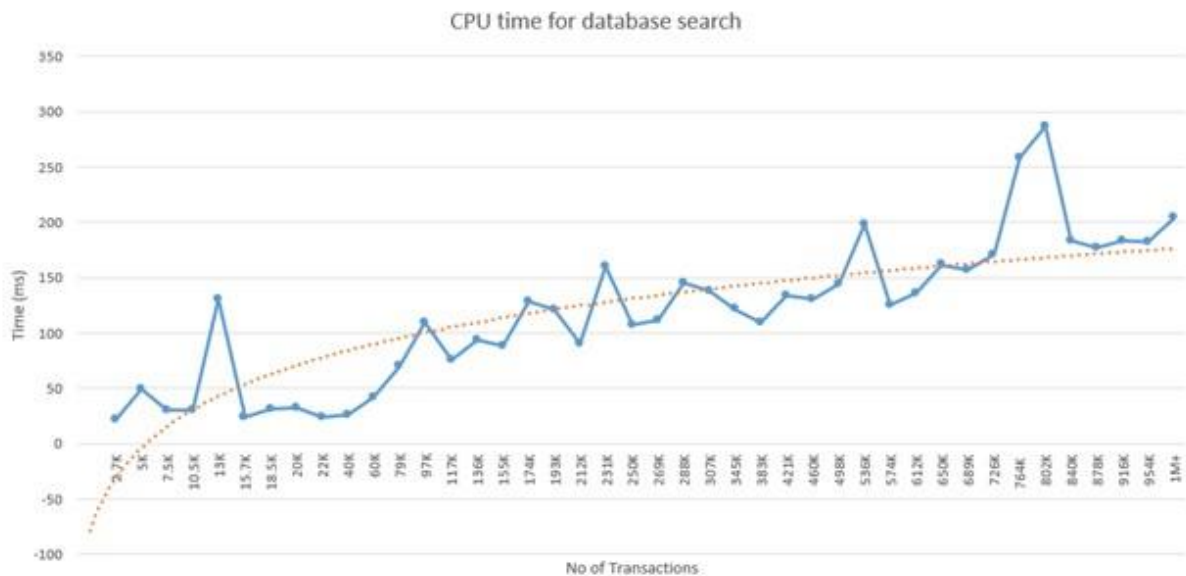


Figure 8. CPU time for database search

6. DISCUSSION

This section presents a comprehensive analysis and interpretation of the outcomes obtained from our experiments. We thoroughly examined the performance metrics, limitations, and practical implications derived from our findings. As shown in Figure 6, there is a clear linear

increase in transaction retrieval time as the number of transactions rises, starting at approximately 9.8 milliseconds and continuing to scale proportionally. Notably, periodic spikes occur, particularly around every quarter of a million transactions. These spikes may be attributed to factors such as non-random data distribution or fluctuations in CPU cache utilization. Occasional peaks may also occur in comparison operations due to the absence of a cached required transaction during a search that can lead to delays when retrieving it from main memory.

During our experiments, we also monitored network conditions that affect transaction retrieval times. Downloading all transactions before conducting searches took a few minutes, as illustrated in Figure 5. The data retrieval over TCP sockets showed variability, reflecting the impact of the TCP protocol on download times.

To manage heavy memory workloads, our system employed paging and swapping mechanisms. As memory became insufficient, swap space on the hard disk was utilized, effectively expanding memory capacity but also increasing input-output operations, thereby elevating CPU system time. Notably, our experiments indicated swap space activation after approximately 22,000 transactions.

The search methodology in Sawtooth had minimal impact on the client side, as all search operations were conducted within blockchain nodes, and the results were delivered to the client as a service. However, increased data downloads triggered a backoff system, initially accelerating data retrieval but causing slowdowns, resulting in a sawtooth pattern, as depicted in Figure 7. Moreover, as transaction volumes exceeded 20,000, network nodes encountered overwhelming requests, leading to sequential disconnections and network downtime.

Figure 8 demonstrates that database search outperforms other transaction searching methods when handling substantial transaction volumes. However, database search operations heavily rely on disk access for data retrieval. If the underlying hardware experiences slow operation or becomes overloaded, it creates bottlenecks that significantly impair search performance.

As evidenced in Figures 6 and 8, the computational time for search algorithms escalates with transaction volume, highlighting potential scalability challenges. With transaction numbers approaching infinity, theoretical limitations in search time become apparent, emphasizing scalability concerns.

During our experiments, we also noticed that the linear search performance is worse than $O(n)$ due to potential swap space usage and increased CPU system time demands. Hence, scalability considerations should encompass enhanced memory and disk performance when dealing with large transaction volumes.

In this study, we explored and benchmarked three methods for transaction retrieval in blockchain systems. While Merkle tree-based approach offers theoretical benefits, our chosen blockchain platform lacks the Merkle hash functionality necessary for transaction verification. Future studies could extend this comparison to include Merkle hash methods across multiple platforms, expanding this as a feature study for further exploration.

7. CONCLUSION

This paper evaluates the available approaches of searching within blockchain systems. Initially, a linear search approach to search for a specific transaction by its unique transaction ID was applied. This approach entails downloading all transactions from the blockchain and then sequentially scanning transactions starting from the genesis block until the target transaction is found, resulting in a time complexity of $O(n)$, where 'n' represents the total number of transactions.

The second approach involves using platform specific solutions to retrieve transactions from the blockchain. This method offers improved performance compared to linear search as it delegates the task to the blockchain node, which executes it on behalf of the client. However, as the workload on the nodes increases with the number of requests, it can lead to connectivity issues and eventual loss of connection. The cost of this approach looks like $O(1)$, but this is not accurate. In practice, the search tests were executed on the miners rather than on the client. So, the results observed on the client node merely reflect the miners' performance.

Another approach involves using a relational database, where transactions are stored in the blockchain while identifiers are in a relational database. By utilizing tree data structures such as B tree, the search complexity is optimized to $c \cdot \log(n)$, where c is a constant, significantly more efficient than the previous approaches. However, this approach needs to be running in parallel with the blockchain, which requires additional space and computational power compared to the previous approaches. Running this approach also requires verifying the integrity, which adds additional complexity to the system.

There is also an approach that employs an authenticated index structure, where each block contains a Merkle hash for transaction verification. Since the complexity of Merkle tree search is $\log(n)$, traversing each block and verifying its hash incurs a theoretical complexity of $O(m) \cdot \log(k)$, where 'm' is the number of blocks, and 'k' represents the average transactions per block. This approach outperforms linear search, and it does not have the integrity verification concerns that the database-based search has. This approach also exhibits exceptional performance particularly when dealing with smaller or fewer blocks.

Comparatively, in our tests, the relational database offers the most efficient performance and a more scalable system. Conversely, the platform specific solutions followed by the linear traversal of every single transaction represent the least efficient methods. Given the existing limitations in today's systems, such as speed, communication, and scalability, there is a pressing need to devise faster and more effective approaches to address these challenges.

REFERENCES

- [1] Sinha S. *Collaborative Intelligence: Blockchain-Enhanced Federated Learning*. Authorea Preprints. 2024 Apr 8.

- [2] Wenhua Z, Qamar F, Abdali TA, Hassan R, Jafri ST, Nguyen QN. *Blockchain technology: security issues, healthcare applications, challenges and future trends*. Electronics. 2023 Jan 20;12(3):546.
- [3] Massaro M. *Digital transformation in the healthcare sector through blockchain technology*. Insights from academic research and business developments. Technovation. 2023 Feb 1;120:102386.
- [4] Aktas D. *Blockchain Application in Government*. Exploring Blockchain Applications: Management Perspectives. 2024 May 7.
- [5] Elisa N, Yang L, Chao F, Cao Y. *A framework of blockchain-based secure and privacy-preserving E-government system*. Wireless networks. 2023 Apr;29(3):1005-15.
- [6] Almutairi K, Hosseini Dehshiri SJ, Hosseini Dehshiri SS, Hoa AX, Arockia Dhanraj J, Mostafaeipour A, Issakhov A, Techato K. *Blockchain technology application challenges in renewable energy supply chain management*. Environmental Science and Pollution Research. 2023 Jun;30(28):72041-58.
- [7] Yavaprabhas K, Pournader M, Seuring S. *Blockchain as the “trust-building machine” for supply chain management*. Annals of operations research. 2023 Aug;327(1):49-88.
- [8] Tang J, Lu X, Xiang Y, Shi C, Gu J. *Blockchain search engine: Its current research status and future prospect in Internet of Things network*. Future Generation Computer Systems. 2023 Jan 1;138:120-41.
- [9] Tahir S, Rajarajan M. *Privacy-preserving searchable encryption framework for permissioned blockchain networks*. In 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) 2018 Jul 30 (pp. 1628-1633). IEEE.
- [10] Hu S, Cai C, Wang Q, Wang C, Wang Z, Ye D. *Augmenting encrypted search: A decentralized service realization with enforced execution*. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. 2019 Dec 2;18(6):2569-81.
- [11] Jiang S, Duan Y, Wu J. *A client-biased cooperative search scheme in blockchain-based data markets*. In 2019 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN) 2019 Jul 29 (pp. 1-9). IEEE.
- [12] Cai C, Weng J, Yuan X, Wang C. *Enabling reliable keyword search in encrypted decentralized storage with fairness*. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. 2018 Oct 21;18(1):131-44.
- [13] Zhang C, Xu C, Wang H, Xu J, Choi B. *Authenticated keyword search in scalable hybrid-storage blockchains*. In 2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering (ICDE) 2021 Apr 19 (pp. 996-1007). IEEE.

- [14] Morishima S, Matsutani H. *Accelerating blockchain search of full nodes using GPUs*. In 2018 26th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP) 2018 Mar 21 (pp. 244-248). IEEE.
- [15] Peng Z, Wu H, Xiao B, Guo S. *VQL: Providing query efficiency and data authenticity in blockchain systems*. In 2019 IEEE 35th international conference on data engineering workshops (ICDEW) 2019 Apr 8 (pp. 1-6). IEEE.
- [16] Xie Y, Zhang C, Wei L, Niu Y, Wang F. *Private transaction retrieval for lightweight bitcoin client*. In 2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC) 2019 May 14 (pp. 440-446). IEEE.
- [17] Pratama FA, Mutijarsa K. *Query support for data processing and analysis on ethereum blockchain*. In 2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) 2018 Oct 23 (pp. 1-5). IEEE.
- [18] Muzammal M, Qu Q, Nasrulin B. *Renovating blockchain with distributed databases: An open source system*. Future generation computer systems. 2019 Jan 1;90:105-17.
- [19] Zhu Y, Zhang Z, Jin C, Zhou A, Yan Y. *SEBDB: Semantics empowered blockchain database*. In 2019 IEEE 35th international conference on data engineering (ICDE) 2019 Apr 8 (pp. 1820-1831). IEEE.
- [20] Peng Y, Du M, Li F, Cheng R, Song D. *FalconDB: Blockchain-based collaborative database*. In Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD international conference on management of data 2020 Jun 11 (pp. 637-652).
- [21] Sharma AK, Sharma DM, Purohit N, Sharma SA, Khan A. *Blockchain technology: Myths, realities and future*. In Blockchain Technology 2022 Apr 19 (pp. 163-180). CRC Press.
- [22] https://sawtooth.splinter.dev/docs/1.2/app_developers_guide/installing_sawtooth.html (Accessed: 06.07.2024)
- [23] Yue C, Zhang M, Zhu C, Chen G, Loghin D, Ooi BC. *VeriBench: Analyzing the Performance of Database Systems with Verifiability*. Proceedings of the VLDB Endowment. 2023 May 1;16(9):2145-57.
- [24] Rodeh O. *B-trees, shadowing, and range-operations*. Tech. Rep. H-248. November; 2006 Nov.
- [25] Burghart F, Wagner S. *A bijection for the evolution of B-trees*. arXiv preprint arXiv:2406.06359. 2024 Jun 10.
- [26] Chen E, Liang J, Huang R, Hung P, Chen D, Hsu A, Chalkias K, Pleros S. *Building Random, Fair, and Verifiable Games on Blockchain*. Raffle smart contract designs on Sui Network. arXiv preprint arXiv:2310.12305. 2023 Oct 18.

EVDE BAKIM HİZMETLERİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

EBRAR DEMİRTAŞ

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. TÜLAY KORKUSUZ POLAT

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

korkusuz@sakarya.edu.tr - 0000-0001-6693-7873

ÖZET

Evde bakım hizmetleri, ihtiyacı olan hastalara ev ortamında sağlık hizmeti verilmesidir. Bu hizmet tüm dünyada yaygın olarak verilmektedir. Genellikle kronik hastalar ve 65 yaş üzeri yaşlı hastalar için sunulan bir hizmettir. Bu hizmet; evde bakım hizmeti alan hastanın ve yakınlarının yaşam kalitesini kötü şekilde etkileyen durumların azaltılması, günlük hayatı en az etkileyecek şekilde düzenlemeler yapılmasını faaliyetlerini amaçlamaktadır. Bakımın sürekliliğinin sağlanması da bu açıdan önemlidir. Bu çalışma dahilinde hali hazırda işleyen fakat kalite, performans düşüklükleri ve araç eksikleri olan hizmet sektörüne ait olan evde bakım hizmetleri sisteminin en verimli halinin oluşturulması amaçlanmıştır. Hastalara verilen hizmet kalitesinin ve tedavi süresinin artırılması, araç rotalarından ve araç eksikliklerinden kaynaklanan sorunların çözülmesi istenmektedir. Problemin çözülmesi aşamasında önceki hali ve problemin çözüm esnasında ekstra bir araç satın alınması halinde ne gibi sonuçlar doğuracağı araç rotalama probleminin çözüm yollarından biri olan Clark ve Wright yani tasarruf algoritması ile hesaplanmıştır. Elde edilen çıktılarına yönelik analiz çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama, Clark ve Wright, Evde Bakım Hizmetleri.

1. GİRİŞ

Sağlık, tüm toplumlar için en önemli temel ihtiyaçtır. Evde sağlık hizmetleri sektörü, tıbbi hizmetlerde hızla büyüyen alanlar arasındadır. Evde bakım hizmeti hastaların ve hasta yakınlarının işlerini kolaylaştırmıştır ve sağlıklarına önem verildiğine dikkat çekmiştir. Hastanın sağlığının kontrolüne evde devam edilmesi oldukça önemli bir aşamadır.

Evde bakım, sağlık düzeyini iyileştirmek ve yükseltmek için hastalara ev ortamında sağlık hizmeti ve hizmet donanımının sağlanması olarak tanımlanmaktadır (Özer ve Şantaş, 2012). Evde bakım kapsamında yapılmış literatür çalışmaları bulunmaktadır. Akdemir ve ark. (2011) evde bakım hizmetleri kapsamında yatağa bağımlı hastaların evde yaşadıkları sağlık sorunlarını inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Kalinkara ve Kalaycı (2017) çalışmalarında yaşlıya evde bakım hizmeti veren bireylerdeki tükenmişlik durumunu incelemişlerdir. Öztürk ve ark. (2017) engelli bireylere yönelik evde bakım hizmetlerini araştırdıkları çalışmalarında Amasya İli örneğini vermişlerdir.

Araç rotalama, fiziksel olarak farklı bölgelerde bulunan müşterilere belirli sayıda depodan (ana merkezden) hizmet vermek üzere gönderilen araçların en uygun dağıtım/toplama rotalarının tasarlanması problemi (Eryavuz ve Gencer, 2001). Araç rotalama problemlerinin çözümleri için kullanılan teknikler sadece üretim sektöründe faaliyet gösteren firmaların ürün dağıtımları

için değil aynı zamanda da hizmet sektöründeki firmalar için de oldukça kullanışlı tekniklerdir. Keskinürk ve ark. (2015) çalışmalarında 1957-2015 yılları arasında yapılan ve farklı araç rotalama teknikleri kullanılan çalışmaları incelemişlerdir.

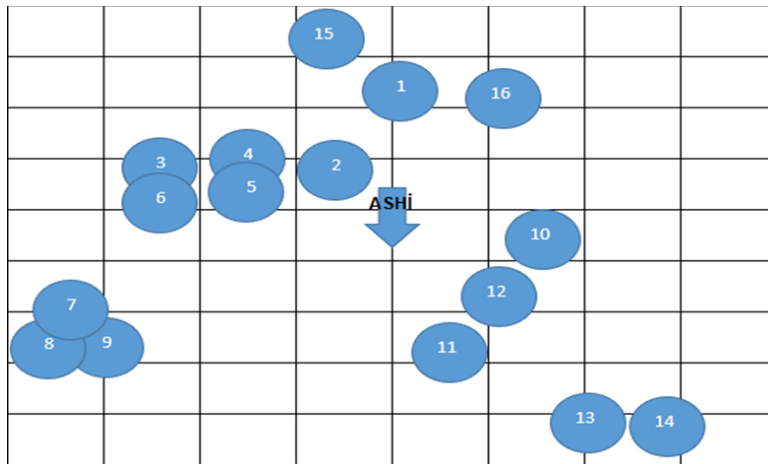
Bu çalışmada evde sağlık hizmeti görece hastaların bakım kalitesini arttırmak amacı ile kullanılan araçların rotalandığı bir çalışma yapılmıştır.

2. UYGULAMA

Evde bakım hizmetleri kapsamında bulunan bazı konumlarda evde bakım hizmet araçlarının yetersiz kaldığı görülmüştür. Hastalara daha kısıtlı süreler ayırarak veya günlere yayarak bu yetersizliğe çözüm bulunmasına çalışılmıştır fakat bu çözüm geçici ve hasta-hizmet kalitesi açısından yetersiz olmuştur. Bu sorunun temelinde araç yetersizliğinin bulunduğu bilinmektedir. Bu durum verilen hizmete ait sistemin verimliliğini düşürmektedir. Bu bilgiler ışığında sisteme yeni araçlar ekleyerek ve oluşabilecek en az maliyeti oluşturarak verimliliğin artırılması ve hizmet kalitenin yükseltilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle söz konusu yerleşim yeri için veriler toplanmış ve mevcut hizmet incelenmiştir. Araç, mesafe ve maliyet kısıtlarına odaklanarak problemler tespit edilmiş ve alternatif çözüm önerileri sunulmuştur.

2.1. Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi

Çalışma için seçilen ilçede evde bakım hizmeti için tahsis edilmiş 1 adet evde bakım hizmet aracı mevcuttur. Her araçta 1 şoför, 1 hemşire ve 1 sağlık memuru bulunmaktadır. Yeni gelen yasaya göre araç şoförü de hemşire veya ATT olmak zorundadır. Çalışma kapsamında her gün ziyaret edilme imkânı olmadığı için gün aşırı ziyaret edilebilen 16 hastanın bulunduğu bir bölgede rotalama yapılmıştır. Hastaların konumları arası mesafe ve süreler Google Maps ile belirlenmiştir. Hastaların ve Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonu (ASHİ)'nin konumları şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1: Hastaların ve ASHİ'nin konumları

ASHİ ile hasta konumları arasındaki uzaklık km ve dk cinsinden çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1: ASHİ ve hasta konumları arasındaki mesafeler

Konumlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Gidiş Süreleri (dk)	6	5	5	3	5	5	11	11	12	11	6	9	16	17	7	10

Uzaklıklar (Km)	3,3	2,2	3	2	2,7	2,5	7,8	8,6	10	7,8	2,5	3	8	9,1	6,5	6,2
-----------------	-----	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	---	---	-----	-----	-----

Elde edilen veriler kapsamında hastaların tedavi sürelerinin 15-40 dakika arasında normal dağıldığı varsayılmıştır. Hastaların tedavi süreleri çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2: Hastaların tedavi süreleri

Konumlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Tedavi süresi (dk)	20	25	22	24	27	30	21	39	29	35	23	15	29	40	20	19

Ambulans servis hizmetleri istasyonun konumlara uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Bu uzaklık matrisi iki nokta arasındaki uzaklığı göstermektedir. Uzaklık matrisinin verileri Google Maps üzerinden hesaplandığı için tamamen gerçek verileri içerir. Uzaklık matrisi çizelge 3’de mevcuttur.

Çizelge 3: Uzaklık matrisi

Uzaklık Matrisi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3,3	2,2	3	2,1	2,7	2,5	7,8	8,6	10	7,8	2,5	3	8	9,1	6,5	6,2
1	-	3,3	5,9	4,4	3,3	5,9	12	11,7	11,9	11,7	2,2	5,5	8,2	8,3	7,2	4
2		-	4,5	2,7	4,5	1,2	5,6	5,5	5,7	5,4	4	7,6	11,1	11,2	4,7	8,1
3			-	2,7	4,5	5	5,2	5,1	5,3	5	7,6	4	11,1	11,2	4,7	8,1
4				-	2,9	2,7	8,6	8,5	8,7	8,4	2,5	6,1	9,6	9,7	5,2	7,9
5					-	4,5	10	10,3	10,5	10,2	2,1	5,7	9,2	9,3	7	6,8
6						-	5,2	5,1	5,3	5	4	7,6	11,1	11,2	4,7	8,1
7							-	0,1	0,2	0,2	13,3	13,4	16,9	17	8,3	11,7
8								-	0,3	0,1	13,4	13,5	17	17	8,5	11,8
9									-	0,2	13,3	13,6	17,1	16,9	8,4	11,7
10										-	13,5	13,4	17	17,1	8,6	11,6
11											-	3,8	6,5	6,6	10	9,9
12												-	5,7	5,5	10,1	10
13													-	5,3	9,9	10,2
14														-	13,6	12,2
15															-	4,4
16																-

2.2. Tasarruf Matrisini Oluşturulması

Çizelge 3’den faydalanılarak tasarruf matrisi oluşturulmuştur. Örneğin; 1. hasta konumu ve 2. hasta konumu arasındaki tasarruf miktarının hesaplayalım.

$$S_{12} = c_{01} + c_{02} - c_{12}$$

Bu formüldeki c_{01} değeri ambulans sağlık hizmetleri istasyonunun 1. konuma uzaklığını göstermektedir. Bu değer çizelge 3’e bakılarak belirlenir ve değer 3,3’tür. Benzer şekilde, c_{02}

ambulans sağlık hizmetleri istasyonunun 2. hasta konumuna uzaklığıdır. Bu uzaklık değeri 2,2'dir. Son olarak c_{12} değeri de 1. ve 2. hasta konumları arasındaki mesafedir ve değeri de 3,3 olduğu görülmektedir.

Buna göre $S_{12} = 3, 3 + 2, 2 - 3, 3 = 2,2$ olarak hesaplanır. Bu işlemler her konum için ayrı ayrı tekrarlandığında tasarruf matrisi oluşturulur. Çizelge 4'te oluşturulan tasarruf matrisi görülmektedir.

Çizelge 4: Tasarruf matrisi

Tasarruf Matrisi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	2,2	0,4	1	2,7	-0,1	-0,7	0,2	1,4	-0,6	3,6	0,8	3,1	4,1	2,6	5,5
2		-	0,7	1,6	0,4	3,5	4,4	5,3	6,5	4,6	0,7	-2,4	-0,9	0,1	4	0,3
3			-	2,4	1,2	0,5	5,6	6,5	7,7	5,8	-2,1	2	-0,1	0,9	4,8	1,1
4				-	1,9	1,9	1,3	2,2	3,4	1,5	2,1	-1	0,5	1,5	3,4	0,4
5					-	0,7	0,1	1	2,2	0,3	3,1	0	1,5	2,5	2,2	2,1
6						-	5,1	6	7,2	5,3	1	-2,1	-0,6	0,4	4,3	0,6
7							-	16,3	17,6	15,4	-3	-2,6	-1,1	-0,1	6	2,3
8								-	18,3	16,3	-2,3	-1,9	-0,4	0,7	6,6	3
9									-	17,6	-0,8	-0,6	0,9	2,2	8,1	4,5
10										-	-3,2	-2,6	-1,2	-0,2	5,7	2,4
11											-	1,7	4	5	-1	-1,2
12												-	5,3	6,6	-0,6	-0,8
13													-	11,8	4,6	4
14														-	2	3,1
15															-	8,3
16																-

2.3. Rotaların Oluşturulması

Rota oluşturulurken ilk önce çizelge3'te verilen uzaklık matrisi göz önüne alınır. Uzaklık matrisinde ASHİ'nin en yakın olduğu yer ile başlanır. En yakın olduğu yerin konum 4 olduğu çizelge 3'ten görülmektedir. Konum 4'ten devam ederek tasarruf matrisinden en büyük değer olan 3,4'ü yani konum 15'i sıraya koyuyoruz. Sonrasında konum 15 için en büyük değeri arıyoruz. En büyük değer konum 16'da olduğunu görülmektedir. Bu şekilde adım adım tasarruf rotaları oluşturulmaktadır.

Tasarruf hareketleri sonucunda rotalar oluşturularak, total km değerleri hesaplanmıştır. Bu işlemler çizelge 5'te görülmektedir.

Çizelge 5: Tasarruf rotaları

Hasta NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Toplam KM
Rota NO																			

1	0	4	15	16	1	14	13	12	3	9	8	10	7	6	2	11	5	0	60,1
2	0	4	15	16	1	14	13	12	3	9	8	7	10	6	2	11	5	0	59,9
3	0	4	9	8	10	7	15	16	1	14	13	12	11	5	3	6	2	0	66,2
4	0	4	9	8	7	10	3	15	16	1	14	13	12	11	5	6	2	0	62,6

2.4. Toplam Sürelerin Hesaplanması

Belirlenen dört rotanın her biri için araçların yapacağı yolculuk süreleri: 3 kilometrenin 5 dakikaya eşit olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır. Toplam çalışma süreleri Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6: Toplam süreler

Toplam Yolculuk Süresi (dk)	Toplam Tedavi Süresi (dk)	Toplam Çalışma Süresi (h)
100,1666667	418	8,636111111
99,83333333	418	8,630555556
110,3333333	418	8,805555556
104,3333333	418	8,705555556

2.5. Mevcut Durumun Yorumlanması ve Çözüm Bulunması

Mevcut durum için hesaplanan toplam tedavi süreleri ve toplam çalışma süreleri göz önüne alındığında, çalışanların günlük çalışma saatlerini aşmakta olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak yeni bir evde bakım sağlık hizmet aracı satın alınması alternatifi önerilmektedir. Yeni aracın hem çalışanların çalışma süresini normale düşüreceği hem de hasta tedavi esnasında hastaya daha fazla vakit ayrılarak hizmet kalitesinin arttırılacağı düşünülmektedir.

İkinci bir evde sağlık bakım hizmet aracı satın alınması alternatifi için hasta bakım rotaları yeniden oluşturulmuştur. Dört farklı rotalama senaryosu geliştirilmiştir. Araç- 1 ve Araç-2 için rotalar ve araçların alacağı toplam mesafeler çizelge 7’de sunulmaktadır.

Çizelge 7: Araç-1 ve Araç-2 için rotalar

Senaryo	Hasta no Araç No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	km	Toplam km
1	Araç-1	0	4	15	16	1	14	13	12	11	0	43,5	68,7
1	Araç-2	0	2	9	8	10	7	3	5	6	0	25,2	
2	Araç-1	0	4	15	16	1	14	13	12	11	0	43,5	68,5
2	Araç-2	0	2	9	8	7	10	3	5	6	0	25	
3	Araç-1	0	4	9	8	7	10	3	6	5	0	28,6	69,5
3	Araç-2	0	2	15	16	1	14	13	12	11	0	40,9	
4	Araç-1	0	4	9	8	10	7	3	5	6	0	28,1	69
4	Araç-2	0	2	15	16	1	14	13	12	11	0	40,9	

Araç-1 ve Araç-2 için toplam hizmet süreleri, yolculuk süreleri ve çalışma süreleri her rota için ayrı ayrı hesaplanarak çizelge 8’de gösterilmektedir.

Çizelge 8: Araç-1 ve Araç-2 için toplam süreler

Senaryolar	Araç No	Hizmet Süresi (dk)	Toplam Yolculuk Süresi (dk)	Toplam Çalışma Süresi(h)
1	Araç-1	190	72,5	4,375
1	Araç-2	228	42	4,5
2	Araç-1	190	72,5	4,375
2	Araç-2	228	41,667	4,494
3	Araç-1	227	47,667	4,578
3	Araç-2	191	68,167	4,319
4	Araç-1	227	46,833	4,564
4	Araç-2	191	68,167	4,319

Çizelge 8’de gösterilen sonuçlar ele alındığında en uygun rotanın ikinci senaryoda oluşturulan rota olduğu görülmektedir. Araç-1 ve Araç-2 için ikinci rota uygulanmalıdır. İkinci araç satın alındığında yolculuk sürelerinin azaldığı görülmektedir. Toplam çalışma süreleri yarı yarıya düştüğü için hastalarla daha kaliteli ve verimli zaman geçirilebilecektir. Bunun yanı sıra hastaları her gün tedavi ve ziyaret imkânı doğacaktır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmanın temel amacı sistemde var olan aksaklıkları gidermek ve sistemin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Hizmet sektöründe yaşanan araç yetersizliğinden kaynaklı bu probleme çözüm olarak en az maliyetle yeni bir araç satın alınması ve buna uygun rota belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır.

İlk olarak mevcut durumda var olan sistem çerçevesinde hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu araç eksikliğinden kaynaklı tedavi sürelerinin yetersiz olduğu ve çalışma saatinin ortalama 8 saati aştığı görülmektedir. Hastaları ziyaret sıklığı ve verilen hizmetin kalitesi mevcut durumda daha düşük seyrederken sistemin verimliliği de oldukça düşük olarak yorumlanmaktadır.

Önerilen iki araçlı durumda %50 oranında düşen çalışma süreleri sonucunda evde bakım hizmetlerinin daha sık ve daha kaliteli yapılabileceği görülmüştür. İki araç için oluşturulan rotalar ve tedavi sürelerinin dengelenmesi ile genel anlamda süreç sadeleştirilmiş ve istenilen süreç iyileştirmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Özer Ö., Şantaş F., (2012). Kamunun sunduğu evde bakım hizmetleri ve finansmanı. Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, cilt 3, sayı 2
- [2] Akdemir N., Bostanoğlu H., Yurtsever S., Kutlutürkan S., Kapucu S., Canlı Özer X., (2011). Yatağa bağımlı hastaların evde yaşadıkları sağlık sorunlarına yönelik evde bakım hizmet gereksinimleri. Dicle Tıp ergisi, 38(1), sayfa 57-65
- [3] Kalinkara V., Kalaycı I., (2017). Yaşlıya evde bakım hizmeti veren bireylerde yaşam doyumu, bakım yükü ve tükenmişlik. Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi, cilt 10, sayı 2, sayfa 19-39

- [4] Öztürk Y.E., Şentürk Ş., Macit Y., (2017). Evde bakım hizmeti alan engelli bireye sahip ailelerin bakım verme yüklerinin belirlenmesi: Amasya örneği. Türkiye Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi, 1(1), sayfa 48-67
- [5] Eryavuz M., Gencer C., (2001). Araç rotalama problemine ait bir uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, cilt 6, sayı 1, sayfa 139-155
- [6] Keskindürk T., Topuk N., Özyeşil O., (2015). Araç rotalama problemleri ve çözümleri. The Journal of Business Science, Vol 3, issue 2, page 77-107
- [7]

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ ŞİRKETİNİN ÜRETİM PLANININ HAZIRLANMASI VE KALİTE KONTROLÜ

HARUN TOSUN

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. TÜLAY KORKUSUZ POLAT

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

korkusuz@sakarya.edu.tr - 0000-0001-6693-7873

ÖZET

Artan rekabet ortamı ile işletmelerin gelecek için güvenle yol alabilmeleri, planlamalarını doğru yaparak hem müşteri memnuniyetini sağlamaları hem de verimliliklerini-üretkenliklerini sürdürebilmeleri talep tahminlerindeki doğrulukla paraleldir. Bu kapsamda talep tahminleri üretim planlama ve dolayısıyla işletmenin uzun dönemli planlamaları içinde önem arz etmektedir. Günümüz iş dünyasında otomotiv sektörüne hizmet veren şirketlerde dönem dönem tedarik zinciri sorunları yaşanmaktadır. Bu sorunlar da şirketlerin üretim miktarlarını etkilemektedir. Şirketlerin ellerinde fazladan stok birikmesine, müşteri siparişi gelmediği zaman da maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. Bu çalışma ile otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir yan sanayi şirketinin, pandemi sonrası düzenli üretim yapabilecek duruma getirilmesi amaçlanmıştır. Regresyon ve korelasyon analizi ile talep tahmini çalışması yapılarak en uygun miktarda hammadde satın alması sağlanmıştır. Bu talep tahminleri doğrultusunda üretim planı oluşturulmuştur. Başlangıçta gelen müşteri siparişlerini elindeki stoklardan değerlendirerek elde bulundurma maliyetinden kurtulmuştur. Kontrol diyagramı ile de üretim süreci izlenerek kusurlu bir ürün çıkmasına engel olunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Regresyon, korelasyon, ana üretim çizelgeleme, ekonomik sipariş miktarı, kontrol diyagramı.

1. GİRİŞ

İşletmeler müşteri memnuniyetini sağlamak için ürünleri doğru zamanda, doğru miktarda ve istenilen kalitede ve fiyatta üretilip, müşteriye teslim etmelidirler. Bu nedenle üretimde kullanılacak hammaddelerin üretim için uygun zamanda, uygun miktarda ve uygun kalitede gelmesi gerektiği gibi aynı zamanda da müşteri taleplerinin doğru şekilde ve zamanında belirlenmesi de önemlidir. Literatürde talep tahmininde kullanılan farklı teknikler vardır. Sönmez ve Zengin (2019) çalışmalarında yapay sinir ağları ve regresyon yöntemlerini kullanarak yiyecek işletmelerinde talep tahmini yapmışlardır. Karaca ve Karacan (2016) çalışmalarında çoklu regresyon yöntemini kullanarak elektrik tüketimine yönelik talep tahmini yapmışlardır. Yergök ve Acı (2019) çalışmalarında toplu yemek üretiminde günlük talebi tahmin etmek için regresyon analizi kullanmışlardır.

Talebin doğru belirlenmesi üretim planlamasının verimli olması için önemli şartlardan birisidir. Bir işletmedeki üretim planlama ve kontrol sistemi, üretimde verimlilik hedefine ulaşmak için üretim faaliyetlerinin koordinasyonunu sağlayan bir araç olmaktadır (Gülenç ve Karabulut, 2005). Üretimde kaynakların hem ekonomik hem de etkin bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Üretim faktörlerine bağlı olarak üretim sürecinin planlanması, üretim planlamanın bir parçasıdır (Deste ve Karabulut, 2021). Üretim planlama yapılırken stok durumlarının takibi de ayrıca önem taşımaktadır.

Bu çalışmada pandemi nedeni ile üretimine ara veren bir işletmenin yeniden üretime başlayabilmesi için gerekli olan talep tahmini, ekonomik sipariş miktarının belirlenmesi, üretim planının hazırlanması ve üretim süreçlerinin kontrolü gibi konularda destek olunması amaçlanmaktadır.

2. UYGULAMA

Covid-19 salgını ve sonrasında yaşanan otomotiv üretimindeki daralmadan kaynaklı olarak üretimine ara vermiş olan bir otomotiv yan sanayi işletmesinde ciddi miktarda ürün stoğu birikmiştir. Bu çalışma ile işletmenin uzun dönemli planlama eksikliğinden ve piyasa şartlarından dolayı elinde bulundurduğu fazla stokların oluşturduğu maliyetin minimuma düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla öncelikle, regresyon ve korelasyon yöntemleri ile talep tahmini yapılmıştır. Sonrasında ekonomik sipariş miktarı belirlenmiş ve üretim planları hazırlanmıştır. Son olarak kontrol diyagramları oluşturularak proses incelenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir.

2.1. Talep Tahmini Yapılması

İşletmenin son yıla ait satış miktarları alınarak regresyon analizi yapılmıştır. İşlem kolaylığı olması açısından satış miktarları 100 ile sadeleştirilmiştir. Regresyon analizi için yapılan hesaplamalar çizelge 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1: Regresyon analizi

X (Dönem)	Y(Gerçekleşen Satış)	X^2	X.Y
1	4,68	1	4,68
2	5,26	4	10,52
3	4,22	9	12,66
4	4,36	16	17,44
5	5,13	25	25,65
6	5,74	36	34,44
7	5,37	49	37,59
8	4,09	64	32,72
9	5,00	81	45
10	4,86	100	48,6
11	5,33	121	58,63
12	4,97	144	59,64
$\Sigma=78$	$\Sigma=59,01$	$\Sigma=650$	$\Sigma=387,57$

$$b=[(12*387,57)-(78*59,01)]/[(12*650-6084)]=0,028007$$

$$a=(59,01/12)-(0,02007*78/12)=4,787045$$

$$Y = a + bX$$

1. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 13 = 5,15114 * 100 = 515$ adettir.

2. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 14 = 5,17914 * 100 = 517$ adettir.

3. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 15 = 5,20715 * 100 = 520$ adettir.

4. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 16 = 5,23516 * 100 = 523$ adettir.

5. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 17 = 5,26316 * 100 = 526$ adettir.

6. ayın tahmini; $Y = 4,787045 + 0,028007 * 18 = 5,29117 * 100 = 529$ adettir.

Korelasyon analizi;

$r = (387,57 - 78 * 59,01 / 12) / \sqrt{(650 - 144/12) * (292,9469 - 3482,18/12)} = 0,095351$
 $0,00 < r < 0,25$ olduğu için korelasyon çok zayıftır.

2.2. Ekonomik Sipariş Miktarının Belirlenmesi

Bir yıllık talep miktarı gerçekleşen satış miktarlarına bağlı olarak ortalama 6000'dir. Planlama dönemi içinde 12 ay bulunduğundan bir hammaddeyi yıllık stokta bulundurma maliyeti 3 Türk Lirası ve her sipariş başına maliyet de 50 Türk Lirasıdır.

$ESM = \sqrt{2 * 50 * 6000/3} = 447,2136$ adet sipariş edilmelidir.

2.3. Üretim Planının Oluşturulması

İşletmenin stoklarında 2019 yılından kalan 150 adet ürün bulunmaktadır. Bu işletmede üretim için lot büyüklüğü 75 olarak belirlenmiştir.

Müşteri siparişi miktarları örnek olarak iki ay için çizelge 2'de verilmiştir. Üretim değerleri ve söz verilebilir envanter değerleri de çizelgede hesaplanmıştır.

Çizelge 2: İşletmenin iki aylık örnek üretim planı

Başlangıç Envanteri=150	1. Ay				2. Ay			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Talep Tahmini	135	120	115	145	107	130	165	115
Müşteri Siparişleri (Söz Verilen)	85	110	90	125	105	80	200	0
Öngörülen Envanter	15	45	5	10	53	73	23	58
MPS(Üretim)		150	75	150	150	150	150	150
Söz Verilebilir Envanter	15	40		25	45	70		150

2.4. Kontrol Diyagramı Oluşturularak Prosesin İncelenmesi

İşletmenin ürettiği parçaların üretiminde bir hata olup olmadığını araştırmak için 200 kilogram olarak istenen ürünlerden 15 dakika ara ile 5 birimden oluşan örnekler alınmıştır. Spesifikasyon sınırları $200 \pm 2\text{kg}$ olarak belirlenmiştir.

Kontrol diyagramlarının oluşturulabilmesi için üretimden alınması gereken parça ağırlıklarının ölçüm değerlerine ihtiyaç vardır. Bu ölçüm sonuçları çizelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3: Parçaların ölçüm değerleri

Örnek no	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Toplam	$\bar{X}_i$	R_i
1	199,9	199,3	200,2	198,9	198,5	996,8	199,36	1,7
2	200,2	201,4	201,5	201,3	200,2	1004,6	200,92	1,3
3	200,9	200,5	201,1	200,1	200,7	1003,3	200,66	1
4	199,7	199,9	198,8	200,0	199,8	998,2	199,64	1,2
5	199,2	199,7	201,3	200,5	198,9	999,6	199,92	2,4
6	198,5	199,0	199,7	200,7	201,7	999,6	199,92	3,2
7	201,2	200,2	200,8	201,3	200,6	1004,1	200,82	1,1
8	200,4	199,1	201,5	201,6	198,2	1000,8	200,16	3,4
9	201,2	198,3	200,9	199,7	199,1	999,2	199,84	2,9
10	201,1	200,5	199,1	201,2	201,8	1003,7	200,74	2,7
10	201,1	200,5	199,1	201,2	201,8	1003,7	200,74	2,7

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{A}_i}{k} = \frac{2001,98}{10} \Rightarrow \bar{X} = 200,198$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{20,9}{10} \Rightarrow \bar{R} = 2,09$$

$\bar{X}$ kontrol diyagramı için kontrol sınırları,

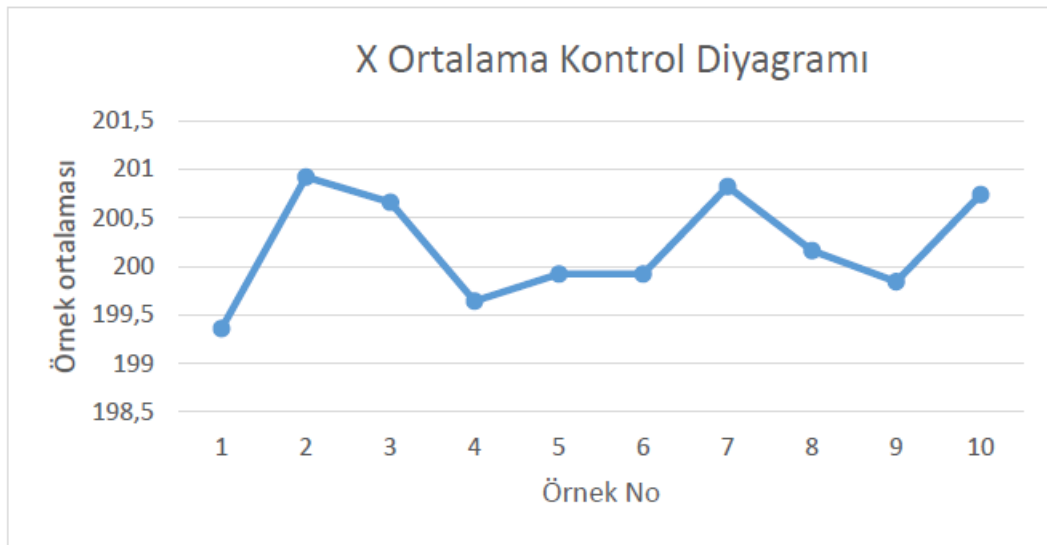
$$M\check{C} = \bar{X} = 200,198$$

$$\check{U}KS = \bar{X} - A_2 * \bar{R} \Rightarrow n = 5 \text{ için } A_2 = 0,58$$

$$\check{U}KS = 200,198 - 0,58 * 2,09 = 199,678$$

$$AKS = \bar{X} + A_2 * \bar{R} \Rightarrow 200,198 + 0,58 * 2,09 = 201,318$$

Parça ağırlıklarının ortalamaları ile oluşturulan $\bar{X}$ ortalama kontrol diyagramı şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. $\bar{X}$ Kontrol Diyagramı

Şekil 1. incelendiğinde, aritmetik ortalama diyagramına göre tüm örnek ortalamaları kontrol sınırları içinde olduğundan prosesin kontrol altında olduğu anlaşılmaktadır.

R kontrol diyagramı için kontrol sınırları:

$$M\bar{C} = \bar{R} = 2,09$$

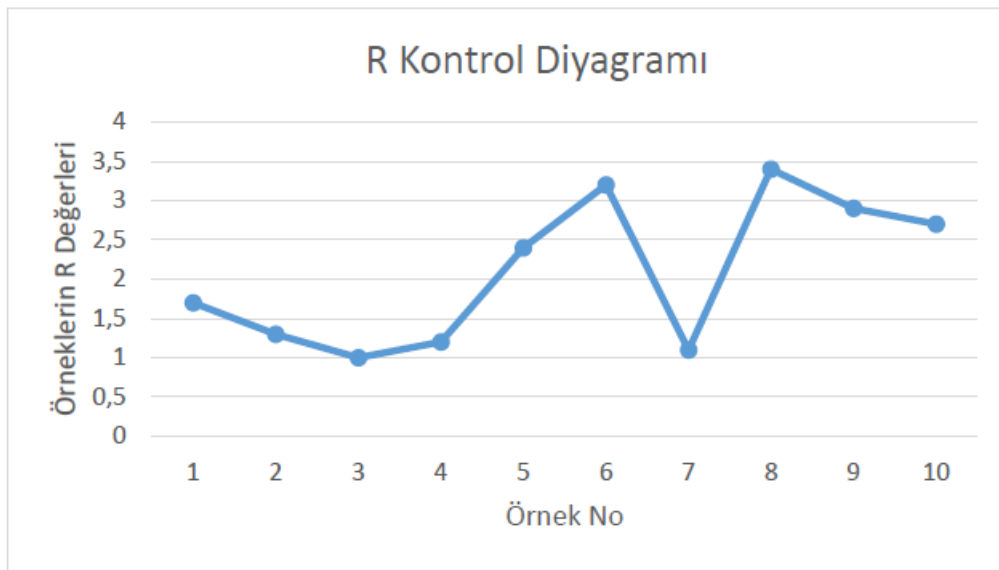
$$\bar{U}KS = D_4 * \bar{R} \Rightarrow n = 5 \text{ için } D_4 = 2,115$$

$$\bar{U}KS = 2,115 * 2,09 = 4,42035$$

$$AKS = D_3 * \bar{R} \Rightarrow n = 5 \text{ için } D_3 = 0$$

$$AKS = 0$$

Parça ağırlıklarının değişim aralığı değerleri ile oluşturulan kontrol diyagramı şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. R Kontrol Diyagramı

Şekil 2 incelendiğinde, değişim aralığı diyagramına göre değişim aralıkları kontrol sınırları içinde olduğundan değişkenliğin kontrol altında olduğu anlaşılmaktadır.

3. SONUÇLARIN ANALİZ EDİLMESİ

MSE ve MAD sonuçlarının hesaplanabilmesi için hata ve hata² değerlerine ihtiyaç vardır. Satış değerleri tahmin değerlerinden çıkartılarak hata değerleri çizelge 4’te hesaplanmıştır.

Çizelge 4: Talep tahmini hatası için hesaplanan değerler

Ay	Satış	Tahmin	Hata	Hata ²
1	410	515	-105	11025
2	385	517	-132	17424
3	490	520	-30	900
4	510	523	-13	169
5	520	526	-6	36

6	535	529	+6	36
Toplam			-280	29590

$$MSE = 29590 / 6 = 4931,66$$

$$MAD = (|-105| + |-132| + |-30| + |-13| + |-6| + |+6|) / 6 = 48,66$$

Hesaplanan MSE ve MAD değerlerine göre, hata kareleri ortalaması değeri 4931,66 çıkmıştır. Ortalama mutlak sapma değeri 48,66 çıkmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile üretimine uzun bir süre ara vermiş olan otomotive yan sanayi işletmesi için, önlerindeki dönem için talep tahmini yapıp işletmenin yeniden üretime hazırlanması sağlanmıştır. İşletmenin elindeki stok seviyesi tekrar minimuma indirilmiş olup, gelen siparişlerle eşzamanlı olarak hammadde temini yapabilmesi sağlanmıştır. Ocak ayının son haftası itibariyle de üretimine kaldığı yerden düzenli bir şekilde devam edebileceği anlaşılmıştır. Kontrol diyagramları ile üretim süreci izlenerek hatalı ürün çıkmasına engel olunmuştur. Sonraki dönemler için üretimini artırabilmesinin ve yeni yatırımlar yapabilmesinin önü açılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Sönmez O., Zengin K., (2019). Yiyecek ve içecek işletmelerinde talep tahmini: Yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleriyle bir karşılaştırma. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, özel sayı, sayfa 302-308
- [2] Karaca C., Karacan H., (2016). Çoklu regresyon metoduyla elektrik tüketim talebini etkileyen faktörlerin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi-SUJEST, cilt 4, sayı 3, sayfa 182-195
- [3] Yergök D., Acı M., (2019). Toplu Yemek Üretiminde Günlük Talep Tahmini için Alternatif Bir Yaklaşım: Öğrenci Regresyon. European Journal of Science and Technology, (Özel Sayı), sayfa 64-73
- [4] Gülenç İ.F., Karabulut B., (2005). Doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümü. Kocaeli University Journal of Social Sciences, issue 9, page 55-68
- [5] Deste M., Karabulut M., (2021). Doğrusal programlama tekniğiyle üretim planlama yaklaşımı ve tekstil sektöründe bir uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, cilt 26, sayı 3, sayfa 247-258

DİKEY BİR KANALDAKİ ISINMIŞ ELEMANIN KARIŞIK TAŞINIM İLE SOĞUTULMASININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF COOLING BY MIXED CONVECTION OF A HEATED ELEMENT IN A VERTICAL CHANNEL

Dr. Öğr. Üyesi Yeliz ALNAK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü,
Sivas, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0003-4383-3806

ytas@cumhuriyet.edu.tr,

Doç. Dr. Koray KARABULUT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Elektrik ve Enerji Bölümü, Sivas, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0001-5680-0988

kkarabulut@cumhuriyet.edu.tr-koray.karabulut@hotmail.com

ÖZET

Elektronik bileşenlerin soğutulması, daha hızlı, daha küçük ve daha güvenilir sistemlerin gelişmesinin sağlanması bakımından oldukça önemlidir. Uygulamada birçok elektronik bileşenin soğutulması durumunda ısı yayan bileşen dizileri dikey veya eğimli paralel plaka kanallarına yerleştirilmektedir. Bu çalışmada, dikey bir kanal içerisinde eşkenar üçgen şekilli engel elemanının karışık taşınım ile ısı transferi ve kanal içerisindeki akış özellikleri sayısal olarak değerlendirilmiştir. Akışın kanal içerisindeki ısınmış engel elemanına daha iyi yönlendirilmesi ve karışık taşınım etkisinin artırılması amacıyla kanal içerisine üst giriş kısmından 30° ve 60° açılı akış yönlendirici kanatçık yerleştirilmiştir. Sayısal inceleme, zamandan bağımsız, laminar ve iki boyutlu olarak süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin Ansys-Fluent bilgisayar programı kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Eşkenar üçgen şekilli elektronik elemanlara sabit ısı akısı uygulanırken, kanalın diğer yüzeyleri ve akış yönlendiriciler ise adyabatiktir. Kanalda kullanılan su akışkanı sıkıştırılamaz olup, kanala giriş sıcaklığı 293 K ’ dir. Çalışmada kullanılan Reynolds sayısı (Re) değeri 100, değiştirilmiş Richardson sayısı (Ri^*) aralığı 50-150, AGM (Akış Geçiş Mesafesi) ise 2 ve 4 olarak tasarlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki deneysel ve sayısal sonuçlarla kıyaslanmış ve sonuçların birbirleriyle tutarlı oldukları saptanmıştır. Sonuçlar, Ri^* sayısına bağlı olarak farklı AGM oranları için kanala yerleştirilen açılı akış yönlendiricilerin ısınmış engellerin ortalama Nu sayıları (Nu_m) ve kanaldaki ortalama akışkan sıcaklıkları (T_m) üzerindeki etkisinin değişimleri olarak incelenmiştir. Ayrıca, 2 ve 4 akış geçiş mesafesi oranları dikkate alınarak $Ri^*=150$ için kanatçıksız ve kanatçıklı durumlarda kanaldaki karışık taşınımın hız ve sıcaklık konturu dağılımları üzerindeki etkileri görselleştirilerek detaylı

bir şekilde incelenmiştir. $Ri^*=150$ için $AGM=2$ ve 60° açılı kanatçıklı durumda Nu_m sayısının kanatçıksız duruma göre %3,13 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karışık taşınım, Akış yönlendirici, Kanatçık, Akış geçiş mesafesi.

ABSTRACT

Electronic components' cooling is crucial in ensuring the development of faster, smaller and more reliable systems. In practice, heat-emitting component arrays are placed in vertical or inclined parallel plate channels when cooling many electronic components. In this study, the mixed convection heat transfer and flow properties of an equilateral triangular-shaped obstacle element in a vertical channel were evaluated numerically. To better direct the flow to the heated obstacle element in the channel and to increase the mixed convection effect, 30° and 60° angled flow director fin was placed in the channel from the upper entrance. Numerical analysis was carried out by solving steady, laminar and two-dimensional continuity, momentum and energy equations using the Ansys-Fluent computer program. While constant heat flux is applied to the equilateral triangular-shaped electronic elements, other surfaces of the channel and flow directors are adiabatic. The water fluid used in the channel is incompressible and the temperature at which it enters the channel is 293 K. The Reynolds number (Re) value used in the study was designed as 100, the modified Richardson number (Ri^*) range was 50-150, and the FPR (Flow Passage Ratio) was designed as 2 and 4. The results obtained from the study were compared with the experimental and numerical results in the literature and the results were found to be consistent with each other. The results were examined as changes in the effect of angled flow directors placed in the channel on the mean Nu numbers of heated obstacles (Nu_m) and mean fluid temperatures (T_m) in the channel for different FPR ratios, depending on the Ri^* number. In addition, the effects of mixed convection in the channel on the velocity and temperature contour distributions were visualised and examined in detail for $Ri^*=150$, considering the flow transition distance ratios of 2 and 4, in cases with and without fins. For $Ri^*=150$, it was determined that the Nu_m number was 3.13% higher in the case with FPR=2 and 60° angle fins than in the case without fins.

Keywords: Mixed convection, Flow director, Fin, Flow passage ratio

1. GİRİŞ

Avrupa Birliği başta olmak üzere son zamanlarda tüm dünya ülkelerine yayılmakta olan çevre ve iklim değişikliği politikasıyla birlikte kirliliğin bertaraf edilmesi, azaltılması ve önlenmesi, doğal kaynakların çevreye ve ekolojik dengeye zarar vermeyecek şekilde kullanımının temin edilerek sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi amacıyla özellikle enerji sektöründe hızlı bir şekilde köklü değişiklikler yapılması planlanmaktadır. Bu amaçla enerjinin etkin bir biçimde kullanılmasıyla ısı ve akış uygulamalarında yeni yaklaşımlarla geliştirilmiş ekipmanların verimliliklerinin artırılarak, işletme maliyetleri düşük, doğaya duyarlı ve güvenliği yüksek ürünler geliştirilmesi çalışmaları yoğunlaşmıştır (Alnak ve Karabulut, 2024).

Elektronik bileşenlerin soğutulması, daha hızlı, daha küçük ve daha güvenilir sistemlerin gelişmesinin sağlanması bakımından oldukça önemlidir. Böylece, cihazdan elde edilen verimlilik artarken; bu durum zaman ve maddi açıdan kazanç elde edilmesine sebep olacaktır. Uygulamada birçok elektronik bileşenin soğutulması durumunda ısı yayan bileşen dizileri dikey veya eğimli paralel plaka kanallarına yerleştirilmektedir.

Bununla birlikte, kanal içi akış ve ısı transferi uygulamalarında doğal ve zorlanmış taşınımın birlikte uygulandığı karışık taşınım uygulamaları son zamanlarda araştırmacılar ve uygulamacılar tarafından yoğun olarak değerlendirilen tasarımlar arasında yer almaktadır. Karışık taşınımla ısı transferi üzerine yapılan araştırmalar, ısı eşanjörleri, kimyasal işleme ekipmanları, güneş enerjisi toplayıcılarının ve elektronik soğutma vb. gibi uygulamalar birçok mühendislik alanında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Böylece, ısınmış olan bileşenler tarafından etrafındaki akışkan ile olan sıcaklık farkına dayalı olarak gerçekleşen doğal taşınımla olan ısı transferinin engellenmeden zorlanmış taşınımla desteklenerek ısı transferi artırılabilir.

Literatürde bir kanalda karışık taşınımla ısı transferi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bunlardan birinde, ısı kaynağı içeren bir kanal için laminer zorlanmış akışın, doğal, karışık ve zorlanmış taşınım bölgeleri boyunca kaldırma kuvveti kaynaklı doğal konveksiyon hareketi üzerindeki etkileri Choi ve Ortega (1993) tarafından sayısal olarak incelenmiştir. Sonuçlar, ısı kaynağının ortalama Nusselt (Nu) sayısının eğim açısına büyük ölçüde bağlı olduğunu göstermiştir. Papanicolaou ve Jaluria (1993), yalıtılmış ve sabit değerde bir ısı kaynağı içeren dikdörtgensel bir sistemdeki karışık taşınımı incelemişlerdir. Auletta ve ark.(2001) dik olarak konumlanmış ve simetrik olarak ısıtılan aşağı yönlü akışı olan bir kanalda adyabatik olarak genişlemenin ısı transferi üzerindeki etkilerini sayısal olarak analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda kanaldaki uzama ve genişleme miktarlarına göre ısı transferinde %10-20 arasında bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Eğimli bir kanalda laminer akış şartlarında birbirine eş iki ısı kaynağının karışık taşınımla soğutulması Boutina ve Bessaih (2011), tarafından değerlendirilmiştir. Isı kaynağı ölçüleri ve aralarındaki uzaklığın yanında kanal eğiminin de ısı transferine belirgin etkileri olduğu saptanmıştır. Forooghi ve Hooman (2013), türbülanslı akışın olduğu iki dalgalı plaka arasında kaldırma kuvvetlerinin de etkisini dikkate alarak ısı transferini sayısal olarak irdelenmiştir. Çalışmalarında kaldırma kuvvetlerinin ısı transferi üzerinde değişen etkisini gözlemlemişlerdir. Hamouche ve Bessaih (2008), laminer akış şartlarında yatay olarak yerleştirilmiş bir kanalda elektronik bileşenlerin karışık ısı taşınımı ile soğutulmasını incelemek üzere yerleştirilen iki adet çıkıntıdan oluşan ısı kaynağının ısı transferi performansını sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Buna göre, elektronik bileşenlerin birbirleri arasındaki mesafenin, boylarının ve genişliklerinin değişiminin ısı transferini artırıcı yönde etki edebildiğini belirlemişlerdir. Jang ve Yan (2004), sayısal olarak dikey dalgalı bir yüzey boyunca karışık ısı taşınımı ve kütle transferini araştırmışlardır. Mevcut analiz için sonlu farklar yöntemi kullanılmıştır. Kaldırma kuvveti oranı N , genlik-dalga boyu oranı α ve değiştirilmiş Richardson (Ri^*) sayısı (Gr/Re^2) bu problem için önemli parametreler olarak belirlenmiştir. Çalışmada, kaldırma kuvveti oranı N ve dalgalı yüzeyin boyutsuz genliğinin yerel Nu sayısı ve yerel Sherwood (Sh) sayısı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Zhang ve ark.

(2022), dikey olarak konumlandırılmış daralan-genişleyen bir kanalda akış yönünde ve akışa ters yöndeki akış için karışık konveksiyonun etkisini sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Bir diğer çalışmada, Lee ve ark. (2021), açılı kanatçıklara sahip bir kanaldaki doğal ve karışık konveksiyonun ısı kuyusunun tasarım parametrelerindeki durumunu sayısal olarak araştırmışlardır.

Bu çalışmada, eşkenar üçgen geometrilili ısınmış elektronik engel bileşeninin karışık taşınım akışıyla soğutulması sayısal olarak araştırılmıştır. Sayısal inceleme, zamandan bağımsız, laminar ve iki boyutlu olarak süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin Ansys-Fluent bilgisayar programının kullanılarak çözülmesiyle yapılmıştır. Üst tarafından su girişi olan ve üst giriş sağ kısmından 30° ve 60° açılı olarak akış yönlendirici kanatçıklı ve dikey akışlı olarak tasarlanmış bir kanal içerisine yerleştirilen eşkenar üçgen şekilli elektronik elemana sabit ısı akısı ($35,29 \text{ W/m}^2$ - $105,88 \text{ W/m}^2$) uygulanırken, kanalın diğer yüzeyleri ve akış yönlendiriciler ise adyabatiktir. Kullanılan su akışkanını sıkıştırılamaz olup, kanala giriş sıcaklığı 293 K ’ dir. Çalışmada kullanılan Reynolds sayısı (Re) değeri 100, değiştirilmiş Richardson sayısı (Ri^*) aralığı 50-150, AGM (Akış Geçiş Mesafesi) = W/a (kanal genişliği/kanatçık uzunluğu) aralığı ise 2 ve 4 olarak tasarlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki deneysel ve sayısal sonuçlarla kıyaslanmış ve sonuçların birbirleriyle tutarlı oldukları saptanmıştır. Richardson sayısına bağlı olarak farklı AGM oranları için kanala yerleştirilen açılı kanatçıkların, engellerin ortalama Nu sayıları (Nu_m) ve akışkan sıcaklıkları (T_m) üzerindeki etkisinin değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, incelenen iki farklı AGM, $Re=100$ ve $Ri^*=150$ için kanatçıksız ve kanatçıklı durumlarda hız ve sıcaklık konturu dağılımları görselleştirilerek detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

2. SAYISAL YÖNTEM

Kanalın üst girişinden üniform olarak sabit u_0 hızı ile gönderilen akışkan akımı sonucu meydana gelen zorlanmış taşınım ile ısınmış olan elektronik elemandan kaldırma kuvvetinin etkisiyle oluşan doğal taşınım akımlarıyla birlikte karışık taşınım oluşmaktadır. Kanalın girişinden itibaren yerleştirilen akış yönlendirici kanatçık ile hem akışkanın ısınmış elektronik engel elemanına doğru yönlendirilmesi; hem de kanalın orta kısmında akışın hızlandırılarak zorlanmış taşınım hareketleriyle daha iyi bir karışık taşınım akımı oluşturulması planlanmıştır.

Kanaldaki karışık taşınımlı ısı transferinin çözümünde Ansys-Fluent programı kullanılmıştır. Ayırıklaştırma yöntemi olarak momentum denklemleri için “Second Order Upwind” yöntemi tercih edilmiştir. Sayısal çözümlerin yakınsaması için yakınsama kriteri momentum denklemi için 10^{-6} ve enerji denklemi için 10^{-7} olarak alınmıştır.

Bu çalışmada ele alınan akışın, zamandan bağımsız, sıkıştırılamaz, iki boyutlu ve laminar olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada, dikey olarak konumlandırılan kanalda yer çekimi kuvveti aşağı yönlü olarak modellenirken; kaldırma kuvvetinin etkisi de hesaba katılmıştır.

Kartezyen koordinatlarda zamandan bağımsız, sıkıştırılamaz akış için süreklilik, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri aşağıda verilmiştir (Özdemir ve ark., 2023).

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (2)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \nabla^2 v - \rho g \quad (3)$$

Enerji denklemi

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] \quad (4)$$

Çalışmada kullanılan boyutsuz sayılardan değiştirilmiş Grashof sayısı (Gr^*), Richardson sayısı (Ri^*) ve Reynolds sayısı (Re) aşağıdaki eşitliklerde sunulmuştur.

$$Gr^* = \frac{g\beta\dot{q}D^4}{kv^2} \quad (5)$$

$$Ri^* = \frac{Gr^*}{Re^2} \quad (6)$$

$$Re = \frac{u_o D}{\nu} \quad (7)$$

Burada, g yerçekimi ivmesi (m/s^2), β ısı genleşme katsayısı ($1/K$), $\dot{q}$ ısı akısı (W/m^2), k ısı iletim katsayısı (W/mK), ν kinematik viskozite (m^2/s)' dir.

Elektronik engel elemanların yüzeylerindeki ortalama ısı taşınım katsayısı Eş. (8), Nusselt sayısı (Nu) ise Eş. (9) vasıtasıyla hesaplanacaktır.

$$h = \frac{\dot{q}}{(T_e - T_o)} \quad (8)$$

Nu sayısı, taşınım ile ısı geçişinin iletimle ısı geçişine oranı olarak değerlendirilir.

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = h(T_e - T_o) \text{ ve } Nu = \frac{h 2a}{k} \quad (9)$$

Ortalama ısı taşınım katsayısı (h_m)

$$h_m = \frac{1}{2a} \int_0^{2a} h da \quad (10)$$

Ortalama Nu sayısı (Nu_m) Eş. 8 ile hesaplanmaktadır.

$$Nu_m = \frac{\dot{q}D}{k(T_e - T_o)} = \frac{h_m 2a}{k} \quad (11)$$

Bu eşitliklerde, $\dot{q}$ ısı akısı, u_o dikey kanalın üst kısmından giren akışkanın hızı (m/s), T_e ısınmış engelin ortalama sıcaklığı iken T_o , su akışkanının kanal girişindeki sıcaklığıdır (K). a akışkanla temasta olan eşkenar üçgen şekilli yüzeyin karakteristik uzunluğu (m) ölçüsü iken; u ve v kartezyen koordinatlarda akışkanın x ve y yönlerindeki hızlarıdır (m/s). k akışkanın ısı iletim katsayısı (W/mK), h yüzey üzerindeki yerel ısı taşınım katsayısı (W/m²K), n ise yüzeye dik yöndür.

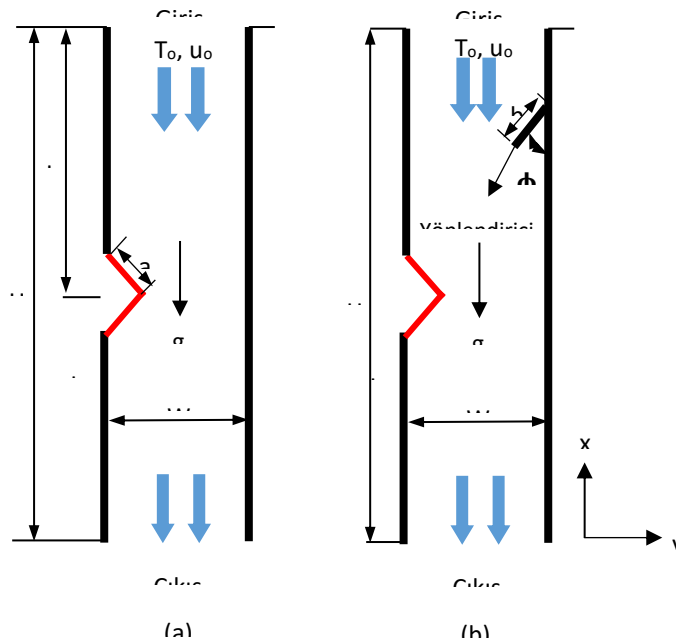
Akış Geçiş Mesafesi (AGM), kanal genişliğinin kanatçık uzunluğuna oranı olup aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$AGM = \frac{W}{b} \quad (12)$$

Burada, W kanal genişliği (m) ve b ise akış yönlendirici kanatçık uzunluğudur (m).

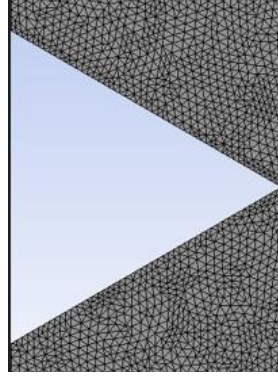
3. SAYISAL HESAPLAMA ALANI

Sayısal çözümlemede kullanılan hesaplama alanı Şekil 1 (a) ve (b)' de gösterilmektedir. Şekil 1 (a)' da akış yönlendirici kanatçığın olmadığı ve Şekil 1 (b)' de ise dikdörtgen kesitli kanalın sağ dikey yüzeyiyle farklı ϕ açısı yapan yönlendiricinin olduğu kanal kesiti sunulmaktadır. Çalışmada yapılan kabuller ve sınır şartları Tablo 1' de verilmektedir. Ayrıca, dikdörtgen kesitli dikey kanalın, birbirine paralel dik sol yüzeyine yerleştirilmiş olan eşkenar üçgen şekilli ve sabit ısı akısına sahip elektronik elemana çalışmada uygulanacak sınır koşulları Şekil 1 üzerinde de belirtilirken; kanallara ve kanatçığa ait boyutsal ölçüler Tablo 2' de sunulmaktadır. Bununla birlikte, sayısal hesaplamalarında kullanılan tetragonal (düzgün dörtyüzlü) ağ yapısı Şekil 2' de gösterilmektedir.



Şekil 1. Eşkenar üçgen engelli dikey bir kanalda karışık taşınımlı akış geometrisi

(a) Yönlendiricisiz (b) Yönlendirici kanatçıklı



Şekil 2. Çalışmada kullanılan ağ yapısı şeklinin görselleştirilmesi

Tablo 1. Çalışmada yapılan kabuller ve sınır şartları

a) Sürekli, iki boyutlu ve laminar akış hacmi kullanılmıştır
b) Sıkıştırılamaz akışkan olarak su kullanılmıştır
c) Akışkanın ısı özellikleri sabit olup, sıcaklıktan bağımsızdır
d) Dikey kanalın ve yönlendirici kanatçıkların yüzeyleri adyabatiktir
e) Kanalın çıkış basıncı, atmosfer basıncına eşit olarak alınmıştır ($P_c = P_{atm}$)
f) Kanalın çıkışındaki sıcaklık farkının ihmal edilebilecek kadar az miktarda olduğu kabul edilerek $\partial T / \partial y = 0$ olarak belirlenmiştir
g) Kanal, kanatçık ve üçgen yüzeylerinde kaymama sınır şartı olduğu ve bu nedenle bahsedilen yüzeylerde tüm hız bileşeni değerlerinin sıfır olduğu kabul edilmiştir.
h) Üçgen engel yüzeylerine kanaldaki Re ve Ri^* sayılarına bağlı olarak Gr^* sayısına karşılık gelen sabit ısı akısı uygulanmıştır.
i) Akışkanın kanala giriş sıcaklığı 293 K' dir.
j) Su için çalışılan $Re=100$ ' de akışkan giriş hızı 0,00201 m/s' dir.
k) Kanal girişinde "velocity inlet" ve çıkışında ise "pressure outlet" sınır şartı geçerlidir.
l) Dikey kanala aşağı yönlü yerçekimi ivmesi uygulanmıştır

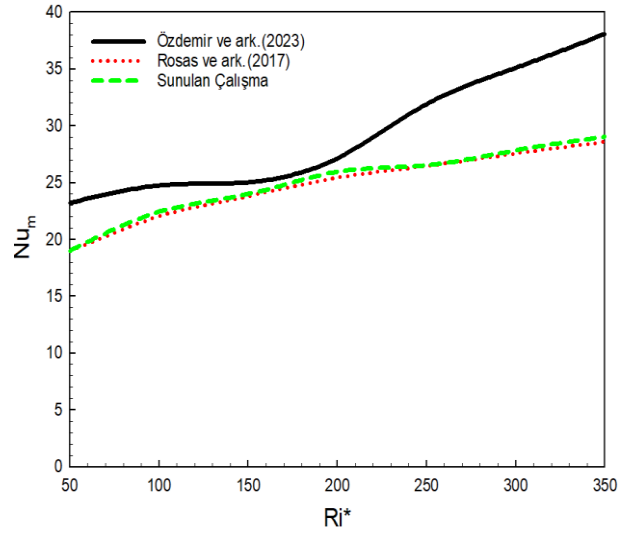
Tablo 2. Dikey kanala ve kanatçığa ait boyutsal ölçüler

Değişken	Ölçü (mm)
D	25
L	1000
W	50
H	1800
a	25
b	12,5 ve 25
ϕ	30°-60°

4. SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

Çalışmanın sonuçları, Rosas ve ark. (2017)' nin deneysel çalışması ile Özdemir ve ark. (2023) tarafından sonlu hacimler yöntemini kullanan FloEFD paket programıyla elde ettikleri sayısal

sonuçlarla Şekil 3 'de görüldüğü gibi karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan dikey kanalın yüksekliği 1,8 m ve genişliği ise 0,05 m iken; yarı silindirik engel üst kanal girişinden itibaren 1 m aşağıda tasarlanmıştır. Özdemir ve ark. (2023)' nın sayısal çalışmasıyla olan farklılıkların ağ sayısı ve yapısına bağlı olarak özellikle yüksek Ri^* sayılarında oluşan girdap bölgelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sunulan çalışma ile Rosas ve ark. (2017)' nın deneysel çalışmasının birbirleriyle oldukça uyumlu oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışmanın doğru ve kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3. Çalışmanın sonuçlarının doğrulanması

Sonuçların ağ sayısından bağımsızlığını sağlamak amacıyla engelin ortalama Nu sayısının (Nu_m) ağ sayısı ile değişimi incelenerek en uygun ağ sayısı belirlenmiştir. Bu amaçla, Nu sayısının Ri^* sayısına bağlı olarak ağ sayısı ile değişimi Tablo 3' de verilmiştir. Buna göre, 842285 adet ağ sayısının 1062252 adet ağ sayısı ile kıyaslandığında Nu_m sayısı değişimi %0,1' den daha az olduğundan 842285 adet ağ sayısının yönlendirici kanatçıksız kanal için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

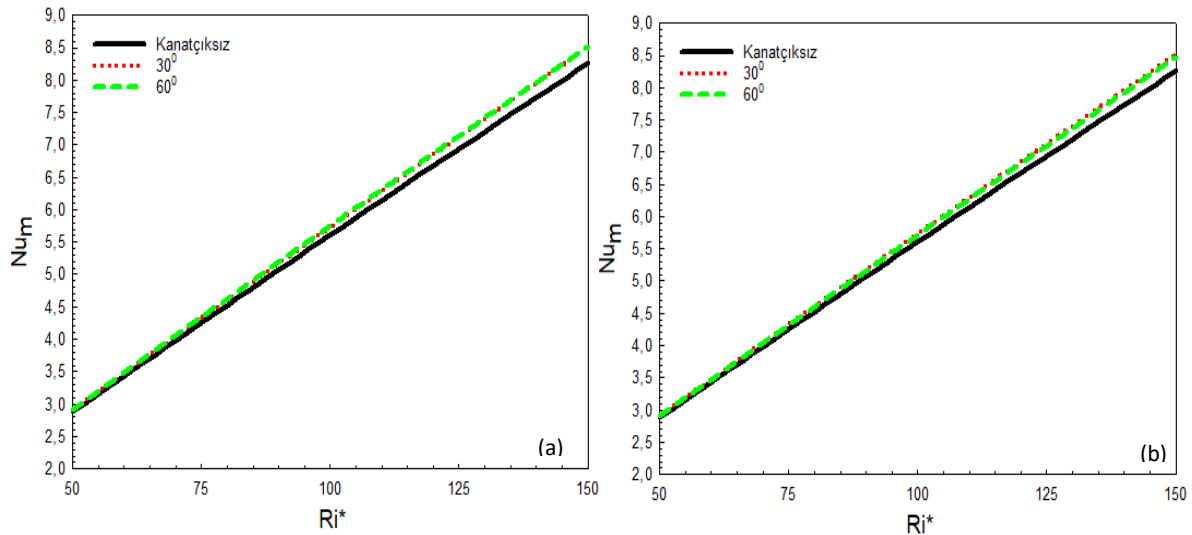
Tablo 3. Engelin ortalama Nu sayısının (Nu_m) ağ elemanı sayısına bağlı olarak Ri^* sayısı ile değişimi

Ağ sayısı	$Ri^*=50-Nu_m$	$Ri^*=100-Nu_m$	$Ri^*=150-Nu_m$
289071	2,82144	5,602417	8,247801
643624	2,88058	5,610262	8,257397
842285	2,88104	5,610547	8,257454
1062252	2,88105	5,610551	8,257425

5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

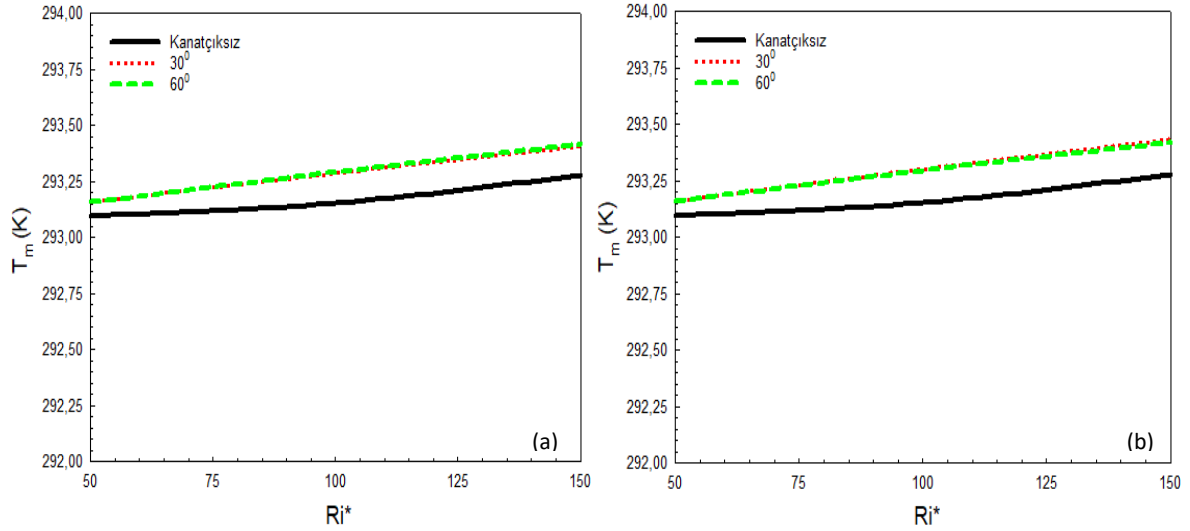
Şekil 4' de sol dikey yüzeyinde ısınmış bir üçgen engel bulunan bir kanalda kanatçıksız ve kanala dikey olarak sağ taraftaki yüzeyle 30° ve 60° açılarında akış yönlendirici kanatçık yerleştirilmiş durumda değiştirilmiş Richardson sayısı (Ri^*) ve akış geçiş mesafesine (AGM)

bağlı olarak ortalama Nu sayısının (Nu_m) değişimi gösterilmektedir. Ri^* sayısı, zorlanmış taşınımın doğal taşınımına göre önemini ifade etmektedir. Buna bağlı olarak, Ri^* sayısı arttıkça Gr sayısının artışına bağlı olarak Nu sayısı da artış sergilemektedir. Bununla birlikte, kanalın sağ yüzeyine yerleştirilen kanatçık akışı ısınmış engel üzerine yönlendirerek karışık taşınım etkilerinin artırılıp ısı transferi etkisinin artışı sağlanabilmektedir. Bu nedenle, kanatçıklı kanallarda her iki AGM oranı için de daha yüksek Nu_m sayısı değerlerine ulaşılabilir. AGM oranı 2 ve 60° açılı kanatçıklı durumda, AGM oranı 4 olan duruma göre yerçekimine ters yöndeki kaldırma kuvvetlerinin etkisiyle akış yönündeki zorlanmış taşınım etkilerine bağlı olarak oluşan karışık taşınım etkisinin ısı transferini artırıcı etkisi Nu_m sayısının daha fazla olmasını sağlamaktadır. 30° açılı kanatçıklı yönlendiricili durumda ise AGM oranı 4 olan kanatçıksız duruma göre ısı transferini artırıcı etkisi daha fazladır. $Ri^*=150$ için AGM=2 ve 60° açılı kanatçıklı durumda Nu_m sayısı, kanatçıksız durumdakine göre %3,13 daha fazla olmaktadır. Bunun yanı sıra, AGM' nin 4 olduğu durumda $Ri^*=100$ ve 30° açılı durumda kanatçıksız duruma göre Nu_m sayısının %2,34 daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



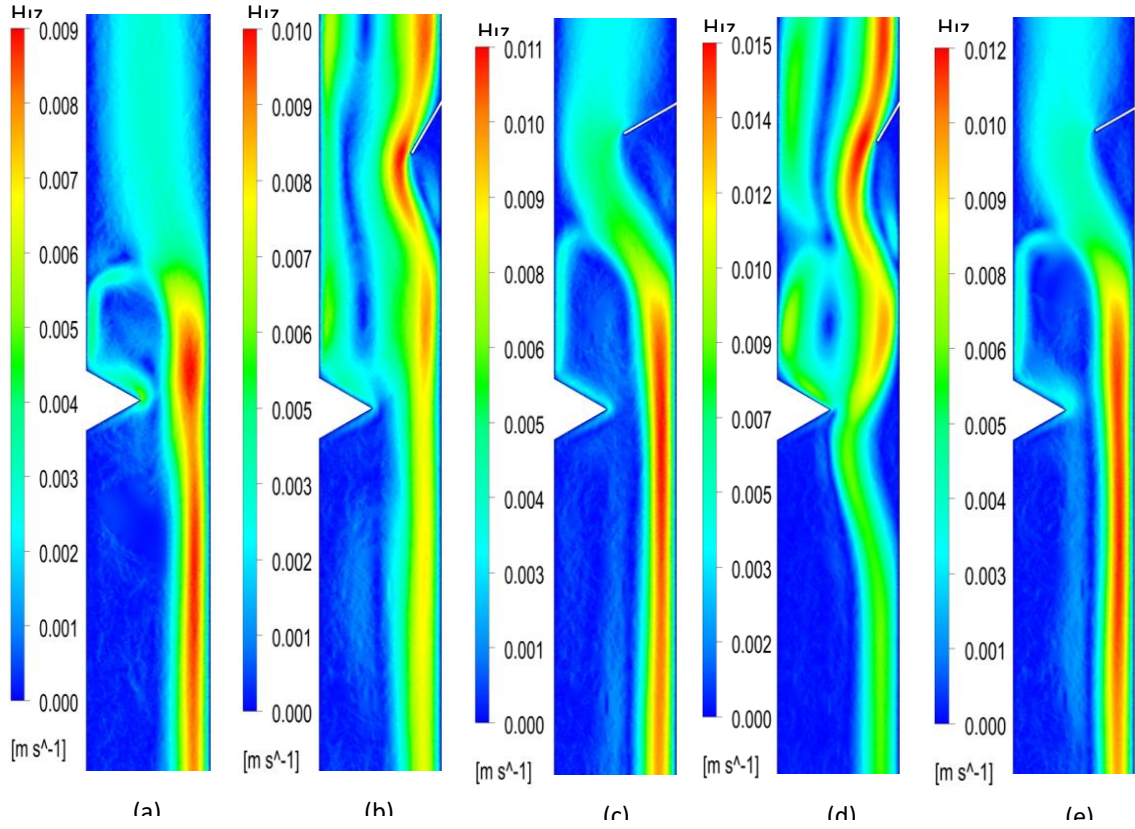
Şekil 4. Ortalama Nu sayısının (Nu_m) Ri^* sayısı, kanatçık açısı ve AGM oranına göre değişimi (a) AGM=2 (b) AGM=4

Kanal boyunca ortalama akışkan sıcaklıklarının (T_m), Ri^* sayısı, farklı akış yönlendirici kanatçık açıları ve AGM oranlarına göre değişimleri Şekil 5' de verilmektedir. Ri sayısının artmasıyla doğal taşınım akımlarının zorlanmış taşınımına baskın gelerek artması sonucu akışkana olan ısı transferi artmaktadır. Böylece, kanaldaki akışkan sıcaklıklarında artış görülmektedir. Bununla birlikte, kanatçıklı akış yönlendiricili durumlarda kanatçıksız kanallara göre daha yüksek akışkan sıcaklıkları elde edilirken; 60° açılı kanatçıklı kanallarda genel itibarıyla her iki AGM oranı için de ulaşılan akışkan sıcaklıkları daha yüksek olmaktadır. Ancak, AGM=4 için 30° kanatçık açılı durumda akışın kanalda engele yönlendirilmesi durumuna paralel olarak Ri^* sayısındaki artışla doğal taşınım akımlarının zorlanmış taşınımına göre daha baskın olması engel etrafında karışık taşınım etkilerini artırarak akışkan sıcaklığının daha yüksek olmasını sağlamıştır.



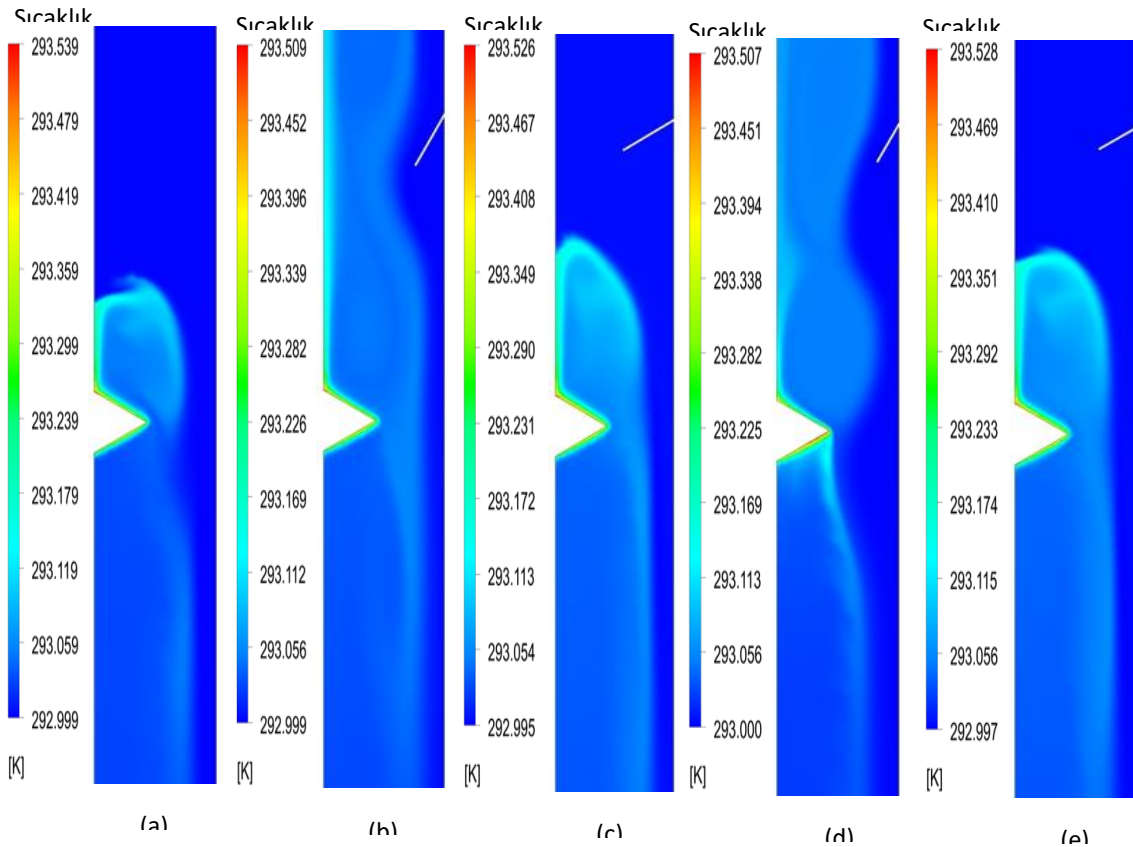
Şekil 5. Kanal boyunca ortalama akışkan sıcaklıklarının (T_m) Ri^* sayısı, kanatçık açısı ve AGM oranına göre değişimi (a) AGM=2 (b) AGM=4

Şekil 6’ da Ri^* sayısının 150 ve Reynolds sayısının 100 olduğu durumlar için (a) kanatçiksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, AGM=2 (c) $\phi=60^\circ$, AGM=2 (d) $\phi=30^\circ$, AGM=4 (e) $\phi=60^\circ$, AGM=4 şartlarında kanaldaki hız konturu dağılımları gösterilmektedir. Kanatçiksız kanalda kanalın üst kısmından giren akışkanın hızı azalarak devam ederken engelin olduğu kesitte, kesit daralmasından dolayı akışkan hızında artış olmaktadır. Bununla birlikte, üçgen engelin üst kısmında yüksek Ri sayısına bağlı olarak artan kaldırma kuvvetinin etkisiyle küçük bir girdap bölgesi oluşumu görülebilmektedir. Kanalın sağ üst tarafına 30° açılı ve AGM=2 olan kanatçık eklendiğinde kanala giren akışkanda ani kesit daralmasından ötürü kanatçığa yakın kısımlarda hız artışları olmaktadır. Akışkan, kanatçıkla daha düzenli bir şekilde engel kısmına doğru yönlendirilebildiğinden akış hızı kanatçiksız duruma göre daha düşük fakat akışkan geçişi homojendir. AGM=2 oranında olup ancak açı 60° ’ ye artırıldığında akışkan geçiş kesiti 30° açılı durumuna göre daha fazla daraldığından engel kısmında akış hızlanması artarken; ısınmış engelin üst kısmında kaldırma kuvvetlerine bağlı olarak daha geniş alana yayılmış bir girdap bölgesi oluşmaktadır. 30° açı değerinde AGM oranı 4’ e çıkarıldığında yani kanatçık uzunluğu azaltıldığında özellikle üçgen engele kadarki kanalın giriş bölgesinde akışta karışık fakat hızlanmanın olduğu kısımlar meydana gelmektedir. Aynı AGM oranında (AGM=4) açı değeri artırılarak 60° olduğunda ise kanal girişindeki hızlanmış akış bölgesinin şiddeti azalarak AGM=2’ ye benzer bir hız konturu dağılımı elde edilmektedir.



Şekil 6. Hız konturu dağılımları $Ri^*=150$ ve $Re=100$ (a) kanatçıksız kanal
(b) $\phi=30^\circ$, $AGM=2$ (c) $\phi=60^\circ$, $AGM=2$ (d) $\phi=30^\circ$, $AGM=4$ (e) $\phi=60^\circ$, $AGM=4$

(a) kanatçıksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, $AGM=2$ (c) $\phi=60^\circ$, $AGM=2$ (d) $\phi=30^\circ$, $AGM=4$ (e) $\phi=60^\circ$, $AGM=4$ için $Ri^*=150$ ve $Re=100$ değerlerinde karışık taşınımli kanaldaki sıcaklık konturu dağılımları Şekil 7' de sunulmaktadır. Kanatçıksız durumda özellikle üçgen engelin üst kısmında oluşan girdap bölgesine bağlı olarak akışkanda ve bu duruma paralel üçgen engelin üst yüzeyinde sıcaklık artmaktadır. 30° kanatçık açısı ve $AGM=2$ ' de akış hızlanmasına bağlı olarak hem kanal içindeki akışkanda hem de engel yüzeyinde soğuma artmaktadır. Aynı AGM oranında kanatçık açısı artırıldığında ise Ri^* sayısına bağlı kaldırma kuvvetleri zorlanmış taşınım baskın gelerek oluşan girdap bölgesi akışın kendi içinde hareketine sebep olarak engel etrafında daha sıcak akışkan bölgesi oluşturmaktadır. Bu durum da engelden olan ısı transferini azaltmaktadır. $AGM=4$ ve 30° kanatçık açısında kanalın giriş bölgesinde meydana gelen karışık taşınım hareketiyle özellikle engelin üst yüzeyinde daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmektedir. Akış geçiş oranı aynı kalmak üzere ($AGM=4$) açısı artırılarak 60° olduğunda engelin üzerinde kaldırma kuvvetine bağlı oluşan girdap bölgesi, kanalın üst kısmından gelen zorlanmış akışkan hareketi tarafından baskılanamadığından engel yüzeylerinde sıcaklıklar artmaktadır.



Şekil 7. Sıcaklık konturu dağılımları $Ri^*=150$ ve $Re=100$ (a) kanatçıksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, AGM=2 (c) $\phi=60^\circ$, AGM=2 (d) $\phi=30^\circ$, AGM=4 (e) $\phi=60^\circ$, AGM=4

6. GENEL DEĞERLENDİRME SONUÇLAR

Çalışmadan ulaşılan sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Ri^* sayısı arttıkça Gr sayısının artışına bağlı olarak Nu sayısı da artış sergilemektedir.
- AGM oranı 2 ve 60° açılı kanatçıklı durumda, AGM oranı 4 olan duruma göre yerçekimine ters yöndeki kaldırma kuvvetlerinin etkisiyle akış yönündeki zorlanmış taşınım etkilerine bağlı olarak oluşan karışık taşınım etkisinin ısı transferini artırıcı etkisi Nu_m sayısının daha fazla olmasını sağlamaktadır.
- 30° açılı kanatçıklı yönlendiricili durumda ise AGM oranı 4 olanın kanatçıksız duruma göre ısı transferini artırıcı etkisi daha fazladır.
- $Ri^*=150$ için AGM=2 ve 60° açılı kanatçıklı durumda Nu_m sayısı, kanatçıksız durumdakine göre %3,13 daha fazla olmaktadır.
- AGM' nin 4 olduğu durumda $Ri^*=100$ ve 30° açılı durumda kanatçıksız duruma göre Nu_m sayısının %2,34 daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

- Ri sayısının artmasıyla doğal taşınım akımlarının zorlanmış taşınım baskın gelerek artması sonucu akışkana olan ısı transferi artmaktadır. Böylece, kanaldaki akışkan sıcaklıklarında artış görülmektedir.

- Kanatçıklı akış yönlendiricili durumlarda kanatçıksız kanallara göre daha yüksek akışkan sıcaklıkları elde edilirken; 60° açılı kanatçıklı kanallarda genel itibariyle her iki AGM oranı için de ulaşılan akışkan sıcaklıkları daha yüksek olmaktadır.

- $AGM=4$ için 30° kanatçık açılı durumda akışın kanalda engele yönlendirilmesi durumuna paralel olarak Ri^* sayısındaki artışla doğal taşınım akımlarının zorlanmış taşınım göre daha baskın olması engel etrafında karışık taşınım etkilerini artırarak akışkan sıcaklığının daha yüksek olmasını sağlamıştır.

Hız konturu dağılımı incelendiğinde;

-Üçgen engelin üst kısmında yüksek Ri sayısına bağlı olarak artan kaldırma kuvvetinin etkisiyle küçük bir girdap bölgesi oluşumu görülebilmektedir.

Kanalın sağ üst tarafına 30° açılı ve $AGM=2$ olan kanatçık eklendiğinde kanala giren akışkanda ani kesit daralmasından ötürü kanatçığa yakın kısımlarda hız artışları olmaktadır.

- $AGM=2$ oranında olup ancak açı 60° ye artırıldığında akışkan geçiş kesiti 30° açılı durumuna göre daha fazla daraldığından engel kısmında akış hızlanması artarken; ısınmış engelin üst kısmında kaldırma kuvvetlerine bağlı olarak daha geniş alana yayılmış bir girdap bölgesi oluşmaktadır.

- 30° açı değerinde AGM oranı 4' e çıkarıldığında yani kanatçık uzunluğu azaltıldığında özellikle üçgen engele kadarki kanalın giriş bölgesinde akışta karışık fakat hızlanmanın olduğu kısımlar meydana gelmektedir.

-Aynı AGM oranında ($AGM=4$) açı değeri artırılarak 60° olduğunda ise kanal girişindeki hızlanmış akış bölgesinin şiddeti azalarak $AGM=2$ ye benzer bir hız konturu dağılımı elde edilmektedir.

Sıcaklık konturu dağılımına bakıldığında ise;

-Kanatçıksız durumda özellikle üçgen engelin üst kısmında oluşan girdap bölgesine bağlı olarak akışkanda ve bu duruma paralel üçgen engelin üst yüzeyinde sıcaklık artmaktadır.

- 30° kanatçık açısı ve $AGM=2$ de akış hızlanmasına bağlı olarak hem kanal içindeki akışkanda hem de engel yüzeyinde soğuma artmaktadır.

-Aynı AGM oranında kanatçık açısı artırıldığında ise Ri^* sayısına bağlı kaldırma kuvvetleri zorlanmış taşınım baskın gelerek oluşan girdap bölgesi akışın kendi içinde hareketine sebep olarak engel etrafında daha sıcak akışkan bölgesi oluşturmaktadır. Bu durum da engelden olan ısı transferini azaltmaktadır.

-AGM=4 ve 30° kanatçık açısında kanalın giriş bölgesinde meydana gelen karışık taşınım hareketiyle özellikle engelin üst yüzeyinde daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmektedir.

-Akış geçiş oranı aynı kalmak üzere (AGM=4) açısı artırılarak 60° olduğunda engelin üzerinde kaldırma kuvvetine bağlı oluşan girdap bölgesi, kanalın üst kısmından gelen zorlanmış akışkan hareketi tarafından baskılanamadığından engel yüzeylerinde sıcaklıklar artmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) birimi tarafından STBMYO-2024-005 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Alnak, D.E., Karabulut, K. Investigation of heat transfer increment in electronic system surfaces by different air jet impingement applications, Journal of Engineering Thermophysics, 33 (1), 161-185, (2024).

Auletta A., Manca O., Morrone B., Naso V., Heat transfer enhancement by the chimney effect in a vertical isoflux channel, International Journal of Heat and Mass Transfer, 44 (22), 4345–4357, (2001).

Boutina L., Bessaïh R., Numerical simulation of mixed convection air cooling of electronic components mounted in an inclined channel, Applied Thermal Engineering, 31 (11-12), 2052-2062, (2011).

Choi, C.Y., Ortega, A. Mixed convection in an inclined channel with a discrete heat source, International Journal of Heat and Mass Transfer 36, 3119-3134, (1993).

Forooghi P., Hooman K., Effect of buoyancy on turbulent convection heat transfer in corrugated channels a numerical study, International Journal of Heat and Mass Transfer, 64, 850–862, (2013).

Hamouche, A., Bessaïh, R. Mixed convection air cooling of electronic components mounted in a horizontal channel, International Journal of Theoretical and Applied Mechanics 3, 53-64, (2008).

Jang J.H., Yan W.M., Mixed convection heat and mass transfer along a vertical wavy surface, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47 (3), 419-428, (2004).

Lee J.S., Ha M.Y., Min J.K., Numerical study on the mixed convection around inclined-pin fins on a heated plate in vertical channels with various bypass ratios, *Case Studies in Thermal Engineering*, 27, 101310, (2021).

Papanicolaou, E., Jaluria, Y. Mixed convection from a localized heat source in a cavity with conducting walls: a numerical study, *Numerical Heat Transfer, Part A* (23), 463-484, (1993).

Rosas, I.Y., Trevino, C., Martinez-Suastegui, L. Experimental study of mixed convection heat transfer in a vertical channel with a one-sided semicylindrical constriction with prescribed heat flux, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 67, 155-167, 2017.

Özdemir, S., Kılıç, M., Çalışır, T., Başkaya, Ş. Numerical investigation of enhancing mixed convection heat transfer by using semicylindrical obstacles in a vertical channel, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38 (3), 1805-1820, (2023).

Zhang W., Wei Y., Yu P., Zhu Z., Numerical investigation on buoyancy-driven flow over a circular cylinder in a channel with nonparallel walls, *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 82 (6), 299-316, (2022).

ELEKTRONİK BİLEŞENLERDEN KARIŞIK TAŞINIM İLE ISI TRANSFERİNDE AKIŞ YÖNLENDİRİCİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF THE FLOW DIRECTOR EFFECT ON HEAT TRANSFER BY MIXED CONVECTION FROM ELECTRONIC COMPONENTS

Doç. Dr. Koray KARABULUT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Elektrik ve Enerji Bölümü, Sivas, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0001-5680-0988

kkarabulut@cumhuriyet.edu.tr-koray.karabulut@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Yeliz ALNAK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü,
Sivas, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0003-4383-3806

ytas@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET

Günümüzde enerjinin etkin bir biçimde kullanılmasıyla ısı ve akış uygulamalarında yeni yaklaşımlarla geliştirilmiş ekipmanların verimliliklerinin artırılarak, işletme maliyetleri düşük, doğaya duyarlı ve güvenliği yüksek ürünler geliştirilmesi çalışmaları yoğunlaşmıştır. Elektronik eleman öğelerinin soğutulması durumunda pratikte birçok ısı yayan bileşen dizileri dikey veya eğimli paralel plaka kanallarına konumlandırılmaktadır. Bu çalışmada, dikey bir kanal içerisinde eşkenar üçgen şekilli iki adet engel elemanının karışık taşınım ile ısı transferi ve kanal içerisindeki akış karakteristikleri sayısal olarak irdelenmiştir. Akışın kanal içerisinde bulunan ısınmış engel elemanına yönlendirilmesinin ve karışık taşınım etkisinin iyileştirilmesi amacıyla kanal içerisine üst giriş kısmından 30°, 45° ve 60° açılı akış yönlendirici kanatçık yerleştirilmiştir. Sayısal inceleme, zamandan bağımsız, laminar ve iki boyutlu olarak süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin Ansys-Fluent bilgisayar programı kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Dikey kanaldaki eşkenar üçgen şekilli elektronik engel elemanlarına sabit ısı akışı uygulanırken, kanalın diğer yüzeyleri ve akış yönlendiriciler ise adyabatiktir. Kanalda kullanılan su akışkanı sıkıştırılamaz olup, kanala giriş sıcaklığı 293 K' dir. Çalışma, Reynolds sayısının (Re) 500 değeri, değiştirilmiş Richardson sayısının (Ri*) 50-200 ve AGM (Akış Geçiş Oranı)'nın 3,33 ve 4 aralığındaki değerleri için gerçekleştirilmiştir. İki engel arası mesafe sabit alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki deneysel ve sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların birbirleriyle uyumlu oldukları belirlenmiştir. Sonuçlar, Ri* sayısına bağlı olarak farklı AGM oranları için kanala yerleştirilen açılı akış yönlendirici kanatçıkların ısınmış engellerin ortalama Nu sayıları (Nu_m) ve kanal boyunca ortalama akışkan sıcaklıkları (T_m) üzerindeki etkileri açısından araştırılmıştır. Ayrıca, incelenen

iki farklı AGM ve $Ri^*=200$ için kanatçiksız ve kanatçıklı durumlarda dikey kanallardaki hız ve sıcaklık konturu dağılımları detaylı bir şekilde incelenmiştir. $Ri^*=200$ ve AGM=3,33 için 30° açılı durumda kanatçiksız duruma göre Nu_m sayısının %5,61 daha fazla olduğu ve AGM=4 olduğunda Nu_m sayısı için bu değerin %5,82' ye çıktığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karışık taşınım, Üçgen engel, Isı transferi, Akış yönlendirici, Kanatçık.

ABSTRACT

Nowadays, efforts to develop products with low operating costs, environmental friendliness, and high safety by increasing the efficiency of equipment in heat and flow applications by using energy effectively have intensified. In this study, mixed convection heat transfer and flow characteristics of two equilateral triangular-shaped obstacle elements in a vertical channel were numerically investigated. To direct the flow to the channel's heated obstacle element and improve the mixed convection effect, 30° , 45° and 60° angled flow director fin was placed in the channel from the upper entrance. Using the Ansys-Fluent computer program, numerical analysis was carried out by solving steady, laminar and two-dimensional continuity, momentum and, energy equations. While constant heat flux is applied to the equilateral triangle-shaped electronic barrier elements in the vertical channel, other surfaces of the channel and flow directors are adiabatic. The water fluid used in the channel is incompressible and the entrance temperature to the channel is 293 K. The study was carried out for Reynolds number (Re) of 500, modified Richardson number (Ri^*) of 50-200 and FPR (Flow Passage Ratio) values of 3.33 and 4. The results obtained from the study were compared with the experimental and numerical results in the literature and it was determined that the results were compatible with each other. The results were investigated in terms of the effects of angled flow directors placed in the channel for different FPR ratios depending on the Ri^* number, on the mean Nu numbers of heated obstacles (Nu_m) and mean fluid temperatures (T_m) along the channel. In addition, the velocity and temperature contour distributions in vertical channels were examined in detail for the two different FPRs and examined $Ri^*=200$ in cases without and with fins. It was determined that for $Ri^*=200$ and FPR=3.33, the Nu_m number was 5.61% higher in the 30° angle case than in the case without fins, and when FPR=4, this value increased to 5.82% for the Nu_m number.

Keywords: Mixed convection, Triangle obstacle, Heat transfer, Flow director, Fin.

1. GİRİŞ

Bilim adamlarının bugün yaptığı son araştırmalara göre dünyadaki enerji tüketimindeki artış, teknolojinin ilerlemesiyle her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, fosil yakıt tüketimindeki hakimiyet ve süreklilik çevresel yıkım ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Bu nedenle, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyacını kontrol altına almak ve enerjiyi daha verimli kullanmak için bazı yöntemler geliştirmektedir (Kurşun ve ark. 2024).

Elektronik bileşenlerin soğutulması, daha hızlı, daha küçük ve daha güvenilir sistemlerin gelişmesinin sağlanması bakımından oldukça önemlidir. Böylece, cihazdan elde edilen verimlilik artarken; bu durum zaman ve maddi açıdan kazanç elde edilmesine sebep olacaktır. Bununla birlikte, elektronik bileşenlerin ısı transferi uygulamalarında, ısı yayan bileşen dizileri dikey veya eğimli paralel plaka kanallarına yerleştirilmektedir.

Bunun yanı sıra, kanal içi akış ve ısı transferi uygulamalarında doğal ve zorlanmış taşınımın birlikte uygulandığı karışık taşınım uygulamaları son zamanlarda araştırmacılar ve uygulamacılar tarafından yoğun olarak değerlendirilen tasarımlar arasında yer almaktadır. Karışık taşınım ile ısı transferi üzerine yapılan araştırmalar, ısı eşanjörleri, kimyasal işleme ekipmanları, güneş enerjisi toplayıcılarının ve elektronik soğutma vb. gibi uygulamalar birçok mühendislik alanında giderek daha fazla ilgi görmektedir. Böylece, ısınmış olan bileşenler tarafından etrafındaki akışkan ile olan sıcaklık farkına dayalı olarak gerçekleşen doğal taşınım ile ısı transferinin engellenmeden zorlanmış taşınım ile desteklenerek ısı transferi artırılabilir.

Literatürde bir kanalda karışık taşınım ile ısı transferi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bunlardan birinde, ısı kaynağı içeren bir kanal için laminar zorlanmış akışın, doğal, karışık ve zorlanmış taşınım bölgeleri boyunca kaldırma kuvveti kaynaklı doğal konveksiyon hareketi üzerindeki etkileri Choi ve Ortega tarafından sayısal olarak incelenmiştir (Choi ve Ortega, 1993). Sonuçlar, ısı kaynağının ortalama Nusselt (Nu) sayısının eğim açısına büyük ölçüde bağlı olduğunu göstermiştir. Papanicolaou ve Jaluria, (1993) yalıtılmış ve sabit değerde bir ısı kaynağı içeren dikdörtgensel bir sistemdeki karışık taşınımı incelemiştir. Auletta ve ark. (2001) dik olarak konumlanmış ve simetrik olarak ısıtılan aşağı yönlü akışı olan bir kanalda adyabatik olarak genişlemenin ısı transferi üzerindeki etkilerini sayısal olarak analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda kanaldaki uzama ve genişleme miktarlarına göre ısı transferinde %10-20 arasında bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Eğimli bir kanalda laminar akış şartlarında birbirine eş iki ısı kaynağının karışık taşınım ile soğutulması Boutina ve Bessaih, (2011) tarafından değerlendirilmiştir. Isı kaynağı ölçüleri ve aralarındaki uzaklığın yanında kanal eğiminin de ısı transferine belirgin etkileri olduğu saptanmıştır. Forooghi ve Hooman, (2013) türbülanslı akışın olduğu iki dalgalı plaka arasında kaldırma kuvvetlerinin de etkisini dikkate alarak ısı transferini sayısal olarak irdilemişlerdir. Çalışmalarında kaldırma kuvvetlerinin ısı transferi üzerinde değişen etkisini gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmada, eşkenar üçgen geometrili ve iki sıralı ısınmış elektronik bileşenlerin karışık taşınım akışıyla ısı transferi sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal inceleme, zamandan bağımsız, laminar ve iki boyutlu olarak enerji ve momentum denklemlerinin Ansys-Fluent bilgisayar programının kullanılarak çözülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Üst tarafından su girişi olan ve üst giriş sağ kısmından 30°, 45° ve 60° açılı akış yönlendiricili dikey akışlı olarak tasarlanmış bir kanal içerisine yerleştirilen eşkenar üçgen şekilli iki adet elektronik elemana sabit ısı akısı uygulanırken ($882,373 \text{ W/m}^2$ - $3529,49 \text{ W/m}^2$), kanalın diğer yüzeyleri ve akış yönlendiriciler ise adyabatiktir. Kullanılan su akışkanını sıkıştırılamaz olup, kanala giriş sıcaklığı 293 K' dir. Çalışmada kullanılan Reynolds sayısı (Re) değeri 500, değiştirilmiş Richardson sayısı (Ri*)

aralığı 50-200, AGM (Akış Geçiş Oranı) = W/a (kanal genişliği/kanatçık uzunluğu) aralığı ise 3,33 ve 4 olarak tasarlanmıştır. Richardson sayısına bağlı olarak farklı AGM oranları için kanala yerleştirilen açılı akış yönlendirici kanatçıkların engellerin toplam ortalama Nu sayıları (Nu_m) ve akışkan sıcaklıkları (T_m) üzerindeki etkisinin değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, incelenen iki farklı AGM, $Re=500$ ve $Ri^*=200$ için kanatçıksız ve kanatçıklı durumlarda hız ve sıcaklık konturu dağılımları görselleştirilerek detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2. SAYISAL YÖNTEM

Kanalın üst girişinden üniform olarak sabit u_0 hızı ile gönderilen akışkan akımı sonucu meydana gelen zorlanmış taşınım ile ısınmış olan elektronik elemanlardan kaldırma kuvvetinin etkisiyle oluşan doğal taşınım akımlarıyla birlikte karışık taşınım oluşmaktadır. Kanalın girişinden itibaren yerleştirilen akış yönlendirici kanatçıklarla, hem akışkanın ısınmış elektronik engel elemanlarına doğru yönlendirilmesi; hem de kanalın orta kısmında akışın hızlandırılarak zorlanmış taşınım hareketleriyle daha iyi bir karışık taşınım akımı oluşturulması planlanmıştır.

Kanaldaki karışık taşınımlı ısı transferinin çözümünde Ansys-Fluent programı kullanılmıştır. Ayırıklaştırma yöntemi olarak momentum denklemleri için “Second Order Upwind” yöntemi tercih edilmiştir. Sayısal çözümlerin yakınsaması için yakınsama kriteri momentum denklemi için 10^{-6} ve enerji denklemi için 10^{-7} olarak alınmıştır.

Bu çalışmada ele alınan akışın, zamandan bağımsız, sıkıştırılamaz, iki boyutlu ve laminar olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada, dikey olarak konumlandırılan kanalda yer çekimi kuvveti aşağı yönlü olarak modellenirken; kaldırma kuvvetinin etkisi de hesaba katılmıştır.

Kartezyen koordinatlarda zamandan bağımsız, sıkıştırılamaz akış için süreklilik, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri aşağıda verilmiştir (Özdemir ve ark., (2023)).

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (2)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \nabla^2 v - \rho g \quad (3)$$

Enerji denklemi

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] \quad (4)$$

Çalışmada kullanılan boyutsuz sayılardan değiştirilmiş Grashof sayısı (Gr^*), Richardson sayısı (Ri^*) ve Reynolds sayısı (Re) aşağıdaki eşitliklerde sunulmuştur.

$$Gr^* = \frac{g\beta\dot{q}D^4}{kv^2} \quad (5)$$

$$Ri^* = \frac{Gr^*}{Re^2} \quad (6)$$

$$Re = \frac{u_o D}{v} \quad (7)$$

Burada, g yerçekimi ivmesi (m/s^2), β ısı genleşme katsayısı ($1/K$), $\dot{q}$ ısı akısı (W/m^2), k ısı iletim katsayısı (W/mK), v kinematik viskozite (m^2/s)' dir.

Elektronik engel elemanların yüzeylerindeki ortalama ısı taşınım katsayısı Eş. (8), Nusselt sayısı (Nu) ise Eş. (9) vasıtasıyla hesaplanacaktır.

$$h = \frac{\dot{q}}{(T_e - T_o)} \quad (8)$$

Nu sayısı, taşınım ısı geçişinin iletimle ısı geçişine oranı olarak değerlendirilir.

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = h(T_e - T_o) \text{ ve } Nu = \frac{h 2a}{k} \quad (9)$$

Ortalama ısı taşınım katsayısı (h_m)

$$h_m = \frac{1}{2a} \int_0^{2a} h da \quad (10)$$

Ortalama Nu sayısı (Nu_m) Eş. 8 ile hesaplanmaktadır.

$$Nu_m = \frac{\dot{q}D}{k(T_e - T_o)} = \frac{h_m 2a}{k} \quad (11)$$

Bu eşitliklerde, $\dot{q}$ ısı akısı, u_o dikey kanalın üst kısmından giren akışkanın hızı (m/s), T_e ısınmış engelin ortalama sıcaklığı iken T_o , su akışkanının kanal girişindeki sıcaklığıdır (K). a akışkanla temasta olan eşkenar üçgen şekilli yüzeyin karakteristik uzunluğu (m) ölçüsü iken; u ve v kartezyen koordinatlarda akışkanın x ve y yönlerindeki hızlarıdır (m/s). k akışkanın ısı iletim katsayısı (W/mK), h yüzey üzerindeki yerel ısı taşınım katsayısı (W/m^2K), n ise yüzeye dik yöndür.

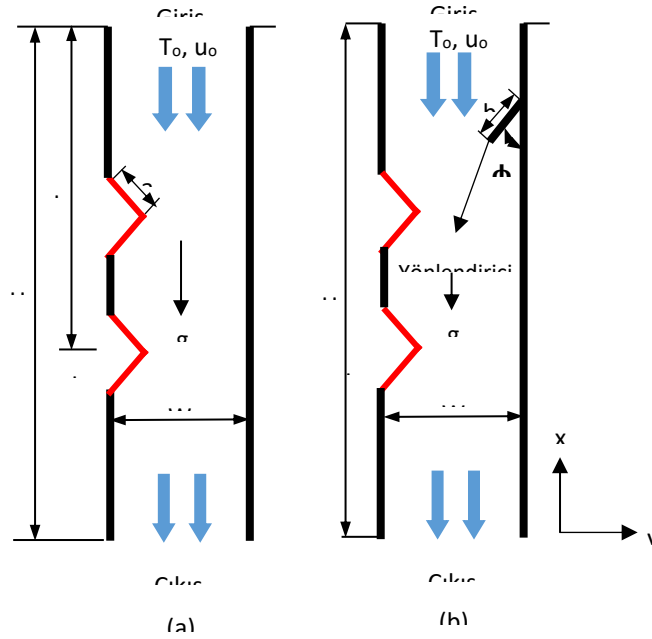
Akış Geçiş Mesafesi (AGM), kanal genişliğinin kanatçık uzunluğuna oranı olup aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$AGM = \frac{W}{b} \quad (12)$$

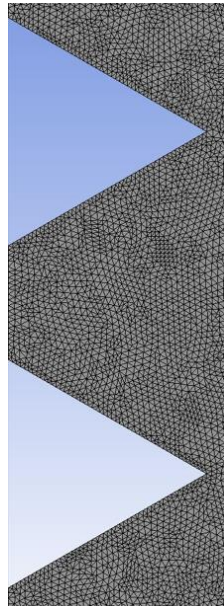
Burada, W kanal genişliği (m) ve b ise akış yönlendirici kanatçık uzunluğudur (m).

3. SAYISAL HESAPLAMA ALANI

Sayısal çözümlemede kullanılan hesaplama alanı Şekil 1 (a) ve (b)' de gösterilmektedir. Şekil 1 (a)' da akış yönlendirici kanatçığın olmadığı ve Şekil 1 (b)' de ise dikdörtgen kesitli kanalın dikey yüzeyleriyle farklı ϕ açısı yapan yönlendiricinin olduğu kanal kesiti sunulmaktadır. Çalışmada yapılan kabuller ve sınır şartları Tablo 1' de verilmektedir. Ayrıca, dikdörtgen kesitli dikey kanalın, birbirine paralel dik sol yüzeyine yerleştirilmiş olan iki adet eşkenar üçgen şekilli ve sabit ısı akısına sahip elektronik elemanlara çalışmada uygulanacak sınır koşulları Şekil 1 üzerinde de belirtilirken; kanallara ve kanatçığa ait boyutsal ölçüler Tablo 2' de sunulmaktadır. Bununla birlikte, sayısal hesaplamalarında kullanılan tetragonal (düzgün dört yüzlü) ağ yapısı Şekil 2' de gösterilmektedir.



Şekil 1. Sol yüzeyinde ikili eşkenar üçgen engeller bulunan dikey bir kanalda karışık taşınım akış geometrisi (a) Yönlendirici kanatçıksız (b) Açılı yönlendirici kanatçıklı



Şekil 2. Çalışmada kullanılan ağ yapısı şeklinin görselleştirilmesi

Tablo 1. Çalışmada yapılan kabuller ve sınır şartları

a) Sürekli, iki boyutlu ve laminar akış hacmi kullanılmıştır
b) Sıkıştırılamaz akışkan olarak su kullanılmıştır
c) Akışkanın ısı özellikleri sabit olup, sıcaklıktan bağımsızdır
d) Dikey kanalın ve yönlendirici kanatçıkların yüzeyleri adyabatiktir
e) Kanalın çıkış basıncı, atmosfer basıncına eşit olarak alınmıştır ($P_c = P_{atm}$)
f) Kanalın çıkışındaki sıcaklık farkının ihmal edilebilecek kadar az miktarda olduğu kabul edilerek $\partial T / \partial y = 0$ olarak belirlenmiştir
g) Kanal, kanatçık ve eşkenar üçgen yüzeylerinde kaymama sınır şartı olduğu ve bu nedenle bahsedilen yüzeylerde tüm hız bileşeni değerlerinin sıfır olduğu kabul edilmiştir.
h) Üçgen engel yüzeylerine kanaldaki Re ve Ri^* sayılarına bağlı olarak Gr^* sayısına karşılık gelen sabit ısı akısı uygulanmıştır.
i) Akışkanın kanala giriş sıcaklığı 293 K' dir.
j) Su için çalışılan $Re=500$ ' de akışkan giriş hızı 0,010048 m/s' dir.
k) Kanal girişinde “velocity inlet” ve çıkışında ise “pressure outlet” sınır şartı geçerlidir.
l) Dikey kanala aşağı yönlü yerçekimi ivmesi uygulanmıştır

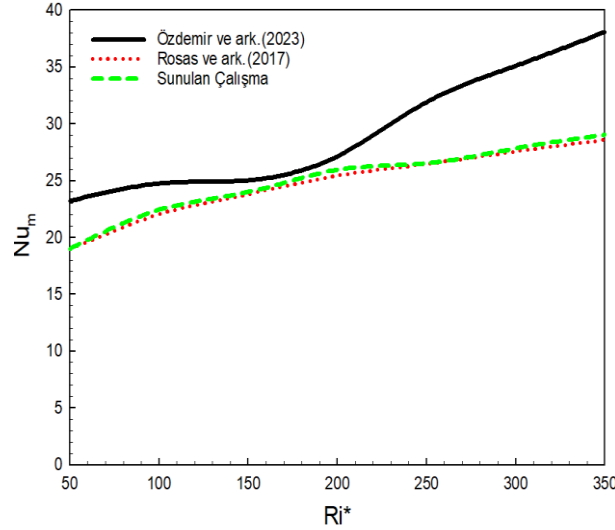
Tablo 2. Dikey kanala ve kanatçıga ait boyutsal ölçüler

Değişken	Ölçü (mm)
D	25
L	1000
W	50
H	1800
a	25
b	15 ve 12,5
ϕ	30°, 45° ve 60°

4. SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

Çalışmanın sonuçları, Rosas ve ark. (2017)' nin deneysel çalışması ile Özdemir ve ark. (2023) tarafından sonlu hacimler yöntemini kullanan FloEFD paket programıyla elde ettikleri sayısal sonuçlarla Şekil 3 'de görüldüğü gibi karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan dikey kanalın yüksekliği 1,8 m ve genişliği ise 0,05 m iken; yarı silindirik engel üst kanal girişinden itibaren 1 m aşağıda tasarlanmıştır. Özdemir ve ark. (2023)' nin sayısal çalışmasıyla olan farklılıkların ağ sayısı ve yapısına bağlı olarak özellikle yüksek Ri^* sayılarında oluşan girdap bölgelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sunulan çalışma ile Rosas ve ark. (2017)' nin deneysel

çalışmasının birbirleriyle oldukça uyumlu oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışmanın doğru ve kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3. Çalışmanın sonuçlarının doğrulanması

Sonuçların ağ sayısından bağımsızlığını sağlamak amacıyla engellerin toplam ortalama Nu sayısının (Nu_m) ağ sayısı ile değişimi incelenerek en uygun ağ sayısı belirlenmiştir. Bu amaçla, Nu sayısının Ri^* sayısına bağlı olarak ağ sayısı ile değişimi Tablo 3' de verilmiştir. Buna göre, 864184 adet ağ elemanı sayısının 1089870 adet ağ sayısı ile karşılaştırıldığında Nu_m sayısı değişimi %0,1' den daha az olduğundan; 864184 adet ağ elemanı sayısının akış yönlendirici kanatçısız kanal için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

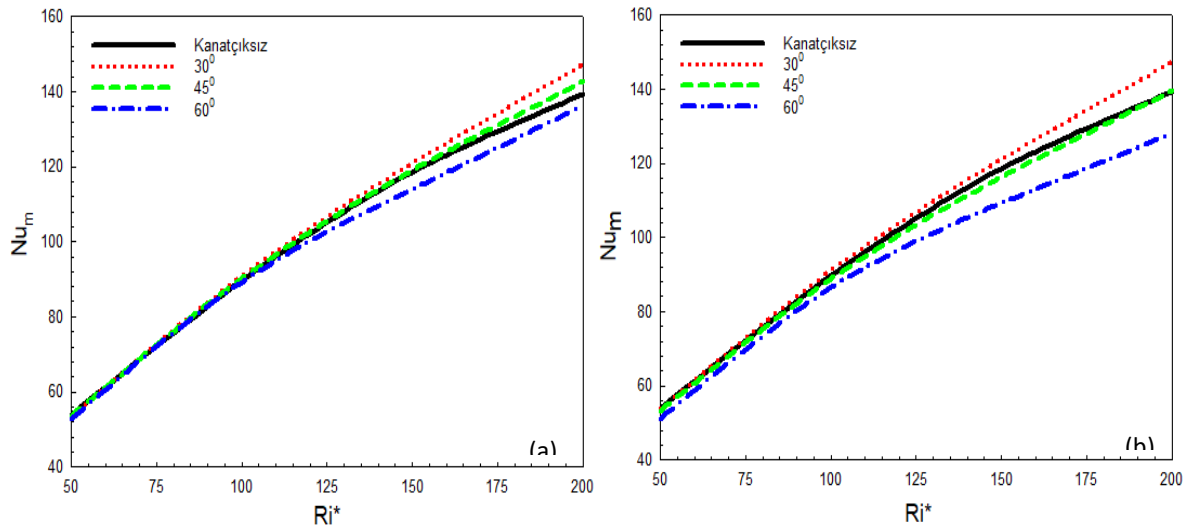
Tablo 3. Engelin ortalama Nu sayısının (Nu_m) ağ elemanı sayısına bağlı olarak Ri^* sayısı ile değişimi

Ağ sayısı	$Ri^*=50-Nu_m$	$Ri^*=100-Nu_m$	$Ri^*=150-Nu_m$	$Ri^*=200-Nu_m$
296586	2,84524	5,542147	8,147842	10,58475
660358	2,86051	5,558578	8,148538	10,59916
864184	2,86142	5,558741	8,145724	10,59947
1089870	2,87145	5,558745	8,145724	10,59987

5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

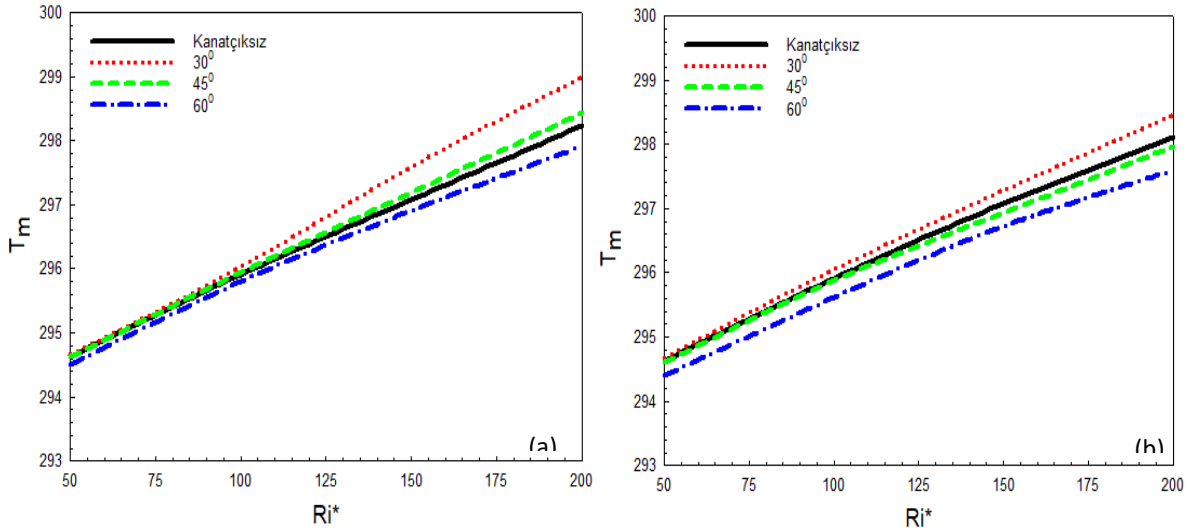
Şekil 4' de sol dikey yüzeyinde ikili ısınmış eşkenar üçgen engeller bulunan karışık taşınım hareketli dikey bir kanaldaki toplam ortalama Nu sayılarının (Nu_m), farklı AGM (akış geçiş mesafesi) oranları ((a) $AGM=3,33$ (b) $AGM=4$), Ri^* sayıları ve kanalın sağ dikey yüzeyine yerleştirilen akış yönlendirici kanatçıkların farklı açıları için değişimleri gösterilmektedir. Her iki akış geçiş mesafesi (AGM) oranı için doğal taşınımın zorlanmış taşınımına göre oranını temsil eden Ri^* sayısının artırılmasıyla Nu_m sayısının arttığı Şekil 4' den görülebilmektedir. Bununla birlikte, kanalın üst kısmından giren akışkan ısınmış engel elemanlarına yönlendirilerek

kanaldaki karışık taşınım hareketlerinin artırılmasının da sağlanmasıyla Nu_m sayısının artırılması amaçlanmasına rağmen özellikle 60° açılı kanatçıklı durumda belirgin bir şekilde akışın kanal içindeki yönlenmesine bağlı olarak oluşan girdaplardan ötürü kanatçıksız duruma göre daha düşük olduğu görülebilmektedir. Yüksek Ri^* sayılarında görülen bu durum; doğal taşınım karşı baskın olamayan zorlanmış taşınım sonucu kanalda karışık taşınım oluşmaması nedeniyle özellikle engel etrafında oluşan girdaplar nedeniyledir. Bununla birlikte, 30° açılı kanatçıklı durumda 45° ve 60° açılı durumlara göre kanal içerisinde akışın yönlenmesine bağlı olarak daha yüksek Nu_m sayısı değerleri elde edilebilmektedir. $Ri^*=200$ ve $AGM=3,33$ için 30° açılı durumda kanatçıksız duruma göre Nu_m sayısı %5,61 daha fazladır. $AGM=4$ olduğunda Nu_m sayısı için bu değer %5,82' ye çıkmaktadır. Bununla birlikte, $Ri=150$ de 60° açılı kanatçıklı durumda kanatçıksız durumla kıyaslandığında AGM ' nin 3,33 ve 4 değerlerinde sırasıyla Nu_m sayısının %3,99 ve %8,46 daha az olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin; alt engel etrafında oluşan akışkan hareketinin üst engel tarafından engellenmesi nedeniyle doğal taşınım etkilerinin tam olarak görülememesinden kaynaklandığı öngörülmektedir.



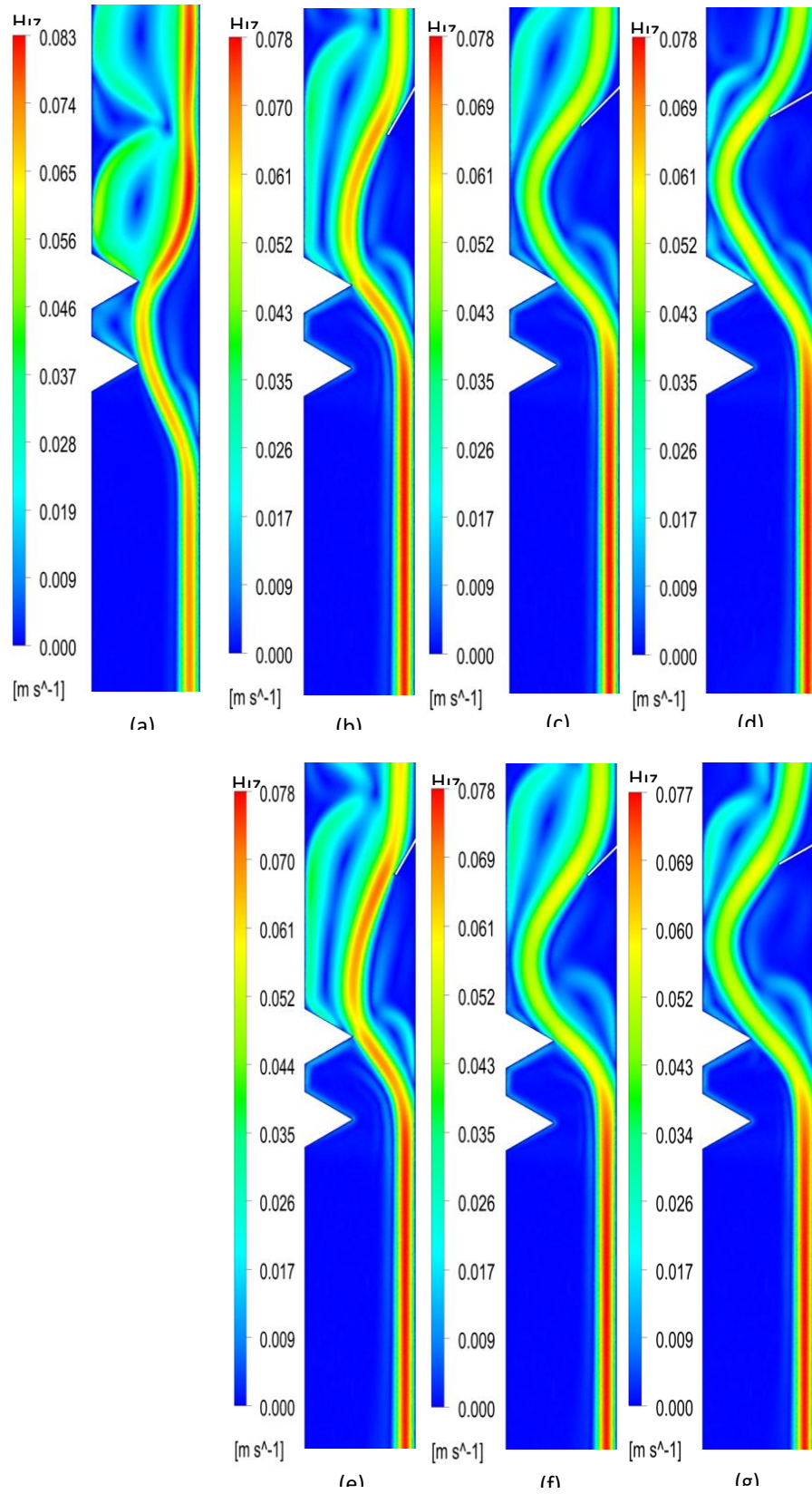
Şekil 4. Toplam ortalama Nu sayısının (Nu_m) Ri^* sayısı, kanatçık açısı ve AGM oranına göre değişimi (a) $AGM=3,33$ (b) $AGM=4$

Dikey kanal boyunca soğutucu akışkanın ortalama sıcaklık değişimleri (T_m), Ri^* sayısına bağlı olarak farklı AGM oranları ve kanala yerleştirilen yönlendirici kanatçığın açı durumlarına göre değerlendirilmesi Şekil 5' de sunulmaktadır. Kanatçığın açısının 60° değerine çıkarılmasıyla kanal içerisinde doğal taşınım akımlarının da zorlanmış taşınım akımlarına üstün gelmesi sayesinde engeller etrafında oluşan girdaplar, ısı transferini azaltarak akışkan sıcaklığının kanatçıksız duruma göre azalmasına sebep olmaktadır. $AGM=4$ için 60° yönlendirici kanatçık açısı durumunda sıcaklıktaki azalma daha da artmaktadır. 45° lik açı durumunda $AGM=3,33$ değerinde akışkana olan ısı transferi sonucu sıcaklık değerleri Ri^* sayısına bağlı olarak artsa da AGM ' nin 4 olduğu değer için kanatçıksız durumdan daha düşük değerler almaktadır. Açı (ϕ) değerinin 30° olması durumunda ise engeller etrafında oluşan akışkan hareketi, Ri^* sayısının artışına bağlı olarak kaldırma kuvvetleri etkisinin artmasıyla kanatçıksız duruma göre T_m ' nin daha yüksek olmasını sağlamaktadır. AGM ' nin 4 değeri için ise sıcaklıktaki bu artış miktarı daha sınırlıdır.

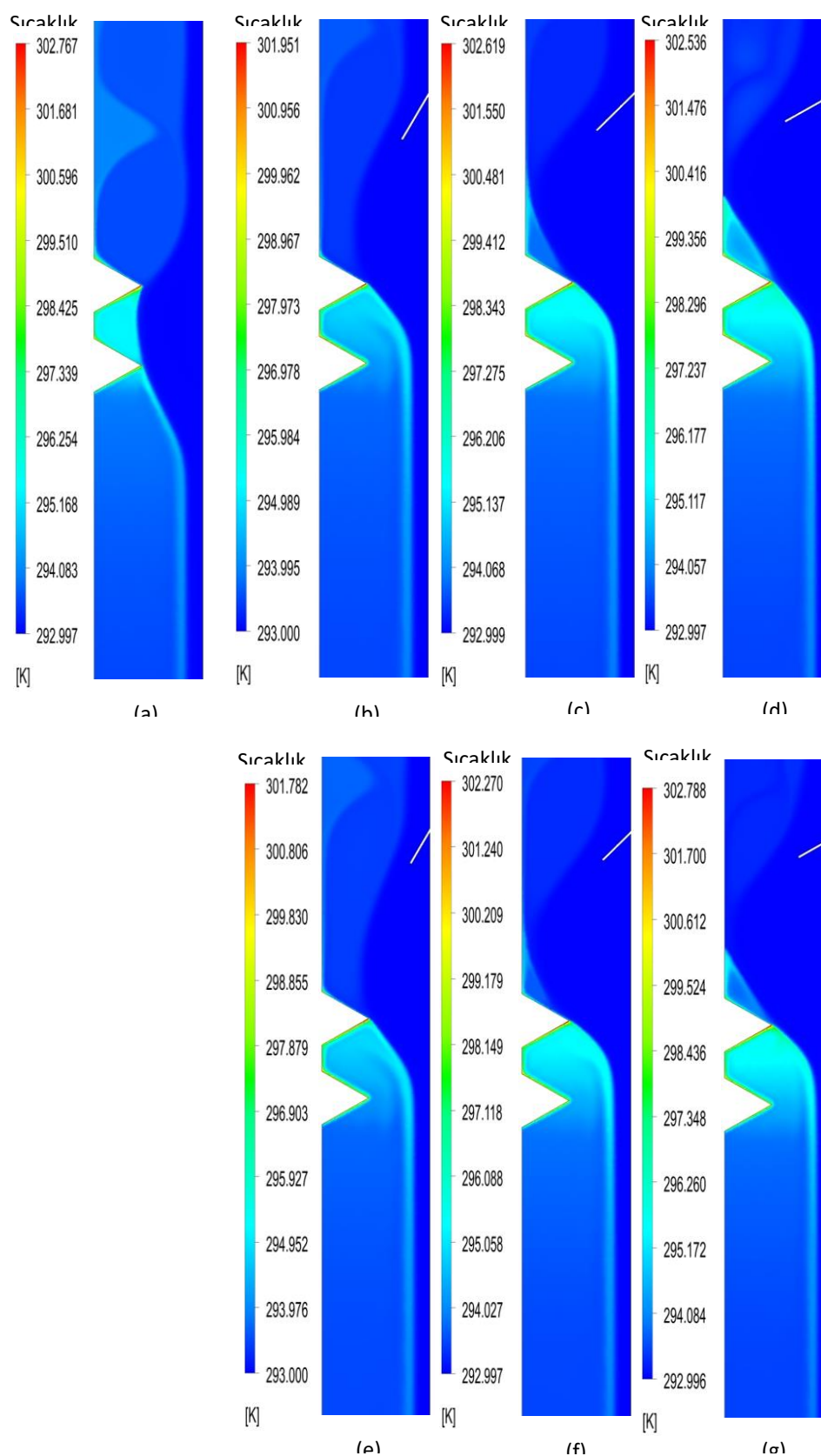


Şekil 5. Kanal boyunca ortalama akışkan sıcaklığının (T_m) Ri^* sayısı, kanatçık açısı ve AGM oranına göre değişimi (a) AGM=3,33 (b) AGM=4

Şekil 6' da $Ri^*=200$ ve $Re=500$ için farklı açı ve AGM oranlarında (a) kanatçiksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, AGM=3,33 (c) $\phi=45^\circ$, AGM=3,33 (d) $\phi=60^\circ$, AGM=3,33 (e) $\phi=30^\circ$, AGM=4 (f) $\phi=45^\circ$, AGM=4 (g) $\phi=60^\circ$, AGM=4 kanallardaki akışkanın hız konturu dağılımları verilmektedir. Kanatçiksız durumda üst engel ve engeller arasında oluşan girdap hareketleri nedeniyle akışkanın kanalın sağ dikey yüzeyine doğru yönlendirilerek hızında artış sağlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, üst engel etrafında doğal taşınım akımları sonucu oluşan girdaplar nedeniyle akışkan içerisinde kendi içerisinde bir sirkülasyon hareketi başlamasının bu yönlendirmede etkili olduğu söylenebilir. Kanala kanatçık eklenmesiyle kanalın sağ dikey yüzeyine yönlendirilen bu akışkan hareketinin engellere doğru yönlendirilerek doğal taşınım sonucu oluşan girdapların baskılanması ve böylece engeller etrafında akışkanın hareketlenmesi sağlanabilmektedir. Ancak, 60° kanatçık açısı durumunda engeller arasında oluşan girdap hareketleri yerçekimi yönünde olan zorlanmış taşınım etkilerini baskılayarak akışkan hareketliliğinin azalmasına sebep olmaktadır. AGM=4 olduğunda özellikle engel aralarındaki yüzeylerde akışkanın hareketliliği sağlanabilmektedir. Çünkü, akışkanın akışına etki eden kanatçığın uzunluğu azalırken; akış kanalında aktığı geçiş mesafesi artmaktadır. Bu durum da engel etrafında oluşan girdap alanlarının küçülmesini sağlarken; bu konudaki en büyük etki 30° lik açı durumunda görülebilmektedir. 30° lik açı durumunda kanal içerisinde zorlanmış taşınım etkileri, doğal taşınım etkilerine baskın gelerek engeller etrafında ve aralarında akışkan hareketlendirilebilmektedir.



Şekil 6. Hız konturu dağılımları $Ri^*=200$ ve $Re=500$ (a) kanatçıksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, $AGM=3,33$ (c) $\phi=45^\circ$, $AGM=3,33$ (d) $\phi=60^\circ$, $AGM=3,33$ (e) $\phi=30^\circ$, $AGM=4$ (f) $\phi=45^\circ$, $AGM=4$ (g) $\phi=60^\circ$, $AGM=4$



Şekil 7. Sıcaklık konturu dağılımları $Ri^*=200$ ve $Re=500$ (a) kanatçıksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, $AGM=3,33$ (c) $\phi=45^\circ$, $AGM=3,33$ (d) $\phi=60^\circ$, $AGM=3,33$ (e) $\phi=30^\circ$, $AGM=4$ (f) $\phi=45^\circ$, $AGM=4$ (g) $\phi=60^\circ$, $AGM=4$

Kanal boyunca akışkanın sıcaklık konturu dağılımları, Ri^* ve Re sayılarının sırasıyla 200 ve 500 değerlerinde farklı açı ve akış geçiş mesafesi (AGM) oranları için (a) kanatçıksız kanal (b) $\phi=30^\circ$, $AGM=3,33$ (c) $\phi=45^\circ$, $AGM=3,33$ (d) $\phi=60^\circ$, $AGM=3,33$ (e) $\phi=30^\circ$, $AGM=4$ (f) $\phi=45^\circ$, $AGM=4$ (g) $\phi=60^\circ$, $AGM=4$ Şekil 7’ de sergilenmektedir. Doğal taşınım hareketleri sonucu oluşan girdap hareketlerinin engeller arasında yoğunlaşması, akışkanda ve engel yüzeyinde sıcaklık artışlarına sebep olmaktadır. Kanala akış yönlendirici kanatçık eklenmesiyle doğal taşınım kaynaklı oluşan girdapların etkisinin azaltılarak karışık taşınım etkilerinin artırılması hedeflenmektedir. Sıcaklık konturu dağılımlarından da görülebildiği gibi her iki AGM oranında da 30° açı durumunda engeller etrafındaki ısınmış sıcak akışkan bölgesinin daha sınırlı olduğu görülebilmektedir. Bu durum da bu açı değerinde ($\phi=30^\circ$) engeller arasında ve etrafında oluşan akışkan hareketliliğinin ve buna bağlı olarak karışık taşınım etkilerinin daha iyi ve etkin olduğu sonucuna varmamızı sağlayabilmektedir.

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Doğal ve zorlanmış taşınım etkilerinin birlikte oluşturdukları karışık taşınım etkileri sonucu ısı transferi artışı etkisinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Her iki akış geçiş mesafesi (AGM) oranı için doğal taşınımın zorlanmış taşınımına göre oranını temsil eden Ri^* sayısının artırılmasıyla Nu_m sayısı artmaktadır.
- Özellikle 60° açılı kanatçıklı durumda belirgin bir şekilde akışın kanal içindeki yönelmesine bağlı olarak oluşan girdaplardan ötürü kanatçıksız duruma göre Nu_m sayısı daha düşüktür.
- 30° açılı kanatçıklı durumda 45° ve 60° açılı durumlara göre kanal içerisinde akışın yönelmesine bağlı olarak daha yüksek Nu_m sayısı değerleri elde edilebilmektedir.
- $Ri^*=200$ ve $AGM=3,33$ için 30° açılı durumda kanatçıksız duruma göre Nu_m sayısı %5,61 daha fazladır. $AGM=4$ olduğunda Nu_m sayısı için bu değer %5,82’ ye çıkmaktadır.
- $Ri=150$ ’ de 60° açılı kanatçıklı durumda kanatçıksız durumla kıyaslandığında AGM’ nin 3,33 ve 4 değerlerinde sırasıyla Nu_m sayısının %3,99 ve %8,46 daha az olduğu belirlenmiştir.
- Kanatçığın açısının 60° değerine çıkarılmasıyla kanal içerisinde doğal taşınım akımlarının da zorlanmış taşınım akımlarına üstün gelmesi sayesinde engeller etrafında oluşan girdaplar, ısı transferini azaltarak akışkan sıcaklığının kanatçıksız duruma göre azalmasına sebep olmaktadır.
- $AGM=4$ için 60° yönlendirici kanatçık açısı durumunda sıcaklıktaki azalma daha da artmaktadır.

- 45° lik aç ı durumunda $AGM=3,33$ değ erinde ak ışk ına olan ısı transferi sonucu sıcaklık değ erleri Ri^* say ısına bağlı olarak artsa da AGM ' nin 4 olduğ u değ er i Çin kanatıks ız durumdan daha d çüş k değ erler almaktadır.
- 30° lik aç ı değ erinde engeller etrafında oluşan ak ışkan hareketi Ri^* say ısının art ışına bağlı olarak kaldırma kuvvetleri etkisinin artmasıyla kanatıks ız duruma g re T_m ' nin daha y ksek olmasını sağlamaktadır. AGM ' nin 4 değ eri için ise sıcaklıktaki bu art ıř miktar ı daha sınırlıdır.

Hız konturu dağ ılım ı incelendiğ inde;

- Kanatıks ız durumda st engel ve engeller arasında oluşan girdap hareketleri nedeniyle ak ışkanın kanalın sağ dikey y zeyine doç ru y önlenerek hız ında art ıř sağ landığ ı g r ölmektedir.
- Kanala kanatçık eklenmesiyle kanalın sağ dikey y zeyine y nlenen bu ak ışkan hareketinin engellere doç ru y önlenerek doç al taşınım sonucu oluşan girdapların baskılanması ve b öylece engeller etrafında ak ışkanın hareketlenmesi sağ lanabilmektedir.
- 60° kanatçık aç ısı durumunda engeller arasında oluşan girdap hareketleri yerçekimi y n nde olan zorlanmış taşınım etkilerini baskılayarak ak ışkan hareketliliğ inin azalmasına sebep olmaktadır.

- $AGM=4$ olduğ unda özellikle engel aralarındaki y zeylerde ak ışk ında hareketlilik sağ lanabilmektedir.

- 30° lik aç ı durumunda kanal içerisinde zorlanmış taşınım etkileri, doç al taşınım etkilerine bask ın gelerek engeller etrafında ve aralarında ak ışkan hareketlendirilebilmektedir.

Sıcaklık konturu dağ ılımları irdelendiğ inde ise;

- Doç al taşınım hareketleri sonucu oluşan girdap hareketlerinin engeller arasında yoğ unlaşması, ak ışk ında ve engel y zeyinde sıcaklık art ışlarına sebep olmaktadır.
- Kanala ak ıř y nlendirici kanatçık eklenmesiyle doç al taşınım kaynaklı oluşan girdapların etkisinin azalt ılarak kar ışık taşınım etkilerinin artırılması hedeflenmektedir.
- Her iki AGM oranında da 30° aç ı durumunda engeller etrafındaki ıs ınm ıř sıcak ak ışkan b lgesinin daha sınırl ı olduğ u g r lebilmektedir. Bu durum da engel ile sıcaklığ ı engelden daha d çüş k ak ışkan arasında ısı transferini artırıcı etki oluşurmaktadır.

TEşEKK R

Bu alışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) birimi tarafından STBMYO-2024-005 proje numaras ı ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Auletta A., Manca O., Morrone B., Naso V., Heat transfer enhancement by the chimney effect in a vertical isoflux channel, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44 (22), 4345–4357, (2001).

Boutina L., Bessaih R., Numerical simulation of mixed convection air cooling of electronic components mounted in an inclined channel, *Applied Thermal Engineering*, 31 (11-12), 2052-2062, (2011).

Choi, C.Y., Ortega, A. Mixed convection in an inclined channel with a discrete heat source, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 36, 3119-3134, (1993).

Forooghi P., Hooman K., Effect of buoyancy on turbulent convection heat transfer in corrugated channels a numerical study, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 64, 850–862, (2013).

Kurşun, B., Balta, M., Karabulut, K. Exploring the impact of inner and middle channel geometries on the melting rate of PCM-metal foam composition in a triplex tube heat exchanger, *Thermal Science and Engineering Progress*, 51, 102621, (2024).

Özdemir, S., Kılıç, M., Çalışır, T., Başkaya, Ş. Numerical investigation of enhancing mixed convection heat transfer by using semicylindrical obstacles in a vertical channel, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38 (3), 1805-1820, (2023).

Papanicolaou, E., Jaluria, Y. Mixed convection from a localized heat source in a cavity with conducting walls: a numerical study, *Numerical Heat Transfer, Part A* (23), 463-484, (1993).

Rosas, I.Y., Trevino, C., Martinez-Suastegui, L. Experimental study of mixed convection heat transfer in a vertical channel with a one-sided semicylindrical constriction with prescribed heat flux, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 67, 155-167, (2017).

SYNTHESIS, SPECTRAL CHARACTERIZATION, AND *IN VITRO* CYTOTOXIC ACTIVITY EVALUATION OF A NEW HALO-FUNCTIONALIZED SULFONYL HYDRAZONE COMPOUND

Asst. Prof. Eyüp BAŞARAN (ORCID: 0000-0002-7840-5919)

Batman University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and
Chemical Processing Technologies, Batman – Türkiye

E-mail: eyup.basaran@batman.edu.tr

+904882174289

Assoc. Prof. Senem AKKOÇ (ORCID: 0000-0002-1260-9425)

Süleyman Demirel University, Faculty of Pharmacy, Department of Basic Pharmaceutical
Sciences, Isparta –Türkiye

E-mail: senemakkoc@sdu.edu.tr (Responsible Author)

+902462110334

Abstract

In this study, we report the synthesis, spectral characterization, and *in vitro* cytotoxic activity evaluation of a novel halo-functionalized sulfonyl hydrazone compound. The synthesis was achieved through a multi-step reaction sequence, starting from readily available precursors and incorporating a halogen moiety to enhance biological activity. The structure of the synthesized compound was confirmed using various spectroscopic techniques, including Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Infrared (IR) spectroscopy, and elemental analysis. The compound's cytotoxic potential was assessed against A549 (lung carcinoma cell line) using the MTT assay. The results indicated that the halo-functionalized sulfonyl hydrazone exhibited significant cytotoxic effects, with IC₅₀ values comparable to those of standard chemotherapeutic agent cisplatin.

Introduction

Lung cancer remains one of the most prevalent and deadly malignancies worldwide, accounting for a significant portion of cancer-related deaths. Despite advances in early detection and treatment, the prognosis for lung cancer patients often remains poor. Lung cancer is broadly categorized into two main types: non-small cell lung cancer and small cell lung cancer, known for its rapid growth and early metastasis. Traditional treatment modalities have shown limited

efficacy. Consequently, there is an urgent need for novel therapeutic agents that can effectively target lung cancer cells while minimizing adverse effects. Recent research has focused on the development of small-molecule inhibitors, targeted therapies, and combination treatments to improve clinical outcomes. In this context, the exploration of new compounds with potent anticancer activity is crucial for advancing lung cancer treatment and improving patient survival rates.

Sulfonyl hydrazone compounds are typically generated through the condensation of sulfonyl hydrazides, which are derived from the interaction of sulfonyl chlorides with hydrazine hydrate, aldehydes, or ketones. Ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), methanol (CH_3OH), and tetrahydrofuran ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$) are common solvents in this process [1]. Recently, sulfonyl hydrazone derivatives have emerged as a frequently explored group of compounds for the discovery of novel biologically relevant molecules. Research has shown that these compounds exhibit a diverse array of pharmacological properties, including antibacterial, antioxidant, anticancer, antidepressant, and anticholinesterase activities against Alzheimer's disease [2-6].

In the pursuit of novel therapeutic agents for the treatment of lung cancer, the development of new chemical compounds with enhanced biological activity is of paramount importance. This study focuses on the synthesis, spectral characterization, and *in vitro* cytotoxic activity evaluation of a new halo-functionalized sulfonyl hydrazone compound. The halo-functionalization is intended to improve the compound's interaction with biological targets, potentially leading to increased anticancer efficacy. The synthesis was carried out through a multi-step reaction process, and the structure of the resulting compound was confirmed using advanced spectroscopic techniques such as NMR, IR, and elemental analysis. The biological activity of the compound was assessed through *in vitro* cytotoxicity assays against the A549 cell line.

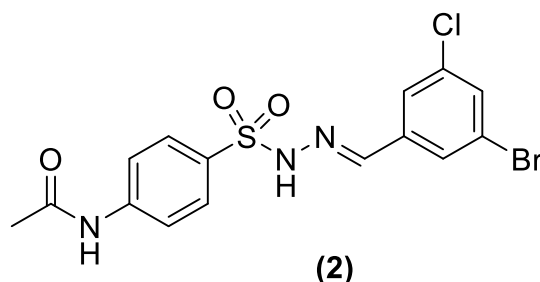
Experimental

Materials and Methods

All starting materials and solvents employed in this investigation were obtained from Sigma-Aldrich, Isolab, and Merck. The melting points of the sulfonylhydrazone compounds were assessed using a DMP-100 digital melting point apparatus without any adjustments. FT-IR spectrum was captured using a Perkin Elmer Spectrum 400 spectrometer equipped with Attenuated Total Reflectance (ATR). ^1H and ^{13}C NMR spectra were acquired on a Bruker Avance III 400 MHz spectrometer using DMSO-d_6 as the solvent and tetramethylsilane as the

internal standard at frequencies of 400 MHz and 100 MHz, respectively. Elemental analysis (C, H, N, and N) was performed using a Thermo Scientific Flash 2000 elemental analyzer.

***N*-(4-((2-(3-bromo-5-chlorobenzylidene)hydrazinyl)sulfonyl)phenyl)acetamide (2)**



The synthesis of the target compound was performed according to the procedure described in our previous study [6]. White solid, yield: 74%, m.p.: 215–216 °C. Elemental analysis for C₁₅H₁₃BrClN₃O₃S (430.70 g/mol), Calcd.: C, 41.83; H, 3.04; N, 9.76; S, 7.44%. Found: C, 41.99; H, 3.15; N, 9.45; S, 7.87%. FT-IR ($\nu_{\max}$) cm⁻¹: 3303, 3188 (N-H), 3078, 3064 (C-H), 1669 (C=O), 1591 (C=N), 1323 and 1166 (SO₂). ¹H NMR (DMSO-*d*₆): δ 11.75 (s, 1H, SO₂NH), 10.35 (s, 1H, CONH), 7.86 (s, 1H, CH=N), 7.82 – 7.73 (m, 6H, ArH), 7.62 (s, 1H, ArH), and 2.07 (s, 3H, CH₃) ppm. ¹³C NMR (DMSO-*d*₆): δ 169.53 (C=O), 144.05 (C=N), 143.91, 138.00, 135.13, 132.69, 132.21, 131.24, 128.93, 128.36, 125.82, 123.18, 119.06 (ArC) and 24.60 (CH₃) ppm.

FT-IR spectrum of compound 2 is given below (Figure 1).

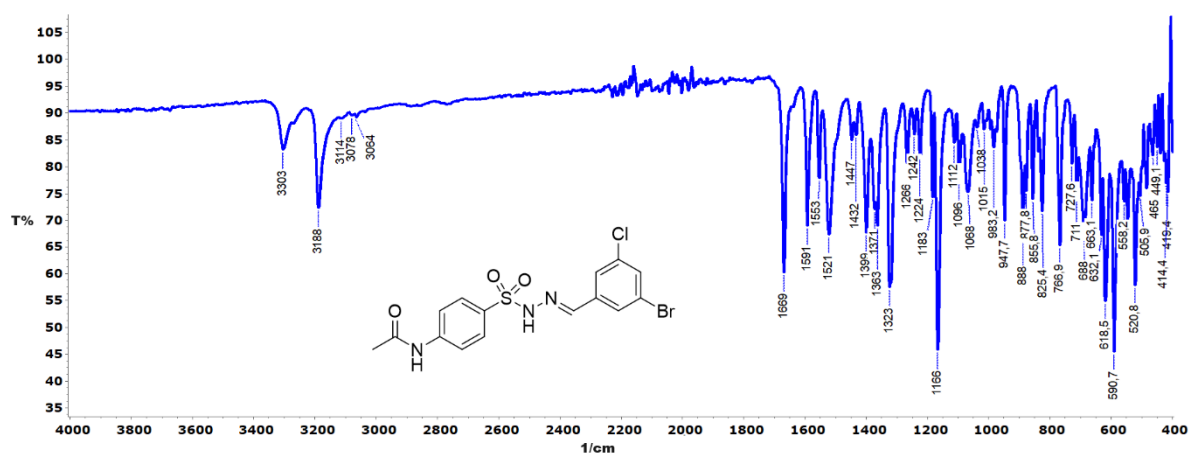


Figure 1. FT-IR spectrum of compound 2

^1H NMR spectrum of compound **2** is given below (Figure 2).

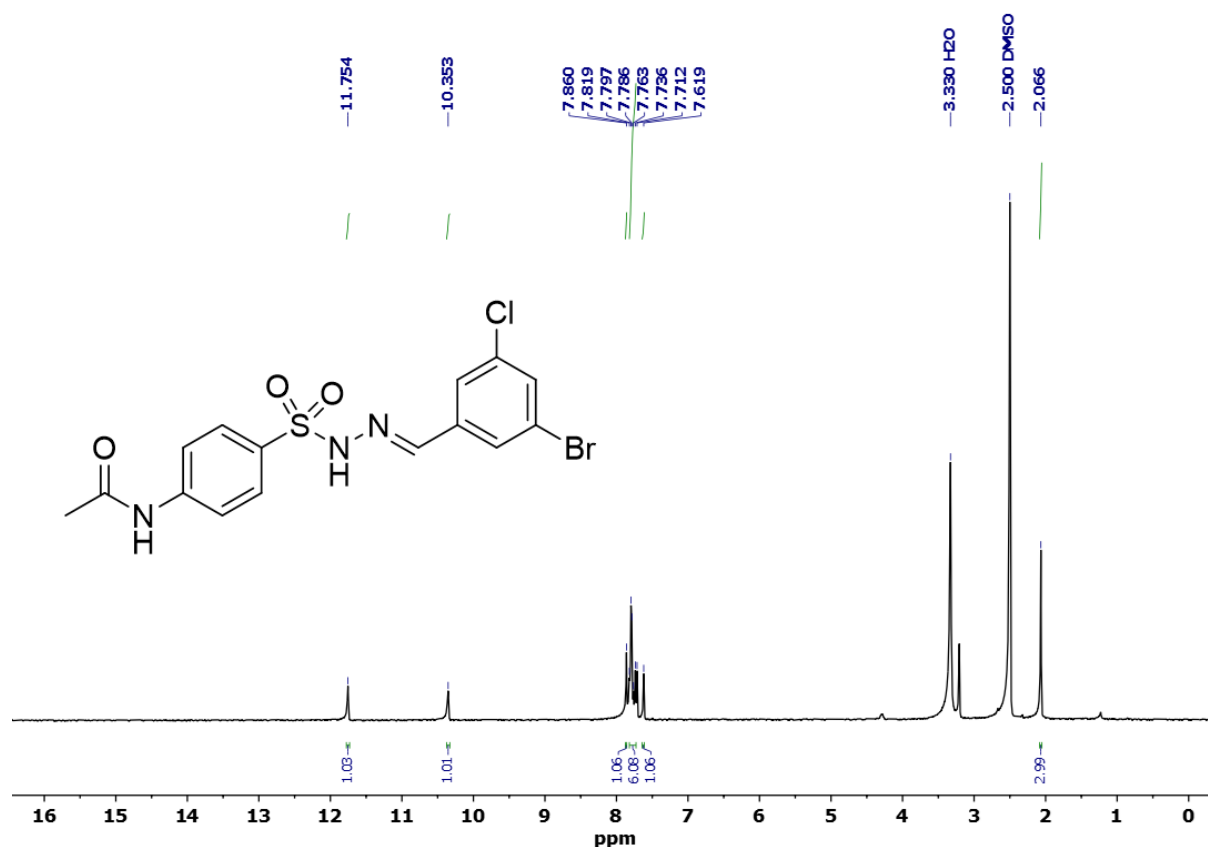


Figure 2. ^1H NMR spectrum of compound **2**

^{13}C NMR spectrum of compound **2** is given below (Figure 3).

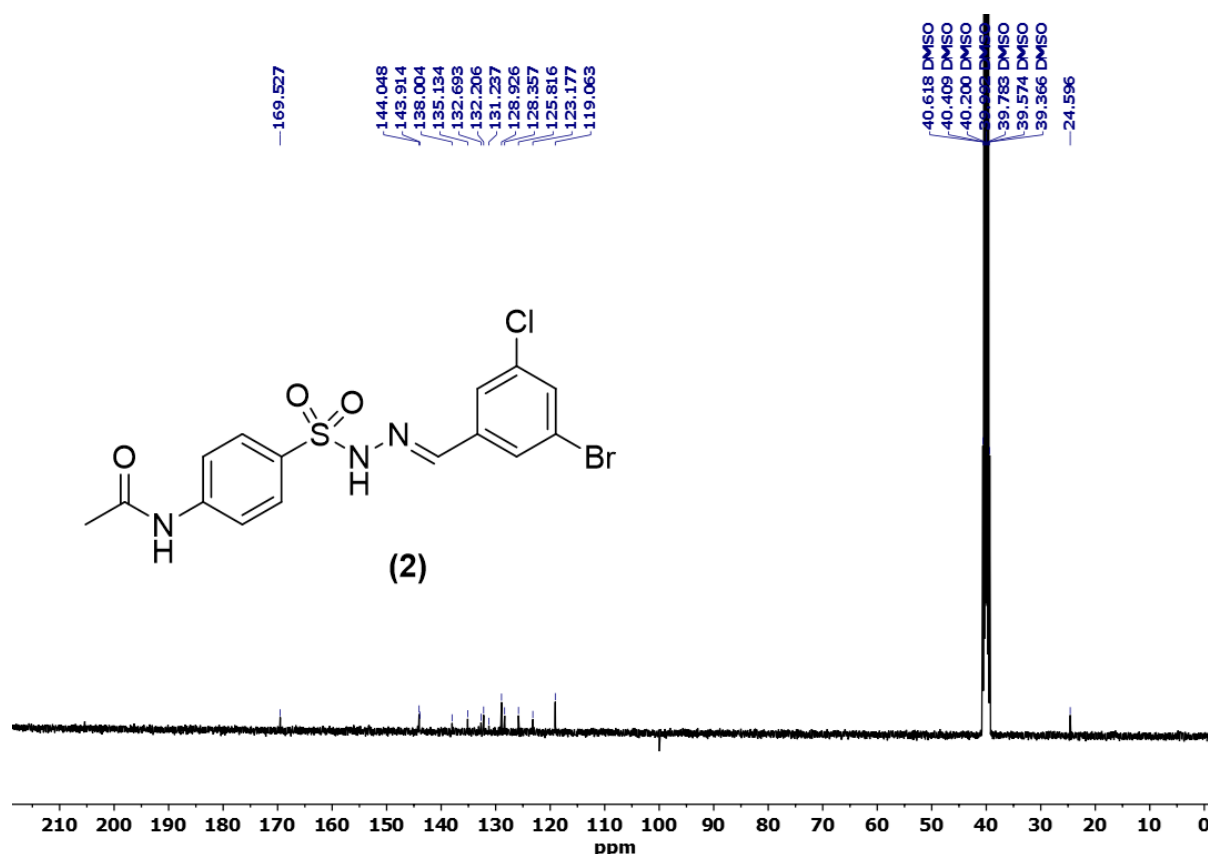


Figure 3. ¹³C NMR spectrum of compound 2

The cytotoxic activity studies

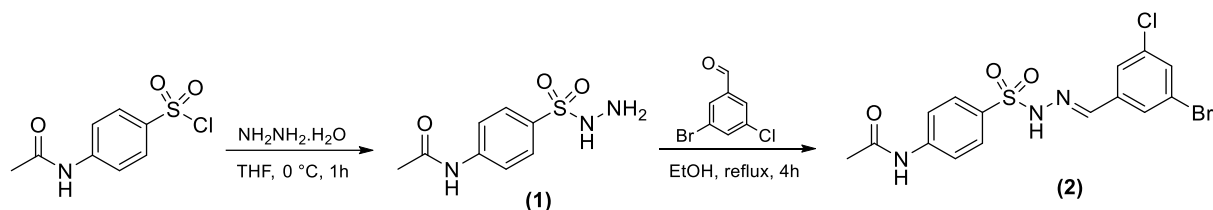
The cytotoxic activity studies were conducted according to literature procedures [7-9]. A549 cells were cultured in DMEM including high glucose supplemented with 1% glutamax, and 10% FBS. The seeding of cells was done in a density of 5×10^3 cells/well into sterile 96-well plates and maintained at 37 °C for 24 h. Cells were exposed to compounds at four different concentrations (200, 100, 50, and 25 μ M) for 72 h. The plates were incubated for 2 h after adding the MTT solution. Following this, the MTT stock solution was aspirated and DMSO (200 μ L) was added to each well. Absorbance values were read using an ELISA microplate reader device at 590 nm. GraphPad Prism software 5 was used for calculating IC₅₀ values.

Result and Discussion

Chemistry

In this study, we synthesized 3-bromo-5-chlorobenzaldehyde with a sulfonylhydrazide compound 1 [6], which was synthesized in our previous study in ethanol (Scheme 1). The

structure of the target compound was elucidated by elemental analysis, FT-IR, and NMR spectroscopy.



Scheme 1. Synthesis pathway of new sulfonylhydrazone

In the FT-IR spectrum of target molecule **2**, the N-H and C =N stretching bands associated with the prominent groups present in the sulfonyl hydrazone scaffold were identified at 3303–3188 and 1591 cm^{-1} , respectively. The carbonyl (C=O) stretching vibration was observed at 1669 cm^{-1} . Furthermore, asymmetric and symmetric stretching modes of the SO_2 groups were detected at 1323 and 1166 cm^{-1} , respectively. In the ^1H NMR spectrum of compound **2**, the peak of the amine group (NHNH_2) of sulfonyl hydrazone (**1**) was observed at 4.02 ppm [6]. The presence of SO_2NH proton at 11.75 ppm in the structure of the targeted compound is evidence of the formation of the sulfonylhydrazone group. However, another important piece of evidence is the observation of the peak of the imine $\text{CH}=\text{N}$ proton resonating at 7.86 ppm. The aromatic protons in these compounds resonate in the range of 7.82-7.62 ppm. In addition, a methyl proton singlet resonated at 2.07 ppm.

Cytotoxic Activity Studies

A compound and cisplatin were evaluated for their cytotoxicity at 200, 100, 50, and 25 μM concentrations in lung cancer cell line for 72 h (Table 1).

Table 1. IC_{50} results against A549 cell line.

Compounds	IC_{50} (μM)
	A549
2	60.57
Cisplatin	13.32

The compound was found to be effective on the A549 cell line and produced a cytotoxic effect on the cells. Although the compound did not show as high a cytotoxic effect as the positive control, the IC₅₀ value reveals that the compound is effective.

Conclusion

In conclusion, this study successfully synthesized and characterized a novel halo-functionalized sulfonyl hydrazone compound. The structure of the compound was confirmed through comprehensive spectral analysis, including NMR, IR, and elemental analysis, ensuring the accuracy and purity of the synthesized product. The *in vitro* cytotoxicity assays revealed that the compound exhibited significant anticancer activity in the lung cancer cell line with an IC₅₀ value of 60.57 μ M.

References

- [1] Bhat, M., Poojary, B., Kumar, S. M., Hussain, M. M., Pai, N., Revanasiddappa, B. C., & Kullaiah, B. (2018). Structural, crystallographic, Hirshfeld surface, thermal and antimicrobial evaluation of new sulfonyl hydrazones. *Journal of Molecular Structure*, 1159, 55-66.
- [2] Deng, Z., Bheemanaboina, R. R. Y., Luo, Y., & Zhou, C. H. (2022). Aloe emodin-conjugated sulfonyl hydrazones as novel type of antibacterial modulators against *S. aureus* 25923 through multifaceted synergistic effects. *Bioorganic Chemistry*, 127, 106035.
- [3] Şenkardeş, S., Han, M. İ., Kulabaş, N., Abbak, M., Çevik, Ö., Küçükgülzel, İ., & Küçükgülzel, Ş. G. (2020). Synthesis, molecular docking and evaluation of novel sulfonyl hydrazones as anticancer agents and COX-2 inhibitors. *Molecular diversity*, 24, 673-689.
- [4] Demirci, Y., Kalay, E., Kara, Y., Güler, H. İ., Can, Z., & Şahin, E. (2023). Synthesis of arylsulfonyl hydrazone derivatives: antioxidant activity, acetylcholinesterase inhibition properties, and molecular docking study. *ChemistrySelect*, 8(29), e202301474.
- [5] Bilen, E., Özmen, Ü. Ö., Çete, S., Alyar, S., & Yaşar, A. (2022). Bioactive sulfonyl hydrazones with alkyl derivative: Characterization, ADME properties, molecular docking studies and investigation of inhibition on choline esterase enzymes for the diagnosis of Alzheimer's disease. *Chemico-Biological Interactions*, 360, 109956.
- [6] Başaran, E. (2023). Synthesis, antioxidant, and anticholinesterase activities of novel N-arylsulfonyl hydrazones bearing sulfonate ester scaffold. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 70(7), 1580-1590.
- [7] Akkoç S: Design, synthesis, characterization, and in vitro cytotoxic activity evaluation of 1, 2-disubstituted benzimidazole compounds. *Journal of Physical Organic Chemistry* 2021, 34(1):e4125.

[8] Akkoc S: Antiproliferative activities of 2-hydroxyethyl substituted benzimidazolium salts and their palladium complexes against human cancerous cell lines. *Synthetic Communications* 2019, 49(21):2903-2914.

[9] Akkoç S: Derivatives of 1-(2-(Piperidin-1-yl) ethyl)-1H-benzo [d] imidazole: Synthesis, characterization, determining of electronic properties and cytotoxicity studies. *ChemistrySelect* 2019, 4(17):4938-4943.

A BENZIMIDAZOLE-BASED MOLECULE AS ANTICANCER AGENT: SYNTHESIS, SPECTROSCOPIC, AND *IN VITRO* CYTOTOXIC ACTIVITY STUDIES

Assoc. Prof. Senem AKKOÇ (ORCID: 0000-0002-1260-9425)

Süleyman Demirel University, Faculty of Pharmacy, Department of Basic Pharmaceutical
Sciences, Isparta – Türkiye

E-mail: senemakkoc@sdu.edu.tr

+902462110334

Asst. Prof. Eyüp BAŞARAN (ORCID: 0000-0002-7840-5919)

Batman University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and
Chemical Processing Technologies, Batman – Türkiye

E-mail: eyup.basaran@batman.edu.tr

+904882174289

E-mail: senemakkoc@sdu.edu.tr (Responsible Author)

Abstract

The search for effective anticancer agents has led to the exploration of benzimidazole derivatives due to their diverse biological activities. In this study, we report the synthesis and *in vitro* cytotoxic activity of a benzimidazole-based molecule in HeLa cell line, a widely used model for cervical cancer research. The compound was synthesized through a multi-step reaction sequence. The cytotoxic effects of the benzimidazole derivative were evaluated using the MTT assay, which measures cell viability. Our results demonstrated a dose-dependent cytotoxicity with an IC_{50} value indicating significant anticancer activity. This study highlights the potential of benzimidazole-based molecules as promising anticancer agents against cervical cancer.

Introduction

Cancer is one of the leading causes of death globally, posing a significant challenge in both the medical and societal realms [1,2]. Regrettably, data from the 2020 report on cancer incidence and fatality rates reveal that approximately 20 million individuals worldwide are suffering from cancer, with approximately 10.0 million succumbing to this ailment. Projections suggest that the prevalence and fatality associated with cancer are anticipated to demonstrate a consistent

upward trajectory, with estimations pointing towards a global cancer burden of 28.4 million cases by the year 2040 [3]. Cervical cancer emanates from the cervix and exhibits characteristics such as abnormal vaginal bleeding, vaginal discharge, pelvic pain, or dyspareunia [4]. Currently, it is the 4th most prevalent malignancy globally among females, and cervical cancer constitutes 8% of female cancer cases. Chemotherapy is the primary therapeutic option for this type of cancer, emphasizing the urgent need to discover novel chemotherapeutic agents. The emergence of novel chemotherapeutics is imperative for cervical cancer treatment because of the necessity for personalized therapeutic strategies and the challenge of multidrug resistance. [5]. Various drugs, such as cisplatin, carboplatin, paclitaxel, and topotecan have been successfully used for the treatment of cervical cancer [6,7]. Nevertheless, multidrug resistance remains a significant obstacle in achieving successful outcomes. Hence, the exploration of new drug candidates with specific attributes capable of circumventing multidrug is of immense importance. Consequently, ongoing research has focused on the discovery of potential drug candidates for cervical cancer therapy and other medical conditions [8]. Heterocyclic compounds, including imidazole, benzimidazole, triazole, benzodiazepine, and indazole, are important in various fields such as pharmacology and industrial sectors [9]. Benzimidazoles are considered a promising category of bioactive heterocyclic compounds, garnering significant attention in the field of medicinal chemistry because of their diverse array of biological functions, including antiviral, anticancer, antimicrobial, anti-inflammatory, anthelmintic, antihistaminic, proton pump inhibitory, antioxidant, antihypertensive, and anticoagulant properties [10-12].

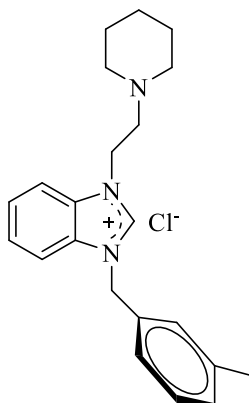
Given the urgent need for novel and effective anticancer agents, our study aims to explore the potential of a benzimidazole-based molecule, focusing on its synthesis, and in vitro cytotoxic activity in the HeLa cell line.

Experimental

Materials and Methods

In this study, we have re-synthesized the benzimidazole derivative compound according to the procedure in our previous study [13] and compared it with the literature.

1-(N-Ethyl piperidine)-3-(3-methylbenzyl)benzimidazolium chloride



Brown solid, yield: 82%, m.p.: 154-155 °C (Lit [13] 154-155).

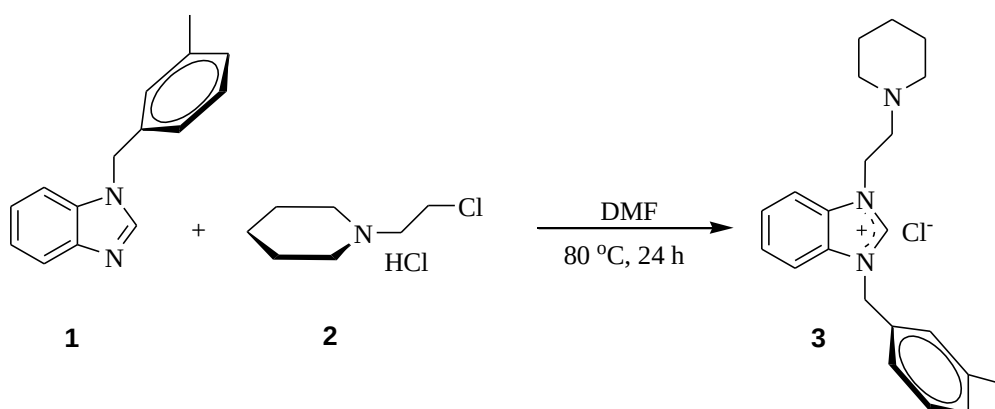
The Cytotoxic Activity Studies

The HeLa cells were cultured and seeding of cells was done in a density of 3×10^3 cells/well into sterile 96-well plates and maintained at 37 °C for 24 h. Cells were exposed to compounds at four different concentrations for 72 h. The plates were incubated for 2 h after adding the MTT solution. Following this, the MTT stock solution was aspirated and DMSO (200 μ L) was added to each well. Absorbance values were read using an ELISA microplate reader device at 560 nm. GraphPad Prism software 5 was used for calculating IC₅₀ values.

Result and Discussion

Chemistry

As shown in Scheme 1, we synthesized the compound 1-(N-ethyl piperidine)-3-(3-methylbenzyl)benzimidazolium chloride (**3**) according to our previous work [13].



Scheme 1. Synthesis pathway of benzimidazole derivative

Biological Activity Studies

The cytotoxic activity studies of compound **3** and cisplatin as a positive control drug were conducted in the HeLa cell line. All cell culture studies were performed independently three times and all results were calculated and averaged. Standard deviation values were calculated (Table 1).

Table 1. Cytotoxic activity results.

Compounds	IC ₅₀ (μM)
	HeLa
3	3.11 ± 0.48
Cisplatin	2.13± 0.06

In this study, we synthesized and evaluated a benzimidazole-based molecule for its anticancer properties, specifically its cytotoxic effects on the HeLa cell line. The synthesized compound demonstrated significant *in vitro* cytotoxic activity, with an IC₅₀ value of 3.11 ± 0.48 μM against HeLa cells. This result indicates a strong anticancer potential, though slightly less potent compared to the standard chemotherapeutic agent cisplatin, which has an IC₅₀ value of 2.13 ± 0.06 μM. The IC₅₀ value of 3.11 μM suggests that our benzimidazole-based compound effectively inhibits the proliferation of HeLa cells at relatively low concentrations. While cisplatin remains a more potent agent, the novel compound's performance is promising. These findings provide a foundation for further optimization and *in vivo* evaluation, aiming to develop more effective treatments for cervical cancer.

Conclusion

In conclusion, this study successfully synthesized a benzimidazole-based molecule and demonstrated its significant *in vitro* cytotoxic activity in the HeLa cell line. The cytotoxicity assays revealed that the compound exhibited dose-dependent anticancer effects, with an IC₅₀ value indicative of its potent activity. These findings underscore the potential of benzimidazole derivatives as promising candidates in the development of new anticancer therapies, particularly for cervical cancer. This study supports the continued exploration of benzimidazole-based compounds in cancer treatment.

References

- [1] Trudu, F.; Amato, F.; Vañhara, P.; Pivetta, T.; Peña-Méndez, E. M.; Havel, J. Coordination compounds in cancer: Past, present and perspectives. *J. Appl. Biomed.* **2015**, *13*, 79–103. DOI: 10.1016/j.jab.2015.03.003.
- [2] Başaran, E.; Soğukömeroğullari, H. G.; Çakmak, R.; Akkoç, S.; Taşkin-Tok, T.; Köse, A. Novel chiral Schiff base Palladium (II), Nickel (II), Copper (II) and Iron (II) complexes: Synthesis, characterization, anticancer activity and molecular docking studies. *Bioorg. Chem.* **2022**, *129*, No. 106176. DOI:10.1016/j.bioorg.2022.106176.
- [3] Sung, H.; Ferlay, J.; Siegel, R. L.; Laversanne, M.; Soerjomataram, I.; Jemal, A.; Bray, F. GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: Cancer, J. Clin.* **2021**, *71*, 209–249.
- [4] Ke, Y., Al Aboody, M. S., Alturaiki, W., Alsagaby, S. A., Alfaiz, F. A., Veeraraghavan, V. P., & Mickymaray, S. (2019). Photosynthesized gold nanoparticles from *Catharanthus roseus* induces caspase-mediated apoptosis in cervical cancer cells (HeLa). *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, *47*(1), 1938-1946.
- [5] Mauricio, D., Zeybek, B., Tymon-Rosario, J., Harold, J., Santin, A. D., Immunotherapy in Cervical Cancer. *Curr. Oncol. Rep.*, 2021, vol. 23, pp. 1-12.
- [6] Kim, H. S., Park, S. Y., Park, C. Y., Kim, Y. T., Kim, B. J., Song, Y. J., Kim, B. G., Kim, Y. B., Cho, C. H., Kim, J. H., Song, Y. S., A multicentre, randomised, open-label, parallel-group Phase 2b study of belotecan versus topotecan for recurrent ovarian cancer. *British J. Cancer*, 2021, vol. 124, pp. 375-382.
- [7] Hirte, H., Poon, R., Yao, X., May, T., Ethier, J. L., Petz, L., Speakman, J., Elit, L., Neoadjuvant and adjuvant systemic therapy for newly diagnosed stage II- IV epithelial ovary, fallopian tube, or primary peritoneal carcinoma: A systematic review. *Crit. Rev. Oncol. Hematol.*, 2021, vol. 162, pp. 103324.

- [8] Zhang, H., Xu, H., Ashby Jr, C. R., Assaraf, Y. G., Chen. Z. S. Liu, H. M., Chemical molecular-based approach to overcome multidrug resistance in cancer by targeting P-glycoprotein (P-gp). *Med. Res. Rev.*, 2021, vol. 41, pp. 525-555.
- [9] Gök, Y., Akkoç, S., Erdoğan, H., & Albayrak, S. (2016). In vitro antimicrobial studies of new benzimidazolium salts and silver N-heterocyclic carbene complexes. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31(6), 1322-1327.
- [10] Tuncbilek, M., Kiper, T., & Altanlar, N. (2009). Synthesis and in vitro antimicrobial activity of some novel substituted benzimidazole derivatives having potent activity against MRSA. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44(3), 1024-1033.
- [11] Padalkar, V. S., Gupta, V. D., Phatangare, K. R., Patil, V. S., Umape, P. G., & Sekar, N. (2014). Synthesis of novel dipodal-benzimidazole, benzoxazole and benzothiazole from cyanuric chloride: Structural, photophysical and antimicrobial studies. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(3), 262-268.
- [12] Seenaiiah, D., Reddy, P. R., Reddy, G. M., Padmaja, A., & Padmavathi, V. (2014). Synthesis, antimicrobial and cytotoxic activities of pyrimidinyl benzoxazole, benzothiazole and benzimidazole. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 77, 1-7.
- [13] Akkoç, S. (2019). Derivatives of 1-(2-(Piperidin-1-yl) ethyl)-1H-benzo [d] imidazole: Synthesis, characterization, determining of electronic properties and cytotoxicity studies. *ChemistrySelect*, 4(17), 4938-4943.

PEER BULLYING

Prof. Dr. Behice ERCİ

İnönü Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi

behice.erci@inonu.edu.tr -ORCID ID: 0000-0002-1527-2207

ABSTRACT

Although bullying is common on a global level, all over the world, its frequency varies according to culture, country and age of students. In recent years, increasing peer bullying affects hundreds of millions of children and adolescents, showing that the negative mental consequences can last into adulthood. The aim of this study is to draw attention to peer bullying, which has increased in the world and in our country.

Online databases (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproinger, science direct, sage publication) for articles published on the subject use the terms "peer bullying", "violence in schools", "social violence at school", "consequences of bullying". English articles were scanned. Regarding the selection criteria of articles, after electronic searches, the articles were previously transferred to the Rayyan QCRI application (<https://rayyan.qcri.org>) for selection, classification and evaluation. Initially, duplicate records not specifically related to the research topic were eliminated. Then, titles, abstracts and full texts of the articles were read. This activity allowed us to assess coherence and homogenization whether the identified records were relevant and met the research objectives. Data were collected on peer bullying, study design, and outcomes.

Bullying, which is extremely disturbing, is a phenomenon that not only affects the victims or bullies, but can also negatively affect other individuals who are not directly involved in bullying.

Key Words: Bullying, Adolescent, Peer bullying

AKRAN ZORBALIĞI

ÖZET

Zorbalık küresel düzeyde, tüm dünyada yaygın olarak görülmekle birlikte sıklığı, kültüre, ülkelere öğrencilerin yaşlarına göre değişiklik göstermektedir. Son yıllarda, giderek artan akran zorbalığının yüz milyonlarca çocuk ve ergene etki ettiği olumsuz zihinsel sonuçların yetişkinliğe kadar sürebildiğini göstermektedir. Bu çalışmanın amacı dünyada ve ülkemizde artmış olan akran zorbalığına dikkat çekmektir.

Konu ile ilgili yayınlanan makaleler için çevrimiçi veri tabanları (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproinger, science direct, sage publication) “akran zorbalığı”, “okullarda şiddet”, “okulda sosyal şiddet”, “zorbalığın sonuçları” terimlerini kullanarak İngilizce makaleler tarandı. Başlangıçta, özellikle araştırma konusuyla ilgili olmayan mükerrer kayıtlar elendi. Daha sonra başlıklar, özetler ve makalelerin tam metni okundu. Bu aktivite, belirlenen

kayıtların konuyla alakalı olup olmadığını ve araştırma hedeflerini karşılayıp karşılamadığını uyumluluk ve homojenleştirmeyi değerlendirmeye olanak sağladı.

Son derece rahatsızlık verici olan zorbalık sadece mağdur veya zorbaları etkilememekle beraber zorbalıkla direkt ilgisi olmayan diğer bireyleri de olumsuz etkileyebilecek bir olgudur.

Anahtar Kelimeler: Zorbalık, Adölesan, Akran zorbalığı

GİRİŞ

Akran zorbalığı günümüzde ağırlıklı olarak çocuklar ve ergenlik çağındaki kişilerde özellikle okul ortamlarında sık görülen, sözel, fiziksel ve psikolojik travmalara neden olan önemli bir sorundur (van Geel et al., 2018). Son yıllarda, giderek artan akran zorbalığının yüz milyonlarca çocuk ve ergene etki ettiği olumsuz zihinsel sonuçların yetişkinliğe kadar sürebildiğini göstermektedir (Avşar, Alkaya, 2018)

Zorbalık küresel düzeyde, tüm dünyada yaygın olarak görülmekle birlikte sıklığı, kültüre, ülkelere öğrencilerin yaşlarına göre değişiklik göstermektedir. UNESCO'nun istatistiklerine göre dünyada gençlerin üçte biri zorbalığa uğramakta; bu oran Tacikistan'da %7'den Samoa'da %74'e kadar değişmektedir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, öğrencilerin %6'sının yaşamlarında en az bir kez zorbalığa maruz kaldığı ve zorbalığa uğrayanların %35'inin ise sürekli zorbalığa uğradığı tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ergenler arasında kurban olma oranları %2-32, zorba olma oranları %1-36 arasındadır (Süner ve ark. 2021; van Geel et al., 2018). Dünya genelinde okullarda ve adölesanlarda gittikçe yaygınlaşan önemli sorun olan akran zorbalığı önlemek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından okullarda zorbalık davranışının önlemesine yönelik raporda, zorbalık davranışını önlemede çocuklara güvenli davranışları öğretmek, yaşam becerilerini geliştirmek, sosyal ve kültürel ölçütleri değiştirmek için mücadele ve eşit ilişkilere teşvik olmak üzere üç temel yöntem benimsenmiştir. Türkiye'de zorbalığı önlemek için çoğunlukla okul temelli çalışmalara yoğunlaşmakla beraber son yıllarda siber zorbalık hakkında çalışmaların sayısı artmıştır (Toraman ve ark. 2021).

Zorbalık hayatları değiştirir. Zorbalığa maruz kalan bir kişi, zihinsel sağlığını, özgüvenini ve okulda ve evde başa çıkma becerilerini mahvedebilecek uzun süreli bir travmaya maruz kalabilir. Zorbalığın mağdurlar, failler, aileleri, akranları ve topluluk üyeleri üzerinde umutsuzluk domino etkisi yaratır. Zorbalık depresyona, kaygıya, öfkeye, düşük özgüvene ve sonuçta intihara yol açabilir. Ancak doğru müdahale ile zorbalık değiştirilebilecek bir davranıştır (Shetgiri, 2013).

Bu çalışmanın amacı da dünyada ve ülkemizde artmış olan akran zorbalığına dikkat çekmektir.

YÖNTEM

Konu ile ilgili yayınlanan makaleler için çevrimiçi veri tabanları (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproinger, science direct, sage publication) “akran zorbalığı”, “okullarda şiddet”, “okulda sosyal şiddet”, “zorbalığın sonuçları” terimlerini kullanarak İngilizce makaleler tarandı. Başlangıçta, özellikle araştırma konusuyla ilgili olmayan mükerrer kayıtlar elendi. Daha sonra başlıklar, özetler ve makalelerin tam metni okundu. Bu aktivite, belirlenen

kayıtların konuyla alakalı olup olmadığını ve araştırma hedeflerini karşılayıp karşılamadığını uyumluluk ve homojenleştirmeyi değerlendirmeye olanak sağladı. Akran zorbalığı, çalışma sonuçları hakkında veriler toplanmıştır.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Akran Zorbalığı Türleri

Akran zorbalığın çeşitli türleri vardır, ancak en yaygın dört türü şunlardır:

Fiziksel zorbalık

Sözlü zorbalık

Sosyal zorbalık

Siber zorbalık (Shetgiri, 2013).

1. Fiziksel Zorbalık

Fiziksel zorbalık, bir kişinin vücuduna veya eşyalarına zarar vermeyi içerir. Daha büyük ve daha güçlü çocuklar fiziksel güç kullanarak kurbanları üzerinde kontrol sahibi olduklarında fiziksel zorbalık genellikle daha tipiktir. Fiziksel zorbalığın bazı yaygın örnekleri saldırgan eylemleri içerir: tekme, tükürme, itirme/tökezleme, tokatlama/vurma/yumruklama, birinin eşyasını almak veya kırmak ve diğer fiziksel saldırganlık eylemleridir.

2. Sözlü Zorbalık

Sözlü zorbalık, mağdur üzerinde kontrol ve güç kazanmak amacıyla isim takmayı, incitici sözleri ve sert ifadeleri içerir. Failin mağdura fiziksel olarak hiç dokunmaması durumunda bile zorbalık mağdurları etkileyebilir.

Sözlü zorbalık, okullarda tanımlanması zor olan başka bir zorbalık türüdür. Çoğu zaman bu sözlü saldırılar, yetişkinlerin işitme menzili dışında olduğu durumlarda meydana gelir. Ne yazık ki, hiçbir kanıt olmadığında, bir öğrencinin sözüne karşı diğerinin sözü oluyor.

Sözlü zorbalığın uzun vadede fiziksel zorbalığa göre daha derin etkileri olabilir. Bu nedenle sözlü zorbalığın da diğer tüm zorbalık türleri kadar ciddiye alınması gerekir.

3. Sosyal Zorbalık

Sosyal zorbalığa genellikle ilişkisel zorbalık veya duygusal zorbalık denir. Bu tür zorbalığın sinsidir ve çoğu zaman öğretmenlerin, yöneticilerin ve ebeveynlerin dikkatinden kaçırılır. Bu tür zorbalık, bir öğrencinin başka bir öğrencinin sosyal konumunu sabote edecek şekilde davranması durumunda ortaya çıkar. Sosyal zorbalıkla öğrenciler diğer öğrencileri dışlayabilir, onlar hakkında sırlar verebilir ve onlar hakkında yanlış söylentiler yayabilir.

Sosyal zorbalığı bir taktik olarak kullanan öğrencilerin amacı, başkalarının itibarını zedeleyerek kendi sosyal statülerini yükseltmektir. Bu tür zorbalığın kurbanları genellikle erkeklerden ziyade kızlardır ve gruplardan dışlanmaları, göz ardı edilmeleri, korkutulmaları, başkaları tarafından alay edilmeleri ve hakarete uğramaları, kendilerini yalnız ve kopuk hissetmelerine neden olabilmektedir.

4. Siber Zorbalık

Siber zorbalık, zorbalığın en yeni ve muhtemelen en önemli türüdür. Bu, bir öğrencinin başka bir öğrenciye olumsuz veya zararlı içerikle zorbalık yapmak için teknolojiyi kullanması durumunda meydana gelir. Öğrenci, başka bir öğrenciyi utandırmak, tehdit etmek, dedikodu yaymak veya taciz etmek için interneti, akıllı telefonları, tabletleri, uygulamaları, çevrimiçi forumları veya sosyal medya siteleri için oyun topluluklarını kullanabilir. Ne yazık ki siber zorbalık 7/24 yapılabilmekte, kamusal ve kalıcı hale gelmektedir.

Bir Araştırma Merkezi, 2022'de Amerika Birleşik Devletleri'ndeki gençlerin en az yarısının çevrimiçi zorbalığa maruz kaldığını tespit etti. 2021'in başlarında yapılan başka bir araştırmaya göre, COVID-19 salgını, çevrimiçi siber zorbalık oranlarını önemli ölçüde artırdı.

Siber zorbalığın en yaygın biçimlerinden bazıları şunlardır:

Çevrimiçi tehditler oluşturma

Taciz edici metinler veya doğrudan mesajlar göndermek

Acı verici e-postalar göndermek

Uygunsuz fotoğraf veya bilgilerin yayınlanması

Siber zorbalık özellikle tehlikelidir çünkü mağdurlar her zaman ve her yerde hedef alınabilir. Bu, özellikle de kendi evlerinin "güvenliği" içinde zorbalıktan kaçamadıklarında mağdurların kendilerini yalnız ve endişeli hissetmelerini sağlamanın başka bir yoludur (Shetgiri, 2013).

AKRAN ZORBALIĞININ SONUÇLARI

Fiziksel Sağlık Sonuçları

Zorbalığın fiziksel sağlık sonuçları, fiziksel yaralanma gibi anlık olabilir veya baş ağrısı, uyku bozuklukları veya somatizasyon gibi uzun vadeli etkileri içerebilir (Bogart ve ark. 2014; Shetgiri, 2013). Somatik Belirtiler; yaygın stres veya anksiyete ile ilişkili semptomlar arasında uyku bozuklukları, mide-bağırsak sorunları, baş ağrıları, çarpıntı ve kronik ağrı yer alır (Hunter ve ark., 2014; van Geel ve ark., 2014).

Hunter ve ark. (2014) İskoç ergende yaptığı bir çalışmada uyku zorluklarını incelemişler, zorbalığa maruz kalan gençlerin ve zorbalığa uğrayan gençlerin, zorbalığa maruz kalmayan gençlere göre neredeyse iki kat daha fazla uyku zorlukları olduğunu bulmuşlardır.

Psikosomatik Sonuçlar

Başkalarına zorbalık yapan bireylere ilişkin verileri rapor eden kesitsel çalışmalardan elde edilen bulgular, bu bireylerin psikosomatik sorunlar geliştirme riski altında olduğunu göstermiştir (Gini, 2008 ; Srabstein ve ark., 2006).

Zorbalığın Beyin Fonksiyonları Üzerindeki Sonuçları

Sinirbilim araştırmaları zorbalığa maruz kalan bir çocuk veya gencin davranışının değişeceği ve bu deneyimin aynı zamanda beyni de değiştirebileceğini öne sürmektedir (Bradshaw ve ark., 2012; Vaillancourt ve ark., 2013).

Psikososyal Sonuçlar

Zorbalığın hem faili hem de hedefi olan bireylerin, zorbalık davranışına herhangi bir şekilde karışmış kişiler arasında en zayıf psikososyal profile sahip olduğuna dair kanıtlar vardır; psikososyal uyumsuzlukları, akran ilişkileri ve sağlık sorunları sadece zorbalığa uğrayan bireylere benzerken, okula bağlılıkları ve madde kullanımları sadece zorba olan bireylere benzer (Graham ve ark. 2006; Nansel ve ark., 2004). Hem zorbalığa uğrayan hem de başkaları tarafından zorbalığa maruz kalan bireyler, yalnızca zorbalığa uğrayanlara göre daha çeşitli içselleştirme ve dışsallaştırma semptomları yaşarlar (Kim ve ark., 2006).

Knack ve meslektaşları (2012), zorbalığın, kişinin acı tepkilerine duyarlılığında değişikliklere yol açabilecek anlamlı biyolojik değişikliklere yol açtığını öne sürmüştür. Yapılan bir meta-analiz, zorbalığa maruz kalan çocuk ve ergenlerin, zorbalık uyguladıklarını bildirmiştir.

ZORBALARIN ÖZELLİKLERİ

Zorbalık üç ana katılımcı türünden oluşur: zorbalar, mağdurlar ve zorba-kurbanlar.

Tablo 1. Zorbaların, Zorba Mağdurların ve Mağdurların Özellikleri

Zorbalar	Zorba-Kurbanlar	Kurbanlar
Baskın	dürtüsel	Fiziksel olarak akranlarından daha küçük
Erkekler kızlardan daha fazla	Kendine güvensiz	Kendine güvensiz
Meydan okuyan davranışlar	Zayıf sosyal beceriler	Arkadaş edinmede zorluk
İlaç kullanımı	Zayıf problem çözme becerileri	Akranlarına göre daha az iddialı
Eşlik eden durumlar (DEHB, depresyon, karşıt olma/davranış bozukluğu)	Eşlik eden durumlar (kaygı, DEHB, depresyon, karşıt olma/davranış bozukluğu)	Eşlik eden durumlar (kaygı, yalnızlık, depresyon)

Zorbalar homojen bir grup değildir. Bazı zorbaların iyi gelişmiş sosyal becerileri vardır ve akran gruplarında üstünlük kazanmak veya bu üstünlüğü sürdürmek için zorbalığa başvururlar. Zorbalar şiddete karşı olumlu bir tutuma sahip olabilir ve kurbanlarıyla empati kuramayabilir. Zorbaların yaklaşık %10'u zaman içinde sürekli olarak yüksek oranda zorbalık sergiliyor. Öğrencilerin yüzde 13'ü erken ergenlik döneminde zorbalık yapıyor ancak lisenin sonunda artık zorbalık yapmıyor. Erkeklerin zorba olarak sınıflandırılma olasılığı kızlara göre daha fazladır. Zorbaların okula karşı meydan okuyan davranışlar ve olumsuz tutumlar sergilemeleri ve uyuşturucu kullanmaları daha olasıdır. Zorbalar aynı zamanda dikkat eksikliği bozukluğu, depresyon ve karşıt davranış bozukluğu gibi eşlik eden rahatsızlıklar da sergileyebilirler (Wang ve ark., 2012; Wang ve ark., 2010).

Zorba-Mağdurların Özellikleri

Zorba-kurbanlar, başkalarına zorbalık yapan ve kendileri de zorbalığa maruz kalanlardır; aynı zamanda tepkisel zorbalık veya kışkırtıcı/saldırgan kurbanlar olarak da bilinirler. Bunlar, zorbalığa saldırganlıkla tepki veren dürtüsel saldırgan çocuklar veya bir süre içinde mağduriyetten zorbalık davranışına geçiş yapan mağdurlar olabilir. Zorba-kurbanlar hakkında diğer gruplarla karşılaştırıldığında daha az bilgi var, ancak bu grup en şiddetli ve en geniş uyum sorunlarına sahip gibi görünüyor.

Bu gruptaki çocuklarda dikkat sorunları, düşük özgüven ve özellikle yüksek oranda depresyon ve karşıt davranış bozukluğu görülebilir. Zorbalara göre daha kaygılıdır ve daha az popülerdirler, sosyal becerileri ve problem çözme becerileri zayıftır, akranlarını rahatsız etme eğilimindedirler ve bu nedenle akranları veya öğretmenleri tarafından pek seilmeyebilirler. Tutarsız veya zayıf ebeveynliğe sahip, düşük sıcaklıklı ailelerden gelme olasılıkları daha yüksektir ve saldırgan davranışları evden öğrenebilirler (Shetgiri, 2013).

Mağdurların Özellikleri

Zorbalık mağdurlarının çoğunluğu pasif veya itaatkâr mağdurlardır (kışkırtıcı/agresif karşı). Zorbalar fiziksel olarak daha küçük, daha az iddialı, daha endişeli, güvensiz veya hassas olabilirler. Zorbalık mağdurları arkadaş edinmekte zorluk yaşayabilir ve yetişkinlerle akranlarından daha iyi ilişkiler kurabilir. Ayrıca özsaygıları daha düşük olabilir, bu da onların zorbalığa maruz kaldıklarını bildirme olasılıklarının daha düşük olmasına neden olabilir. Zorbalar ve zorba-kurbanlarla karşılaştırıldığında, mağdurlar en yüksek düzeyde yalnızlık ve kaygı bildirirken, zorbalar en düşük düzeyde olduğunu bildiriyor. Mağdurlar akranları arasında en düşük sosyal statüye sahiptir ve zorbalar en yüksek sosyal statüye sahiptir, ancak zorba-kurbanlardan en çok sınıf arkadaşları kaçınır (van Geel ve ark., 2018).

Siber Zorbaların ve Mağdurların Özellikleri

Siber zorbalar ve kurbanlar bazı benzersiz davranışlar sergilerler. Zorbalar mutlaka kurbanlarından daha güçlü değildir; genellikle anonimdirler ve zorbalığın neden olduğu sıkıntıyı göremezler. Siber zorbalık okulda ve evde meydana gelir ve tespit edilmesi ve müdahale edilmesi diğer zorbalık türlerine göre daha zor olabilir. Siber zorbalığın izini sürmek de daha zordur, dolayısıyla zorbaların kimliklerinin tespit edilmesi korkusu daha azdır. Siber zorbalar, geleneksel çevrimdışı zorbalığın kurbanları veya failleri olabilir. Siber zorbaların çoğunluğu kurbanlarını tanıyor ancak mağdurların üçte birinden azı zorbalarını şahsen tanıyor. Mağdurların siber zorbalığı okul yetkililerine bildirme olasılıkları ebeveynlere olduğundan daha azdır. Başkalarına siber zorbalık yapan, geleneksel zorbalığa maruz kalan ve sosyal sorunları olan çocukların siber zorbalığa maruz kalma olasılıkları daha yüksektir (Kiriakidis, Kavoura, 2010).

Zorbalık Suçuna İlişkin Risk ve Koruyucu Faktörler

Zorbalık suçuna yönelik risk faktörleri

Çocuğun yaşının küçük olması

Erkek cinsiyeti

Depresyon, akıl sağlığı sorunları veya duygusal/gelişimsel/davranışsal sorunların varlığı

Düşük akademik başarı

Madde kullanımı

Çocuk istismarına ve aile içi şiddete maruz kalma
Afrikalı-Amerikalı veya Latin kökenli ırk/etnik köken
Çocukta yüksek düzeyde öfke
Ebeveynlerin fiziksel ceza kullanması
Ebeveyn-çocuk iletişiminin zayıf olması
Anne ruh sağlığının optimal düzeyde olmaması
Ebeveynin çocuğuna öfkesi
Ebeveynlerin çocuklarının kendilerini çok rahatsız ettiğini belirtmesi
Ebeveyn denetimi eksikliği
Yüksek aile çatışması
Sınıf arkadaşlarıyla zayıf ilişkiler
Akranlardan gelen olumsuz etkiler
Güvensiz bir mahallede yaşamak.

Anne ve babanın depresyonu da çocuk zorbalığını etkileyebilir. Anne depresyonu zorbalıkla ilişkilidir. Bu ilişkiye, depresif anneler ve çocukları arasındaki daha düşük kalitede etkileşim veya zorbalıkla ilişkilendirilen annenin çocuğa olan bağlılığının azalması aracılık ediyor olabilir. Depresyonlu anneler ve çocukları arasındaki etkileşimlerin daha sinirli, eleştirel ve düşmanca olması muhtemeldir. Kronik depresyon aynı zamanda kötü ebeveynlik davranışlarıyla ve olumsuz çocuk sonuçlarıyla da ilişkilidir. Babanın depresyonu ile çocuğa yönelik zorbalık arasındaki ilişki daha az açıktır. Bazı çalışmalar babalardaki depresyonun çocukta daha kötü sosyo-duygusal gelişimle³⁸ ve daha fazla içselleştirme ve dışsallaştırma davranışlarıyla ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Bir araştırma, okuldayken zorbalığa maruz kalan babaların zorbalığa maruz kalan çocuklarına sahip olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu ortaya çıkardı (van Geel ve ark., 2018).

İki ebeveynli bir ailede yaşamak, anne sıcaklığı, ebeveynlerin çocuklarıyla ilgilenmesi, olumlu yetişkin rol modelleri ve yüksek ebeveyn desteği zorbalığa karşı koruyucudur (van Geel ve ark., 2018).

Mağduriyete İlişkin Risk ve Koruyucu Faktörler

Mağduriyet riskini artıran faktörleri aşağıda sıralanmıştır.

Zorbalığa maruz kalmanın risk faktörleri
Fiziksel olarak zayıf olmak
Düşük öz değer
Olumsuz benlik algıları
Düşük sosyal yeterlilik
Zayıf sosyal beceriler ve problem çözme yetenekleri
İçselleştirici davranışlar (depresyon, kaygı)
Güvensiz anne-çocuk bağlanması
Annenin aşırı koruyuculuğu
Müdahaleci veya zorlayıcı ebeveynlik
Çocuk istismarı

Zorba-Mağduriyet Risk Faktörleri

Listelenen çeşitli faktörler, zorba-kurban olma riskinin daha yüksek olmasıyla ilişkilidir.
Zorba-kurban olma risk faktörleri

Duygusal düzensizlik
Hiperaktivite
Düşük sosyal yeterlilik
Zayıf problem çözme becerileri
Zayıf benlik saygısı
Başkaları hakkında olumsuz algılar
Zayıf akademik performans
Akran reddi ve izolasyon
Çocuğun etkileşimde bulunduğu akranlarından gelen olumsuz etkiler
Okuldan kopukluk (van Geel ve ark., 2015).

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Son derece rahatsızlık verici olan zorbalık sadece mağdur veya zorbaları etkilememekle beraber zorbalıkla direkt ilgisi olmayan diğer öğrencileri de olumsuz etkileyebilecek bir olgudur. Bu durumda öğrenciler kendi hallerine bırakılıp önlem alınmaz ise başkalarının üzerindeki güçlerini kötüye kullanmaya devam edebilmekte, çevresindekiler için tehdit oluşturabilmektedir

KAYNAKLAR

- Avşar F, Alkaya SA. Akran Zorbalığının Önlenmesinde Okul Sağlığı Hemşiresinin Rolü. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi 2018, 5(1): 78-84.
- Baş E. Ortaöğretimde Akran Zorbalığı, Zorba/Mağdur Olmayı Etkileyen Kişisel Ve Çevresel Unsurlar-Samsun Örneği. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Disiplinlerarası Çevre Sağlığı Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Sinop: Sinop Üniversitesi, 2021.
- Bogart LM, Elliott MN, Klein DJ, Tortolero SR, Mrug S, Peskin MF, Davies SL, Schink ET, Schuster MA. Peer victimization in fifth grade and health in tenth grade. Pediatrics. 2014;133(3):440–447.
- Çelik M. 10-15 Yaş Grubundaki Çocuklarda Dijital Oyun Bağımlılığı İle Akran Zorbalığı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çocuk Gelişimi Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi, İstanbul: Üsküdar Üniversitesi, 2021.
- Esen TÇ. Akran Zorbalığı. Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi 2020, 14(2):101.
- Gini G, Pozzoli T. Bullied children and psychosomatic problems: A meta-analysis. Pediatrics. 2013;132(4):720–729.
- Hunter SC, Durkin K, Boyle JM, Booth JN, Rasmussen S. Adolescent bullying and sleep difficulties. Europe's Journal of Psychology. 2014;10(4):740–755.
- Kiriakidis SP, Kavoura A. Siber Zorbalık: İnternet ve diğer elektronik araçlar aracılığıyla tacize ilişkin literatürün gözden geçirilmesi. Fam Public Health. 2010; 33 (2):82–93.
- Knack JM, Tsar V, Vaillancourt T, Hymel S, McDougall P. What protects rejected adolescents from also being bullied by their peers? The moderating role of peer-valued characteristics. Journal of Research on Adolescence. 2012;22(3):467–479.
- Newman ML. Here we go again: Bullying history and cardiovascular responses to social exclusion. Physiology & Behavior. 2014;133:76-80.

- Özbey H, Başdaş Ö. Ergenlerde Zorbalık Ve Siber Zorbalığı Etkileyen Faktörler. Yobü Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 2022, 3(2): 106-116.
- Pişkin M. Akran Zorbalığı Olgusunun İlköğretim Öğrencileri Arasındaki Yaygınlığının İncelenmesi. Şiddet ve Okul: Okul ve Çevresinde Çocuğa Yönelik Şiddet ve Alınabilecek Tedbirler. Uluslararası Katılımlı Sempozyum. İstanbul, 2006: 28–31.
- Shetgiri R. Bullying and Victimization Among Children. Advances in Pediatrics, 2013; 60(1): 33–51.
- Süner AF, Alpay EE, Ünal B. Akran zorbalığına kısa bir bakış: Birinci basamak sağlık çalışanlarına tavsiyeler. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi 2021, 30(6): 444-450.
- Toraman AU, Dağhan Ş, Ökkeş K. Akran zorbalığını önlemede okul tabanlı müdahale programları: Sistematik derleme. Humanistic Perspective 2021, 3(2): 359-399.
- van Geel M, Goemans A, Vedder PH. The relation between peer victimization and sleeping problems: A meta-analysis. Sleep Medicine Reviews. 2015;27:89-95.
- van Geel M, Vedder P, Tanilon J. Relationship between peer victimization, cyberbullying, and suicide in children and adolescents. Journal of American Medical Association Pediatrics. 2014;168(5):435–442.
- van Geel M., Goemans A., Zwaanswijk W., Gianluca G, Vedder P, Does peer victimization predict low self-esteem, or does low self-esteem predict peer victimization? Meta-analyses on longitudinal studies. Developmental Review, 2018; 49: 31-40.
- Wang J, Iannotti RJ, Luk JW, ve diğerleri. Zorbalığın beş alt türünden mağduriyetin birlikte ortaya çıkması: fiziksel, sözlü, sosyal dışlanma, söylentilerin yayılması ve siber. J Pediatr Psikol. 2010; 35 (10):1103–1112.

SPACE NURSING

Prof. Dr. Behice ERCİ

İnönü Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi

behice.erci@inonu.edu.tr -ORCID ID: 0000-0002-1527-2207

ABSTRACT

The future of space nursing presents many challenges and opportunities. Nurses can take part in space nursing by integrating technology into nursing practice, enhancing the role of healthcare in space exploration. It could even play a vital role in maintaining the well-being and health of astronauts and future space settlers by preparing for the establishment of settlements beyond Earth. The purpose of this review article is to draw attention to space nursing and to share the results of a small number of studies on this subject.

Online databases (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproinger, CINAHL) for published articles on the subject using the terms “space nursing”, “Health problems in space”, “space care”, “space medicine”, “space health research”. English articles were scanned. Data were collected on space nursing, study design, and outcomes.

The field of Space Nursing is growing rapidly, but there is still a significant gap and need for innovation and implementation of new care protocols and methods in microgravity environments. In addition, identifying risky components that may negatively affect human health in space is also an important issue.

Key Words: Nursing, Space, Space Nursing, Space Health

UZAY HEMŞİRELİĞİ

ÖZET

Uzay hemşireliğinin geleceği çok sayıda zorluk ve fırsatı birlikte sunmaktadır. Hemşireler, uzay araştırmalarında sağlık hizmetlerinin rolünü geliştirerek, hemşirelik uygulamalarına teknolojiyi entegre ederek uzay hemşireliğinde yer alabilirler. Hatta dünya ötesinde yerleşimlerin kurulmasına hazırlanarak, astronotların ve gelecekteki uzay yerleşimcilerinin refahı ve sağlığının sürdürülmesinde hayati bir rol oynayabilir. Bu derleme makalenin amacı uzay hemşireliğine dikkat çekmek ve bu konuda az sayıda yapılmış çalışma sonuçlarını paylaşmaktır.

Konu ile ilgili yayınlanan makaleler için çevrimiçi veri tabanları (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproinger, CINAHL) “uzay hemşireliği”, “Uzayda sağlık problemleri “uzayda bakım”, “uzay tıbbı”, “uzay sağlık araştırmaları” terimlerini kullanarak İngilizce makaleler tarandı. Uzay hemşireliği, çalışma tasarımı ve sonuçları hakkında veriler toplanmıştır.

Uzay Hemşireliği alanı hızla büyüyor ancak mikro yerçekimi ortamlarında yenilik ve yeni bakım protokolleri ve yöntemlerinin uygulanması konusunda hala önemli bir boşluk ve ihtiyaç var. Ek olarak, uzayda insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek riskli bileşenlerin belirlenmesi de önemli bir husustur.

Anahtar Kelimeler: Hemşirelik, Uzay, Uzay Hemşireliği, Uzayda sağlık

GİRİŞ

Uzay hemşireliği, uzay üzerinde çalışan hemşirelik uzmanlığıdır. Uzay yolculuğunun insan üzerindeki tepkileri insanın nasıl etkilendiği ile ilgilenen uzay tıbbına benzer şekilde hemşirelik uzmanlık alanına katkıda bulunmaktadır. Kalıcı uzay istasyonunda insanların yaşamasını ve çalışmasını sağlamak uzay hemşireliğinin zorluklarından biridir. Uzay hemşireliği uzaya adaptasyon sağlamak için sağlık hizmeti rolünü de kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

Uzay hemşireliği uygulamalarına yönelik olanaklar üretebilir, sağlık bakımının sürdürülmesine etkili katkı sağlar. Uzayda yaşamın ve çalışmanın keşfi uzay istasyonu personeli ile işbirliği yapan bir ekip üyesi olmaktan geçer.

Ticari havacılığın başlangıcından bu yana 1920'li yıllarda hemşireler havacılığın ve uçuşun bir parçası olmuştur. 1958, NASA'yı kurmak için Havacılık ve Uzay Yasası imzalandı. Bu Kanun'un bir kısmı da tıbbi birimlerle yakın çalışacak hemşireleri işe almaktı. Astronotların uzaya uygunluğunun belirlenmesi için hemşireler ekiplerde görev aldı. Astronotların görevlerden döndüklerinde uzay uçuşu etkilerinin gözlemlenmesinde Hemşireler yardımcı oldu.

"NASA'nın ilk astronotları"nın İlk Hemşiresi "Dee O'Hara"dır. Dee ilk yedi Mercury astronotuyla birlikteydi ve diğer astronotlarla birlikte yoluna devam etti. İlk Merkür fırlatmasından başlayarak tüm fırlatmaları gördü. Apollo ve Skylab programları ve 1983 yılında ilk mekik uçuşu gerçekleşti. Teğmen Dolores O'Hara ve Teğmen Shirley Sineath İlk yedi projede görevlendirilen ilk hemşireler Merkür astronotlarıydı. Hemşireler uzayda sağlık hizmetlerinin geliştirilmesine önemli katkıda bulunabilirler (Vandali et al., 2018)

Uzay hemşireliğinin geleceği çok sayıda zorluk ve fırsat sunmaktadır. Hemşireler, uzay araştırmalarında sağlık hizmetlerinin rolünü genişleterek, teknolojiyi hemşirelik uygulamalarına entegre ederek ve dünya ötesinde yerleşimlerin kurulmasına hazırlanarak, astronotların ve gelecekteki uzay yerleşimcilerinin refahı ve sağlığının sağlanmasında hayati bir rol oynayabilir (Bloomfield et al., 2022).

Amaç: Bu derleme makalenin amacı uzay hemşireliğine dikkat çekmek ve bu konuda az sayıda yapılmış çalışma sonuçlarını paylaşmaktır.

YÖNTEM

Konu ile ilgili yayınlanan makaleler için çevrimiçi veri tabanları (PubMed, Medline, Web of Science, Wiley, Siproger, CINAHL) "uzay hemşireliği", "Uzayda sağlık problemleri" "uzayda

bakım”, “uzay tıbbı”, “uzay sağlık araştırmaları” terimlerini kullanarak İngilizce makaleler tarandı. Uzay hemşireliği, çalışma tasarımı ve sonuçları hakkında veriler toplanmıştır. Benzer şekilde, çalışmayı zenginleştirebilecek ve güçlendirebilecek yeni bakış açıları, yaklaşımlar veya bulgular elde etmek için başka araştırma çalışmaları da dâhil edilmiştir. Makale türü ve yayınlanma tarihi konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur. Makalelerin seçim kriterlerine ilişkin olarak, elektronik aramaların ardından makaleler daha önce seçim, sınıflandırma ve değerlendirme için Rayyan QCRI uygulamasına (<https://rayyan.qcri.org>) aktarılmıştır (Ouzzani et al., 2016). Başlangıçta, özellikle araştırma konusuyla ilgili olmayan mükerrer kayıtlar elendi. Daha sonra başlıklar, özetler ve makalelerin tam metni okundu. Bu aktivite, belirlenen kayıtların konuyla alakalı olup olmadığını ve araştırma hedeflerini karşılayıp karşılamadığını uyumluluk ve homojenleştirmeyi değerlendirmemize olanak sağladı. Makale türü veya yayınlanma tarihi konusunda herhangi bir kısıtlama getirilmedi, bu da geniş bir yelpazedeki makalelerin dahil edilmesine imkan sağladı.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Uzaydaki sağlık sorunları ve riskler

Dünya hakkında bilinenlere temel sağlasa da uzay radyasyonuna maruz kalmak ve bunun kanserojen etkilerinin, nasıl ele alınabileceği uzay tıbbının önemli alanlarında biridir. Aynı zamanda kalbe olan baskı, bu yüzden kardiyovasküler ve sinir sistemine nasıl etkilediğini anlamak gerekmektedir.

Uzayda mikro yerçekiminden dolayı alt uzuvları kullanmamak vücudu değiştirir, bu nedenle kas atrofisi ve kemik sağlığı sorunlarını gidermede düzenli egzersiz gibi karşı önlemlerin alınması gerekir. Dünya üzerinde kullanılan ve uzaydan kaynaklanan bir başka tıbbi yenilik de, beyin tümörüyle ilgili ameliyatları gerçekleştiren hassas bir robotik uzuv olan 'sinir kolu'dur. Bu sinir kolu uzay mekiği'nde kullanılmak üzere insan kolunun el becerisine sahiptir (Bloomfield et al., 2022). Uzay araştırmaları sırasında astronotlar olağandışı ve hatta yıkıcı tehditlerle karşı karşıyadır [Burge, 1992], bunların bazılarını gezginlerin hayatını ve güvenliğini tehlikeye atabilecek tıbbi acil durumlara dönüşebilecek şekildedir [Gómez Ayala R, Puente Duran, 2018, Symanski, 2000]. Bu problemler ISS içinde ve Araç Dışı Faaliyetlerin (EVA) gerçekleştirilmesi sırasında fark edilmeyebilir (Bloomfield et al., 2022). Bu durumları tahmin etmenin bir yolu, gerçekleşme olasılığını analiz etmektir.

Bu problemler şu şekilde sınıflandırılır:

a) Hafif: uzay adaptasyon sendromu, Uzay Hareket Hastalığı (SMS), kusma, baş dönmesi, gastrointestinal semptomlar (Tucker, 1990), şiddetli halsizlik, (Czerwinski et al., 2000; Butcher, Forchuk, 1992; Tucker, 1990), baş ağrısı (Bloomfield et al., 2022), eklem ağrıları (Symanski, 2000), yorgunluk, bitkinlik (Czerwinski et al., 2000), komplike olmayan idrar yolu enfeksiyonu (Orgill Mira, Escobar Bravo, 2017), üst solunum yolu enfeksiyonu (Gómez et al., 2018), basit yırtılmalar, kas gerilmeleri (Bloomfield et al., 2022), burkulmalar (Chonin, McDowell, 2004), anksiyete ve depresyon (Butcher, Forchuk, 1992).

b) Orta: uzay giysisi dekompresyonuyla kalpte ve kan damarlarında gaz embolisi (Symanski, 2000), kardiyak aritmiler (Pandian, 2022; Symanski, 2000; Chandler, Polk-Walker, 1989),

komplike olmayan miyokard enfarktüsü, perfore duo-denal ülser, solunum bozukluğu sendromu, nefrolitiazis, divertikülit, apandisit, açık göğüs yarası, kafa travması, vücudun %40'ından fazla yanıklar (Gómez Ayala, Puente Duran, 2018, Symanski, 2000), kırıklar (Symanski, 2000), uzay anemisi [Burge, 1992], komplike idrar yolu enfeksiyonu (Orgill Mira, Escobar Bravo, 2017), hemodinamik bozukluğu olan kanamalar, iyonlaştırıcı radyasyon (Bloomfield et al., 2022) ve III derece burkulmalar (Chonin, McDowell, 2004; de Moraes et al., 2021).

c) Şiddetli: patlayıcı uzay giysisi dekompresyonu (Symanski, 2000), mikrometeorit kazaları, şiddetli sarsıntılar (Bloomfield et al., 2022), sepsis, şok ve komplike kardiyak aritmiler (Gómez Ayala, Puente Duran, 2018).

Hemşirelik, temel dayanağı ve teorik-bilimsel metodolojik sürecin uygulanması nedeniyle sağlık hizmetlerinde birçok fayda sağlayan dünyanın en büyük mesleklerinden biridir. Uzay alanında, insanın yaşayabileceği ve çalışabileceği, insan ihtiyaçlarına ve yanıtlarına dayanan bütünsel bir yaklaşımla multidisipliner bir alanın parçası olarak yer almaktadır (Gómez Ayala, Puente Duran, 2018).

Uzayda hemşirelik bakımının etkili yönetimi, dikkatli planlamayı ve uzay ortamının kendine özgü zorluklarının ve sınırlamalarının dikkate alınmasını gerektirir. Hemşireler tıbbi acil durumlarla başa çıkmak ve yer çekiminin olmadığı durumlarda hasta bakımını yönetmek için eğitilmelidir (Czerwinski et al., 2000). Ayrıca uzun süre uzayda kalmanın yol açtığı psikolojik ve duygusal zorlukların üstesinden gelmeye de hazırlıklı olmaları gerekir. Sağlık hizmeti sağlayıcıları, özel eğitim programları geliştirerek ve mevcut hemşirelik uygulamalarını uzay yolculuğunun taleplerini karşılayacak şekilde uyarlayarak, hastaların konumlarına bakılmaksızın mümkün olan en iyi bakımı almasını sağlayabilirler (Czerwinski et al., 2000; Gómez Ayala, Puente Duran, 2018). Uzayda tıbbi bakım, özellikle astronotların çeşitli sağlık risklerine maruz kalabileceği uzun süreli görevlerde kritik bir konudur. Uzayda hemşirelik bakımı yönetimi, astronotların sağlığını ve refahını sağlamak için çok önemlidir. Tahliye sistemi aynı zamanda tıbbi acil durumlarda da önemlidir, zira acil bir durum veya ciddi bir hastalık durumunda astronotların hızlı bir şekilde tahliye edilmesi gerekebilmektedir (Cao, 2022). Tele tıp ve dijital sağlık, uzay hemşireliğinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, sağlık verilerinin elde edilmesi, saklanması ve iletilmesi için telekomünikasyon ve teknolojik araçların kullanımını ve ayrıca sanal toplantıların mümkün kılınmasını içermektedir (Gómez Ayala, Puente Duran, 2018; Chonin, 1998).

Uzay Hemşireliğinde Olası Zorluklar

Hemşireliğin uzay araştırmalarının geleceğinde çok önemli bir rolü vardır (Burge, 1992). Şu anda uzayla ilgili araştırmalarda yer alan yalnızca birkaç hemşirelik uzmanı olmasına rağmen, NASA'nın yaşam bilimleri stratejik planlama çalışma komitesinin son önerileri, gemide hizmete daha fazla fırsat ve katılım potansiyeline işaret etmektedir (Symanski, 2000; Chandler, Polk-Walker, 1989). Uzay ajanslarında, uzay araştırma programlarında veya tıbbi ekiplerde çalışan havacılık hemşireleri, kapsamlı akademik ve teknik eğitimin yanı sıra, uzaydaki beklenmedik tıbbi olaylar karşısında bakım, koruma ve sağlığın korunmasını sağlamak için olağanüstü becerilere sahip olmalıdır (Miller, 1991).

Teknolojinin hemşirelik uygulamalarına entegrasyonu, sağlık hizmeti sunumunda devrim yaratma potansiyeline sahip, hızla gelişen bir alandır (Schweitzer et al. 2020). Tele-sağlık gibi bilgi teknolojileri, tıbbi bakıma erişimin sınırlı olduğu, uzak ve tehlikeli yerlerde sağlık hizmetlerinin sağlanmasında giderek daha önemli hale gelmektedir (Czerwinski et al., 2000; Chonin, McDowell, 2004). Hemşireler, kapalı ortamlar, Antarktika gezileri, Mars'taki benzerleri, tüplü dalış ve uzay araştırmaları dahil olmak üzere izole ve zorlu koşullarda yaşayan ve çalışan bireylere koruyucu, tanısal ve tedavi edici bakımın sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır (Schweitzer et al. 2020). Uzayda hemşireler, Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS), yörüngedeki üsler, Ay ve Mars'ta önleyici, tanısal ve tedavi edici bakımın sağlanmasında temel bileşenlerdir ve olmaya devam edecektir (Gómez Ayala, Puente Duran, 2018; Symanski, 2000; Chonin, McDowell, 2004; Chonin, 1998). Hemşirelik uygulamalarında bilgi teknolojilerinin kullanılması, etkili bakım yönetimine ve bu uzmanlığın gelişimini destekleyen çeşitli faaliyetlerin yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır (Czerwinski et al., 2000; Plush, 2003).

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Uzay Hemşireliği alanı hızla büyüyor ancak mikro yerçekimi ortamlarında yenilik ve yeni bakım protokolleri ve yöntemlerinin uygulanması konusunda hala önemli bir boşluk ve ihtiyaç var.

Geleceğin hemşirelik profesyonelleri, astronotların sağlık ve güvenliğini sağlamak için kapsamlı bilgi, beceri ve risk önleme stratejilerine sahip olmalıdır. İncelenen belgelerde iletişim, tehlikeli ortamlar, hareket ve pozisyon, beslenme ve oksijenlenme gibi temel ihtiyaçlar ele alınmıştır. Ek olarak, uzayda insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek riskli bileşenlerin belirlenmesi de önemli bir husustur.

KAYNAKLAR

- Bloomfield S.A., Dunbar B. J., Schmit C. D., Sawyer A. J., Charles J.B. Developing an international database on long-term health effects of spaceflight *Acta Astronautica*, 2022; 198, 347–353
- Burge JM. Living and working in space: evolution of nursing in a new environment. *Holistic Nursing Practice*. 1992; 6(4): 67-74.
- Butcher HK, Forchuk C. The overview effect: the impact of space exploration on the evolution of nursing science. *Nursing Science Quarterly*. 1992; 5(3): 118-123.
- Cao X. Research progress on the effects of microgravity and space radiation on astronauts' health and nursing measures. *Open Astronomy*. 2022; 31(1): 300-309.
- Chandler JV, Polk-Walker GC. Health problems in the extraterrestrial environment. *Orthopedic Nursing*. 1989; 8(5): 51-55, 64.
- Chonin A. Telehealth: important concepts for future nursing practice in space environments. *Life Support & Biosphere Science: International Journal of Earth Space*. 1998; 5(4): 433-435.
- Chonin T, McDowell M. Pediatric Nursing in Space Environments. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*. 2004; 9(3): 103-105.
- Czerwinski BS, Plush LH, Bailes BK. Nurses' Contributions to the US Space Program. *AORN Journal*. 2000; 71(5): 1051-1057.

- de Moraes EM, Agostini FCPAD, de Oliveira A. Role of aerospace care nursing in Brazil: Integrative review. *Brazilian Journal of Health and Biomedical Sciences*. 2021; 20(1): 63-72.
- Gómez Ayala R, Puente Duran MM. Cuidados en el espacio. *Enfermería espacial* Calero Martín de Villodres P, editor. México: Intersistemas; 2018.
- Orgill Mira AA, Escobar Bravo MA. Efectos del vuelo espacial humano y cuidados enfermeros para la prevención: una revisión bibliográfica. *Universitat de Lleida*. 2017- 2018.
- Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*. 2016; 5(1): 210.
- Pandian V, Coker K, Shelhamer M. Nursing Care in Space—The need for nurses in the new and evolving field of healthcare in space. *Journal of Clinical Nursing*. 2022; 31(1-2).
- Plush M. Origins, Founding, and Activities of the Space Nursing Society. *Journal of Pharmacy Practice*. 2003; 16(2): 96-100.
- Symanski E. A Nurse on Mars? Why Not. *American Journal of Nursing*. 2000; 100(10): 57-61.
- Tucker R. Childbearing in Space: A Theoretical Perspective. *Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing*. 1990; 19(4): 344-349.
- Vijayaraddi Vandali et al ('Space Nursing: Rapidly Emerging Nursing specialty', *International Journal of Current Advanced Research*, 07(2), 9946-9947.

HEMŞİRELİK ÖĞRENCİLERİNDE NOMOFOBİYE İLİŞKİN YAPILAN ARAŞTIRMALARIN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Dr. Bahar ÇOLAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları
Hemşireliği Anabilim Dalı
b.colak9367@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0850-9114

Öğr. Gör. Berrin GÖGER

Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Sema Doğan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi
Hizmetler ve Teknikler Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hemşirelik Anabilim Dalı
berrin.goger@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-7277-6578

ÖZET

Nomofobi, literatürde teknoloji bağımlılığı kapsamında ele alınan ve mobil telefon yoksunluğu olarak tanımlanan bir durumdur ve akıllı telefon kullanım sıklığıyla ilişkili olarak gelişmektedir. Nomofobi, mobil telefondan ve internetten uzak kalma korkusu olarak tanımlanan modern çağ fobisidir. Klinik psikolojide ise nomofobi; kişinin cep telefonuna ulaşamadığında veya cep telefonu üzerinden iletişim kuramadığında yaşadığı istemsiz korku duygusu olarak tanımlanmaktadır. Kişinin cep telefonundan mahrum kaldığı durumlarda anksiyete ve stres yaşaması nomofobi varlığına işarettir. Bu araştırmada hemşirelik öğrencileri ile yürütülen araştırmalar Google Akademik arama motorunda hemşirelik öğrencisi, nomofobi ve bu kelimelerin İngilizceleri olan nursing students, nomophobia anahtar kelimeler ile taranarak belirlenmiş ve elde edilen çalışmalar konularına yönelik kategorize edilerek bulguları yorumlanarak çıkarımlar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nomofobi, Hemşirelik, Öğrenci.

ANALYSIS OF RESEARCH ON NOMOPHOBIA AMONG NURSING STUDENTS

Research Assistant Dr. Bahar ÇOLAK

Karadeniz Technical University, Faculty of Health Sciences,
Department of Pediatric Nursing
b.colak9367@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0850-9114

Lecturer Berrin GÖGER

Gümüşhane University, Kelkit Sema Doğan Vocational School of Health Services,
Department of Medical Services and Techniques
Karadeniz Technical University, Institute of Health Sciences, Department of Nursing
berrin.goger@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-7277-6578

ABSTRACT

Nomophobia, defined in the literature as a condition falling under the scope of technology addiction, is characterized by mobile phone deprivation and develops in relation to the frequency of smartphone use. Nomophobia is defined as a modern-day phobia of being away from a mobile phone and the internet. In clinical psychology, nomophobia is described as the involuntary feeling of fear experienced when a person cannot access their mobile phone or communicate via their mobile phone. Experiencing anxiety and stress in situations where a person is deprived of their mobile phone indicates the presence of nomophobia. In this study, research conducted with nursing students was identified using the keywords "nursing students" and "nomophobia" on the Google Scholar search engine, and the studies obtained were categorized according to their topics. The findings were interpreted, and conclusions were drawn.

Keywords: Nomophobia, Nursing, Student.

1. GİRİŞ

Akıllı cep telefonları, günümüzde en sık kullanılan teknolojik cihazlardan biridir. Haberleşme işlevinin yanı sıra, video ve fotoğraf çekme, sosyal medyaya erişim, alışveriş yapma, bankacılık hizmetleri, navigasyon, müzik dinleme, e-mail ve internet erişimi ve oyun oynama gibi birçok farklı imkânı da sunmaktadır. Bu özellikler, akıllı telefonları bireyler için cazip hale getirmekte ve kullanım oranlarında yüksek artışlara yol açmaktadır. Ancak, kullanım oranlarındaki bu artışlar avantajlar sağladığı gibi günlük yaşamda birçok olumsuz durumu da beraberinde

getirebilir. Bu nedenle, akıllı telefon kullanımında sınırlamaların iyi belirlenmesi gerekmektedir (Gürçay vd., 2024; Okuyan vd., 2019).

Akıllı telefonlar, hayatımızda birçok kolaylık sağlamasının yanı sıra birey ve toplum üzerinde davranış ve alışkanlıklar gibi birçok alanda sosyal ve psikolojik olumsuz durumlara da yol açabilmektedir. Yapılan araştırmalar, aşırı mobil telefon kullanımının baş, boyun, sırt ve el gibi fiziksel sorunların yanı sıra uyku bozukluğu, dikkat dağınıklığı, korku, kaygı, stres, depresyon ve kişilik bozuklukları gibi psikolojik sorunlara da neden olabileceğini ortaya koymuştur (Çakmakçı & Öner, 2022; Tamura vd., 2017).

Akıllı telefonların giderek artan yüksek düzeyde kullanımı ile bireylerde cep telefonlarına erişememe veya kullanamama korkusunu beraberinde getirmiştir. Bu korku literatürde nomofobi (No Mobile Phone Phobia) olarak isimlendirilmiştir. Bu durum ilk kez İngiltere’de raporlanmıştır. Sanal ve dijital toplumun sorunu olan nomofobi teknolojiye erişememenin patolojik bir korkusu olarak da tanımlanmaktadır (Bragazzi, Del Puente, 2014). Nomofobi, modern toplumlarda giderek artan bir sorun haline gelmiştir, çünkü insanlar telefonlarına olan bağımlılıklarını kaybetmekten endişe duyabilir ve bu durum günlük yaşamlarını olumsuz etkileyebilir (King, Valença, & Nardi, 2010).

Cep telefonunu sıkça ve uzun süre kullanmak, hatta birden fazla cihaza sahip olmak; telefonun yakınlarda bulunmaması, cihazın kullanımının yasak olduğu yerlerde bulunmak, sinyalin olmadığı bölgelerde veya bataryanın bitmesi gibi sebeplerle telefonu kullanamamak, bireylerde endişe ve gerginliğe yol açabilir. Sürekli olarak mesaj veya çağrı gelip gelmediğini kontrol etmek için ekranı izlemek, hayali zil sesleri duymak veya başka bir telefonun sesini karıştırmak gibi algı bozuklukları yaşamak da nomofobinin belirtileri arasındadır. Telefonu her zaman açık tutmak (günde 24 saat) ve mobil cihazla yatakta uyumak, ayrıca kaygı ve stres yaratabilecek yüz yüze sosyal etkileşimlerden kaçınarak yeni teknolojiler aracılığıyla iletişim kurmayı tercih etmek, nomofobinin belirgin semptomları arasında yer alır.

Bu belirtiler, cep telefonunun bireylerde bağımlılık yaratabileceğini ve dijital dünyadan kopma korkusunun (nomofobi) modern toplumda yaygınlaştığını göstermektedir (Okuyan vd., 2019). Hemşirelik gibi dikkat ve odaklanma gerektiren ciddi mesleklerde, bu tür bir bağımlılığın varlığı, sağlık hizmetlerinin kalitesini olumsuz etkileyebilir. Hemşirelerin hastalarına sunacakları bakım ve hizmette dikkatin dağılması, iletişim eksiklikleri ya da stresle başa çıkmada yetersizlik gibi durumlar, hasta güvenliğini tehlikeye atabilir. Bu nedenle, hemşirelik öğrencilerinin nomofobi düzeylerinin mezun olmadan önce değerlendirilmesi, bu sorunun

farkına varılarak çözümler geliştirilmesi açısından önem arz etmektedir. Eğitim sürecinde nomofobiye yönelik farkındalık artırıcı programlar ve dijital detoks uygulamaları, gelecekte sağlık profesyonellerinin mesleki performanslarını iyileştirmeye yönelik önemli adımlar olabilir. Hemşirelik eğitimi sırasında bu tür önlemlerin alınması, hemşirelerin meslek hayatlarına daha güçlü bir şekilde başlamalarını sağlayacaktır.

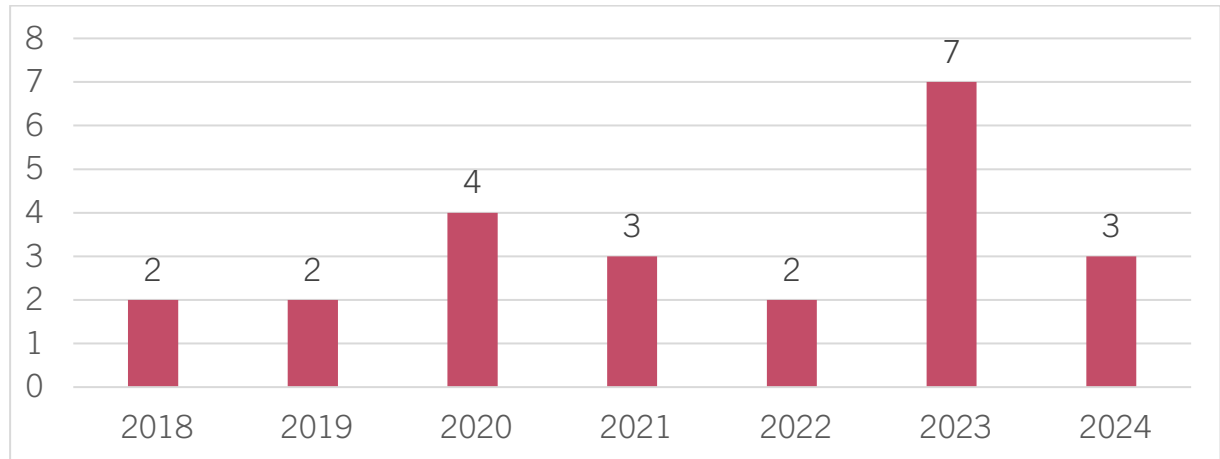
Bu konuya dair araştırmalar, cep telefonu bağımlılığının sağlık profesyonelleri üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymakta ve eğitim sürecinde bu tür bağımlılıkların önüne geçilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu araştırma hemşirelik öğrencilerinde nomofobi ile ilişkili yapılan araştırmaların incelenmesi amaçlı yapılmıştır.

2. YÖNTEM

Hemşirelik öğrencileri ile yürütülen araştırmalar Google Akademik arama motorunda “hemşirelik öğrencisi”, “nomofomi”, “nursing students”, “nomophobia” anahtar kelimeleri ile taranarak belirlenmiş ve elde edilen çalışmalar konularına yönelik kategorize edilerek bulguları yorumlanarak çıkarımlar yapılmıştır. Toplam 23 çalışmaya ulaşılmıştır.

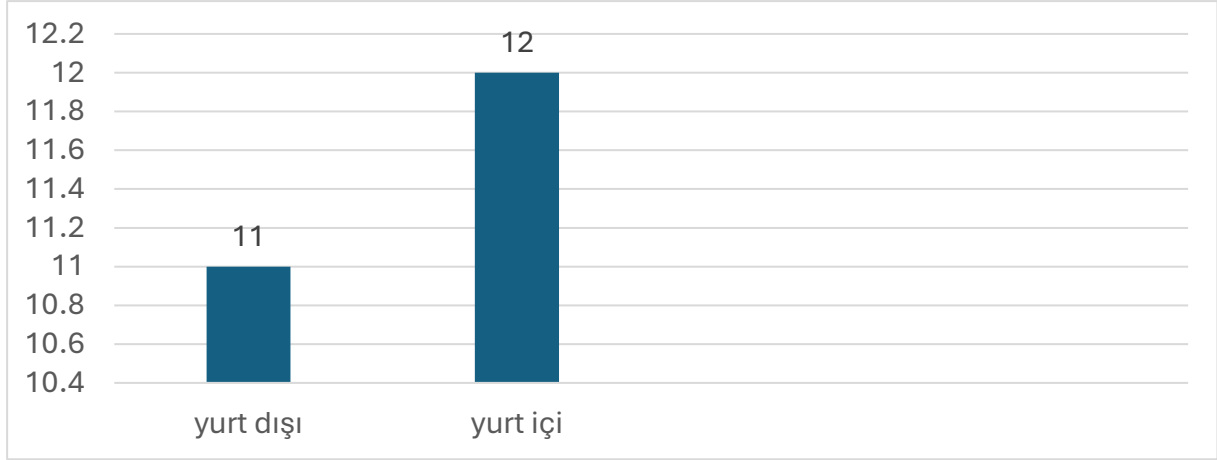
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tarama sonucunda hemşirelik öğrencilerinde nomofobiyle ilişkili yapılan çalışma sayısı 23 olarak tespit edildi. Makalelerin yayınlandığı yıllara göre dağılımı Grafik 1’de sunuldu. Grafik 2’de ise makalelerin yurt içinde ve yurt dışında yapılma durumlarına ait sayıları belirtildi.



Grafik 1. Makalelerin yıllara göre dağılımı

Grafik 1 incelendiğinde hemşirelik öğrencilerinde nomofobiyle ilgili yapılan araştırma sayılarının 2018 ve 2019 yıllarında 2’şer adet, 2020’de 4 adet, 2021 de 3 adet, 2022’de 2 adet, 2023’de 7 adet v e 2024’de 3 adet olduğu görülmektedir.



Grafik 2. Makalelerin yurt içinde ve yurt dışında yapılma durumlarına ilişkin dağılım

Grafik 2 incelendiğinde yurt dışında 11, yurt içinde ise 12 adet makale yayınlandığı görülmektedir.

Çizelge 1’de yayınlanan makalelere ilişkin makale adı, yazar bilgileri, örneklem, bulgu ve sonuçlarına ilişkin bilgiler sunuldu.

Çizelge 1. Makalelere ilişkin bilgiler

ARAŞTIRMANIN ADI	YIL ve YAZARLAR	ÖRNEKLEM	BULGU-SONUÇ
Hemşirelik ve tıp fakültesi öğrencilerinin nomofobi düzeylerinin belirlenmesi Determination of Nomophobia Levels of Nursing and Medical Students	Canan Okuyan Pınar Döner Güner Sabahat Uslusoy Güneş 2019	846 öğrenci Nomofobi Ölçeği	Öğrencilerin orta düzeyde nomofobiye sahip oldukları belirlenmiştir.
Hemşirelik Öğrencilerinde Nomofobi ve Sağlıklı Yaşam Becerileri: Tanımlayıcı Araştırma Nomophobia and Healthy Living Skills in Nursing Students: Description Research	Sebahat Atalıkoğlu Başkan, Necla Kasımoğlu, Demet Güneş 2023	Türkiye’nin doğusunda bir üniversitenin sağlık bilimleri fakültesi hemşirelik bölümünde okuyan 336 öğrenci Nomofobi Ölçeği ve Sağlıklı Yaşam Becerileri Ölçeği	Öğrencilerin orta düzeyde nomofobi yaşadıkları ve sağlıklı yaşam becerilerinin olumlu yönde olduğu belirlendi.
Hemşirelik Fakültesi Öğrencilerinde Nomofobi, Depresyon ve Psikolojik İyi Oluş Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	Büşra Çakmakçı, Hatice Öner 2023	442 hemşirelik öğrencisi Veriler; kişisel bilgi formu, nomofobi ölçeği ve Beck depresyon envanteri (BDE),	Nomofobi ve depresyon puanları orta düzeyde, psikolojik iyi oluş ortalamasının üzerinde bulunmuştur. Nomofobi ile Beck depresyon puanları arasında pozitif yönde

Investigaton Of The Relationship Between Nomophobia, Depression And Psychological Well-Being Levels In Nursing Faculty Students		psikolojik iyi oluş ölçeği (PİÖÖ)	düşük düzeyde anlamlı ilişki vardır. Nomofobi ile psikolojik iyi oluş puanları arasında negatif yönde düşük düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir.
Hemşirelik Öğrencilerinin Nomofobi Düzeyleri İle Akademik Öz Yeterlikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi Investigation of the Relationship between Nomophobia Levels and Academic Self-Efficiencies of Nursing Students	Büşra Gürçay, Fatma Tanrıkulu, Berra Baş, Nurseza Ceylan, Hilal Nalbant, 2024	139 hemşirelik öğrencisi sosyodemografik veri formu, Nomofobi Ölçeği ve Akademik Öz Yeterlik Ölçeği	Öğrencilerin mobil telefon yoksunluğu düzeylerinin orta, akademik öz yeterlik toplam puanlarının ise orta düzeyin üzerinde olduğu saptanarak aralarında ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır
Investigation Ofnomophobia Levels Of Nursing Deparment Students	Güllü Yazkan, Nezihe Uğurlu, Fatma Bırgılı 2022	Nomofobi Ölçeği (NMP-Q) 181 öğrenci	Nomofobi Ölçeği $X \pm SD$ 74.88±28.91 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, giriş özellikleri ve toplam nomofobi puanı incelendiğinde, telefonunu uyanır uyanmaz kontrol etme, şarj cihazı taşıma, uyumadan önce telefonla zaman geçirme ve günlük telefon kullanım sıklığı arasında istatistiksel olarak son derece anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p < 0.001$).

ARAŞTIRMANIN ADI	YIL ve YAZARLAR	ÖRNEKLEM	BULGU-SONUÇ
Comparative study of nomophobia among Spanish and Portuguese nursing students	Lorena Gutiérrez -Puertas et al., 2019	İspanya'daki Almeria Üniversitesi ve Portekiz'deki Braganza Politeknik Enstitüsü'ndeki 258 hemşirelik öğrencisi Nomofobi anketi kullanıldı;	Ana sonuçlar hem İspanyol hem de Portekizli hemşirelik öğrencilerinin nomofobi düzeyleri açısından ortalamadan daha yüksek puanlar aldığını gösterdi.
Relationship between nomophobia of nursing students and their obesity and self-esteem	Sevecen Çelik İnce 2020	607 hemşirelik öğrencisi "Kişisel Bilgi Formu", "Nomofobi Anketi (NMP-Q)" ve "Benlik Saygısı Derecelendirme Ölçeği-Kısa Form	Öğrencilerin orta düzeyde nomofobiye sahip oldukları belirlenmiştir. Nomofobi ile obezite ve benlik saygısı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
The Effect of Problematic Internet Use, Social Appearance Anxiety, and Social Media Use on Nursing Students' Nomophobia Levels	Ayar, Dijle , Özalp Gerçekler, Gülçin Özdemir, Emine Zahide, Bektaş, Murat, 2018	Çalışma 755 lisans düzeyinde hemşirelik öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir.	Regresyon analizine göre, nomofobi düzeyleri problemli İnternet kullanımı, sosyal görünüm kaygısı ve sosyal medya bağımlılığı değişkenleriyle güçlü, pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir.

Nomophobia in nursing students at padjadjaran university	Evi Annisa Haryati, Efri Widiyanti, Nur Oktavia Hidayati 2020	Padjadjaran Üniversitesi Hemşirelik öğrencisi Örneklem, 2016, 2017, Nomofobi Anketi (NMP-Q)	Katılımcıların çoğunluğunda orta düzeyde nomofobi düzeyi mevcut
Problematic mobile phone use, nomophobia and decision-making in nursing students mobile and decision-making in nursing students	Verónica V. Márquez-Hernández vd., 2020	124 hemşirelik öğrencisi Veri toplamada Nomofobi Anketi, Cep Telefonu Problemleri Kullanım Ölçeği ve Melbourne Karar Verme Anketi kullanılmıştır.	Nomofobi ile karar alma açısından “sorumluluğu başkasına atma”, erteleme ve aşırı tetikte olma boyutları arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Hemşirelik öğrencilerinde erteleme, aşırı tetikte olma ve “sorumluluğu başkasına atma” düzeyleri, eğitimleri boyunca cep telefonu kullanımından etkilenmektedir.
The relationship between nomophobia and the distraction associated with smartphone use among nursing students in their clinical practicum	Gabriel Aguilera-Manrique et al., 2018	304 hemşirelik öğrencisi Nomofobi anketi (NMP-Q)	Akıllı telefon kullanımı ile nomofobi toplam puanı arasında pozitif bir korelasyon bulundu. Yüksek düzeyde nomofobi
Nomophobia, netlessphobia, and fear of missing out in nursing students: A cross-sectional study in distance education	Feride Eskin Bacaksız, Rujna Tuna Handan Al an 2022	802 öğrenci ile yürütülmüştür. Nomofobi Anketi, Fırat Netlessphobia Ölçeği ve Gelişmeleri Kaçırma Korkusu Ölçeği	Uzaktan eğitim sürecinde hemşirelik öğrencilerinin dijital aktivitelerinin artmasına rağmen netlessphobia ve bir şeyleri kaçırmaya korkusu puanlarının düşük olması olumludur. Ancak nomophobia puanlarının yüksek olması ve kavramlar arasındaki güçlü ilişkiler olası sorunların farkında olmayı, izlemeyi ve önlem almayı gerektirmektedir.
ARAŞTIRMANIN ADI	YIL ve YAZARLAR	ÖRNEKLEM	BULGU-SONUÇ
Nomophobia and the influence of time to REST among nursing students. A descriptive, correlational and predictive research	Antonio J. Moreno-Guerrero et al 2021	Örneklem, İspanya'daki Granada Üniversitesi'ndeki (N = 880) hemşirelik öğrencilerinden oluşmaktadır.	Sonuçlar, hemşirelik öğrencileri arasında ortalama düzeyde nomofobi olduğunu göstermektedir. Akıllı telefonlarını aşırı kullanmaları nedeniyle daha az dinlendiklerini iddia edenlerin oranı oldukça yüksek.
The relationship between nursing students' digital and smartphone addiction levels and nomophobia: A descriptive, correlational study	Asuman Çobanoğlu, Em el Bahadır-Yilmaz, Belkız Kiziltan 2021	Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan bir üniversitede 215 hemşirelik öğrencisi ile yürütülmüştür.	Öğrencilerin nomofobi düzeyleri ile akıllı telefon bağımlılığı ve dijital bağımlılık düzeyleri arasında pozitif ve orta düzeyde bir korelasyon bulunmuştur.
Hooked on technology: examining the co-occurrence of nomophobia and impulsive sensation seeking among nursing students	Ayman Mohamed El-Ashry et al 2024	Mısır'daki üç üniversiteden rastgele seçilen 1626 hemşirelik öğrencisi	öğrencilerinin %40,3'ünün mobil cihazlarına önemli ölçüde bağımlı olduğunu gösteren şiddetli nomofobi sergilediğini ortaya koydu. Özellikle, bu yüksek yaygınlığa dürtüsel duyum arama davranışlarına yönelik güçlü bir

			eğilim eşlik ediyordu. Dahası, kademeli bir regresyon analizi nomofobinin birkaç önemli öngörücüsünü tanımladı.
Relationship Between Nomophobia Levels and Personality Traits of Nursing Students: A Multicenter Study	Nesibe Gunay Molu' Sema İcel , Arzu Aydoğan	Çalışma 424 hemşirelik öğrencisi üzerinde yürütülmüştür. Nomofobi Anketi ve 10 Maddeli Kişilik Envanteri	Hemşirelik öğrencilerinin yarısından fazlası orta düzeyde nomofobiye sahipti. Akıllı telefon kullanım amacı ve öğrencilerin kişilik özellikleri ile nomofobi düzeyleri arasında ilişki vardır.
Touch-operated world of teenagers in the distance education process: A cross-sectional study on nomophobia, netlessphobia and fear of missing out in nursing students	Rujnan Tuna, Handan Alan, Merve Saritas, Feride Eskin Bacaksiz	802 hemşirelik öğrencisi Nomofobi Anketi, Fırat Netlessphobia Ölçeği ve Fırsatları Kaçırma Korkusu Ölçeği kullanıldı.	Nomofobi puanlarının netlessfobi ve bir şeyleri kaçırma korkusu puanlarından yüksek olduğu belirlendi.
Nomophobia and Its Relationship with Social Anxiety and Procrastination in Nursing Students: An Observational Study	Irene Tárrega-Piquer et al., 2023	Hemşirelik öğrencisi Nomofobi Anketi, Akademik Erteleme Ölçeği-Kısa Form ve Yetişkinler için Sosyal Kaygı Anketi kullanılarak toplanmıştır.	Beş öğrenciden biri nomofobik davranış sergiliyordu veya nomofobik davranışa yakalanma riski yüksektir.
The effect of nomophobia levels on nursing students' depression, anxiety and stress levels	Deniz Yigit, Merve Cakirli	544 hemşirelik öğrencisi Nomofobi Ölçeği, Depresyon, Anksiyete ve Stres Ölçeği	Öğrencilerin nomofobi puan ortalamaları ile depresyon, anksiyete ve stres alt ölçek puanları arasında ilişki bulundu. Yüksek düzeyde nomofobi tespit edilmiştir.

ARAŞTIRMANIN ADI	YIL ve YAZARLAR	ÖRNEKLEM	BULGU-SONUÇ
Nomophobia in Tunisian nursing students: prevalence, associated factors, and comorbidity with generalized anxiety disorder	Mohamed Amine Ferchichi, Khaoula Aouadi, Islem Aouadi & Ibtissam Sendi 2023	Kef Valiliği (Tunus) Yüksek Hemşirelik Enstitüsü'nden 265 öğrenci Nomofobi ve GAD yaygınlığı, sırasıyla Nomofobi Anketi'nin (NMP-Q) ve Yaygın Anksiyete Bozukluğu	Tüm öğrencilerde belirli düzeyde nomofobi vardı. Aşırı akıllı telefon kullanımı nedeniyle göz yorgunluğu ve boyun ağrısı yaygınlığı sırasıyla %66,4 ve %37,4 idi. Nomofobinin GAD ile birlikteliği katılımcıların %74'ünde tespit edildi.
The Effect of Cell Phones on Attention and Learning in Nursing Students	Gutiérrez-Puertas, Lorena 2020	Hemşirelik öğrencileri arasında, bir kontrol grubu (n = 61, %49,2) ve bir deney grubu (n = 63, %50,8) ile yarı deneysel bir çalışma yürütüldü.	Her iki grup da dersin başında ortalamadan daha yüksek düzeyde nomofobi gösterdi. Bu nedenle, hemşirelik öğrencileri arasında her türlü akademik eğitim sırasında cep telefonu kullanımını kısıtlayan politikalar ve normlar oluşturmak önemlidir.

Yapılan araştırmalara göre; hemşirelik öğrencileri arasında nomofobi (telefonsuz kalma korkusu) düzeylerinin genellikle orta düzeyde olduğu, ancak bazı araştırmalarda bu düzeyin şiddetli olarak raporlandığı görülmektedir. Bu durum, modern toplumda teknolojiye olan bağımlılığın ve akıllı telefonların günlük yaşamda oynadığı hayati rolün bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Hemşirelik öğrencileri, akademik yaşamlarının yoğunluğu ve mesleki beklentilerin getirdiği stresle birlikte, telefonlarına olan bağımlılıklarını giderek daha fazla artırıyor olabilirler. Bu da, öğrencilerin dijital dünya ile kurdukları ilişkinin sağlıklı bir şekilde gelişmesine neden olabilmektedir.

Nomofobinin, hemşirelik öğrencileri üzerinde çok yönlü olumsuz etkileri bulunmaktadır. Öncelikle, mental sağlık üzerindeki etkileri ele alındığında, nomofobinin depresyon, anksiyete ve stres gibi psikolojik problemlere yol açabileceği belirtilmektedir. Bu, özellikle zorlu akademik programlar ve klinik uygulamalarla karşı karşıya olan hemşirelik öğrencileri için büyük bir risk oluşturur. Nomofobi, öğrencilerin zihinsel sağlıklarını daha da kırılgan hale getirerek, bu problemleri tetikleyebilir veya şiddetlendirebilir.

Bunun yanında, nomofobinin öğrencilerin akademik performanslarını da olumsuz yönde etkileyebileceği saptanmıştır. Öğrencilerin ders çalışmak yerine zamanlarını telefonlarıyla geçirme eğiliminde olmaları, ders başarısında düşüşe yol açabilir. Aynı zamanda, dikkat eksikliği ve motivasyon kaybı gibi sorunlar da nomofobinin akademik sonuçları üzerinde ciddi etkiler yaratabilir.

Fiziksel sağlık açısından bakıldığında ise, nomofobiye bağlı olarak ortaya çıkan problemler internet kullanımı, uyku düzensizlikleri ve göz, boyun, sırt gibi kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilir. Özellikle uzun süreli telefon kullanımı, öğrencilerin postür bozuklukları geliştirmesine ve kronik ağrılara yol açabilir. Ayrıca, uyku düzensizlikleri de öğrencilerin günlük enerji seviyelerini ve genel sağlık durumlarını olumsuz etkileyerek, akademik ve klinik performanslarını düşürebilir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, hemşirelik öğrencilerinde nomofobiye ilişkin yapılan çalışmalar, bu durumun öğrencilerin hem mental hem de fiziksel sağlıklarını olumsuz yönde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Nomofobi, öğrencilerin akademik performanslarını da düşürebilecek çok yönlü bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, hemşirelik öğrencilerinde nomofobi farkındalığının artırılması, bu durumla başa çıkma stratejilerinin geliştirilmesi ve eğitim kurumlarının öğrencileri destekleyici rehberlik hizmetleri sunması büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin, dijital bağımlılıklarından uzaklaşmalarına ve daha sağlıklı bir eğitim süreci

geçirmelerine yönelik programlar ve müdahaleler geliştirilmelidir. Bu tür yaklaşımlar, hem öğrenci başarısını artırabilir hem de gelecekteki sağlık profesyonellerinin daha sağlıklı bireyler olarak mesleki yaşamlarına adım atmalarını sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Aguilera-Manrique, G., Márquez-Hernández, V. V., Alcaraz-Córdoba, T., Granados-Gámez, G., Gutiérrez-Puertas, V., & Gutiérrez-Puertas, L. (2018). The relationship between nomophobia and the distraction associated with smartphone use among nursing students in their clinical practicum. *PloS one*, 13(8), e0202953.

Anand, S., Anoop, K. R., Joseph, P. G., & Raju, S. (2022). A study to assess the prevalence of nomophobia among nursing students in Kollam. *Indian Journal of Psychiatric Nursing*, 19(2), 147-151.

Atalıkoğlu Başkan, S., Kasımoğlu, N., & Güneş, D. (2023). Hemşirelik Öğrencilerinde Nomofobi ve Sağlıklı Yaşam Becerileri: Tanımlayıcı Araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, 15(3).

Ayar, D., Gerçek, G. Ö., Özdemir, E. Z., & Bektas, M. (2018). The effect of problematic internet use, social appearance anxiety, and social media use on nursing students' nomophobia levels. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 36(12), 589-595.

Bacaksız, F. E., Tuna, R., & Alan, H. (2022). Nomophobia, netlessphobia, and fear of missing out in nursing students: A cross-sectional study in distance education. *Nurse education today*, 118, 105523.

Berdida, D. J. E., & Grande, R. A. N. (2023). Nursing students' nomophobia, social media use, attention, motivation, and academic performance: a structural equation modeling approach. *Nurse Education in practice*, 70, 103645.

Bragazzi, NL, Del Puente, G. (2014). A proposal for including nomophobia in the new DSM-V. *Psychology research and behavior management*, 7,155-160.

Çakmakçı, B., & Öner, H. (2022). Hemşirelik Fakültesi öğrencilerinde nomofobi, depresyon ve psikolojik iyi oluş düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 152-171.

Çelik İnce, S. (2021). Relationship between nomophobia of nursing students and their obesity and self-esteem. *Perspectives in Psychiatric Care*, 57(2), 753-760.

Çobanoğlu, A., Bahadır-Yılmaz, E., & Kiziltan, B. (2021). The relationship between nursing students' digital and smartphone addiction levels and nomophobia: A descriptive, correlational study. *Perspectives in psychiatric care*, 57(4), 1727-1734.

descriptive, correlational and predictive research. *Nurse Education in Practice*, 52, 103025.

El-Ashry, A. M., El-Sayed, M. M., Elhay, E. S. A., Taha, S. M., Atta, M. H. R., Hammad, H. A. H., & Khedr, M. A. (2024). Hooked on technology: examining the co-occurrence of nomophobia and impulsive sensation seeking among nursing students. *BMC nursing*, 23(1), 18.

Ferchichi, M. A., Aouadi, K., Aouadi, I., & Sendi, I. (2023). Nomophobia in Tunisian nursing students: prevalence, associated factors, and comorbidity with generalized anxiety disorder. *Journal of Public Health*, 1-10.

Gutiérrez-Puertas, L., Márquez-Hernández, V. V., & Aguilera-Manrique, G. (2016). Adaptation and validation of the Spanish version of the nomophobia questionnaire in nursing studies. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 34(10), 470-475.

Gutiérrez-Puertas, L., Márquez-Hernández, V. V., Gutiérrez-Puertas, V., Granados-Gámez, G., & Aguilera-Manrique, G. (2020). The effect of cell phones on attention and learning in nursing students. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 38(8), 408-414.

Gutiérrez-Puertas, L., Márquez-Hernández, V. V., São-Romão-Preto, L., Granados-Gámez, G., Gutiérrez-Puertas, V., & Aguilera-Manrique, G. (2019). Comparative study of nomophobia among Spanish and Portuguese nursing students. *Nurse education in practice*, 34, 79-84.

Gürçay, B., Tanrikulu, F., Baş, B., Ceylan, N., & Nalbant, H. (2024). Hemşirelik Öğrencilerinin Nomofobi Düzeyleri İle Akademik Öz Yeterlikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Black Sea Journal of Health Science*, 7(1), 17-24.

Haryati, E. A., Widiyanti, E., & Hidayati, N. O. (2020). Nomophobia in Nursing Students at padjadjaran university. *Jurnal Pendidikan Keperawatan Indonesia*, 6(2), 105-112.

Tárrega-Piquer, I., Valero-Chillerón, M. J., González-Chordá, V. M., Llagostera-Reverter, I., Cervera-Gasch, Á., Andreu-Pejo, L., ... & Mena-Tudela, D. (2023). Nomophobia and Its Relationship with Social Anxiety and Procrastination in Nursing Students: An Observational Study. *Nursing Reports*, 13(4), 1695-1705.

Hidayati, J., Widiyanti, E., & Nurlianawati, L. (2021). The relationship between self control and nomophobia in nursing students. *Jurnal Ilmu Keperawatan Jiwa*, 4(2), 429-436.

Karaduman, G. S., Basak, T., Sim-Sim, M. M. S. F., Aaberg, V., & Bule, M. J. (2023). Nomophobia and Phubbing Levels of Nursing Students: A Multicenter Study. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 10-1097.

Kaur, A., & Sharma, P. (2015). A descriptive study to assess the risk of developing nomophobia among students of selected nursing colleges Ludhiana, Punjab. *International Journal of Psychiatric Nursing*, 1(2), 1-6.

- Kaur, A., Ani, A., Sharma, A., & Kumari, V. (2021). Nomophobia and social interaction anxiety among university students. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 15, 100352.
- King, A. L. S., Valença, A. M., & Nardi, A. E. (2010). Nomophobia: The mobile phone in panic disorder with agoraphobia reducing phobias or worsening of dependence?. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 23(1), 52-54.
- Márquez-Hernández, V. V., Gutiérrez-Puertas, L., Granados-Gámez, G., Gutiérrez-Puertas, V., & Aguilera-Manrique, G. (2020). Problematic mobile phone use, nomophobia and decision-making in nursing students mobile and decision-making in nursing students. *Nurse Education in Practice*, 49, 102910.
- Molu, N. G., İcel, S., & Aydoğan, A. (2023). Relationship between nomophobia levels and personality traits of nursing students: a multicenter study. *Modern Care Journal*, 20(3).
- Moreno-Guerrero, A. J., Hinojo-Lucena, F. J., Trujillo-Torres, J. M., & Rodríguez-García, A. M. (2021). Nomophobia and the influence of time to REST among nursing students. A descriptive, correlational and predictive research. *Nurse Education in Practice*, 52, 103025.
- Okuyan, C., Güner, P. D., & Güneş, S. U. (2019). Hemşirelik ve tıp fakültesi öğrencilerinin nomofobi düzeylerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 8(4), 372-382.
- Saraswathi, K. N., & Williams, S. (2019). A Study to Assess the Knowledge and Effect of Nomophobia among Nursing Students of selected Nursing Colleges in Mysore. *International Journal of Nursing Education and Research*, 7(3), 330-332.
- Tamura, H., Nishida, T., Tsuji, A., Sakakibara, H. (2017). Association Between Excessive Use Of Mobile Phone And Insomnia And Depression Among Japanese Adolescents. *International Journal of Environmental Reseach and Public Health*, 14(7), 1-11. DOI:10.3390/ijerph14070701.
- Tuna, R., Alan, H., Saritas, M., & Bacaksiz, F. E. (2023). Touch-operated world of teenagers in the distance education process: A cross-sectional study on nomophobia, netlessphobia and fear of missing out in nursing students. *Nurse Education in Practice*, 71, 103728.
- Yazkan, G., Uğurlu, N., & Bırgılı, F. (2022). Hemşirelik Bölümü Öğrencilerinin Nomofobi Düzeylerinin İncelenmesi. *Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 6(21), 118-128.
- Yigit, D., Cakirli, M., & Acikgoz, A. (2024). The effect of nomophobia levels on nursing students' depression, anxiety and stress levels. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*.
- Rawas, H., Bano, N., Asif, U., & Khan, M. A. (2021). Nomophobia associated with depression,



anxiety, and stress in nursing students: A cross-sectional study in college of nursing, Jeddah, Saudi Arabia. *King Khalid University Journal of Health Sciences*, 6(1), 46-51.

PEDİATRİ KLİNİKLERİNDE UYGULAMA YAPAN ÖĞRENCİ HEMŞİRELERİN HEMŞİRELİK BAKIM DAVRANIŞLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELERİ

Arş. Gör. Dr. Bahar ÇOLAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları
Hemşireliği Anabilim Dalı
b.colak9367@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0850-9114

Öğr. Gör. Berrin GÖGER

Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Sema Doğan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi
Hizmetler ve Teknikler Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hemşirelik Anabilim Dalı
berrin.goger@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-7277-6578

ÖZET

Aile merkezli bakım pediatri hemşireliğinde, hastanede yatan çocuk ve ailesinin beklentilerine en iyi cevap veren ve gereksinimlerini en iyi şekilde karşılayan bir bakım felsefesidir. Aile ve çocuğun bir bütün olarak ele alındığı bu yaklaşımının temelinde ebeveynlerin yeterli kılınması, güçlendirilmesi yer almaktadır. Bu yaklaşım ailenin kararlarına saygı duymakta, çocuk ve ailenin bağımsızlığını desteklemektedir. Bu kapsamda araştırma, çocuk hasta ve ebeveynlere hemşire tarafından verilen bakım davranışlarının öğrenci gözünden değerlendirmesini amaçlamaktadır. Araştırma Nisan-Mayıs 2024 tarihleri arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Hemşirelik Bölümünde eğitim gören ve çocuk sağlığı ve hastalıkları hemşireliği dersi uygulamasını yapan 130 öğrenci hemşire ile yürütüldü. Araştırmanın verileri öğrencilerin uygulama yaptığı KTÜ Farabi Hastanesi'nin süt çocuğu, adolesan, çocuk enfeksiyon ve çocuk cerrahi servislerinde öğrenci hemşireler uygulama yaparken toplandı. Araştırmada "Bakım Davranışları Ölçeği" kullanıldı. Ölçek hemşirelik bakımını değerlendirmek için tasarlanmış olup 1-hiç ve 6- her zaman olmak üzere 6'lı likert şeklindedir. Puan ortalaması üzerinden değerlendirilebilmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilerin %78.5'inin kadın, yaş ortalamalarının 22.10 ± 1.14 , %28.5'inin adolesan, %26.2'sinin çocuk enfeksiyon, %23.1'inin çocuk cerrahi ve %22.3'ünün süt çocuğu servisinde uygulama yaptığı belirlendi. Ölçek alt boyut puan ortalamaları; başkalarına saygı 4.19 ± 0.86 , profesyonel bilgi ve tutum 4.55 ± 0.81 ve birey için ulaşılabilir olma 4.13 ± 0.89 olarak belirlendi. Toplam ölçek ortalaması ise 4.29 ± 0.82 tespit edildi. Sonuç olarak öğrencilerin gözünden hemşirelerin bakım davranışlarını değerlendiren bu araştırmada bakım davranış puanlarının ortalamasının üzerinde olduğu ancak aile merkezli bakım açısından yeterli olmadığı saptanarak öneriler sunuldu.

Anahtar Kelimeler: Bakım davranışı, öğrenci, hemşire, çocuk hasta, aile merkezli bakım

EVALUATIONS OF NURSING CARE BEHAVIORS BY STUDENT NURSES PRACTICING IN PEDIATRIC CLINICS

Research Assistant Dr. Bahar ÇOLAK

Karadeniz Technical University, Faculty of Health Sciences, Department of Pediatric Nursing
b.colak9367@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0850-9114

Lecturer Berrin GÖGER

Gümüşhane University, Kelkit Sema Doğan Vocational School of Health Services,
Department of Medical Services and Techniques
Karadeniz Technical University, Institute of Health Sciences, Department of Nursing
berrin.goger@gmail.com - ORCID ID: 0000-0001-7277-6578

ABSTRACT

Family-centered care in pediatric nursing is a philosophy that best meets the expectations and needs of hospitalized children and their families. This approach, which considers the family and the child as a whole, is based on empowering and enabling parents. It respects the family's decisions and supports the independence of the child and family. This research aims to evaluate the care behaviors provided by nurses to pediatric patients and their parents from the perspective of nursing students. The study was conducted between April-May 2024 with 130 nursing students enrolled in the pediatric nursing course at Karadeniz Technical University. The data were collected while student nurses were practicing in the infant, adolescent, pediatric infection, and pediatric surgery wards of KTÜ Farabi Hospital. The "Care Behaviors Inventory" was used in the research. The inventory is designed to evaluate nursing care on a 6-point Likert scale, ranging from 1-never to 6-always, and can be assessed based on the average score. It was determined that 78.5% of the participating students were female, with an average age of 22.10 ± 1.14 , and that 28.5% practiced in the adolescent ward, 26.2% in the pediatric infection ward, 23.1% in the pediatric surgery ward, and 22.3% in the infant ward. The average subscale scores were found to be 4.19 ± 0.86 for respect for others, 4.55 ± 0.81 for professional knowledge and attitude, and 4.13 ± 0.89 for being accessible to the individual. The overall scale average was determined to be 4.29 ± 0.82 . As a result, the research evaluating the care behaviors of nurses from the students' perspective found that the care behavior scores were above average but insufficient in terms of family-centered care, leading to recommendations for improvement.

Keywords: Care behavior, student, nurse, pediatric patient, family-centered care

5. GİRİŞ

Çocukların hastanede yatarak tedavi görmeleri, aileleri için büyük bir anksiyete kaynağıdır. Ailenin evinden uzakta olması, aile içindeki rollerin aksaması ve evde bakıma ihtiyaç duyan başka çocukların bulunması gibi çeşitli faktörler, ebeveynlerin yoğun bir stres yaşamasına neden olur. Bunun yanı sıra, hastane ortamının yabancılığı, çocuğun durumuna dair belirsizlikler ve çocuklarını nasıl destekleyecekleri ile ilgili endişeler, aileleri büyük bir belirsizlik ve çaresizlik içine sürükler. Ebeveynler, çocuklarının iyileşme sürecine nasıl katkıda

bulunacaklarını ve bakım verme sorumluluklarını nasıl yerine getireceklerini bilememenin verdiği korkuyla mücadele ederken, aynı zamanda hastanenin getirdiği duygusal ve fiziksel zorluklarla da başa çıkmak zorunda kalırlar. Bu durum, ailelerin hem duygusal hem de psikolojik olarak ciddi bir yük altına girmesine yol açar ve hastanede geçirilen süre boyunca sürekli bir endişe hali içinde olmalarına neden olur (Tosun & Tüfekci, 2015; Aykanat & Gözen, 2014).

Ebeveynlerin stresinin azaltılması, anksiyetelerinin önüne geçilmesi, çocuğun güvende hissetmesi ve ailenin hissettiği çaresizlik duygularının hafifletilmesi bakımından pediatri kliniklerinde aile merkezli bakımın kullanılması temel bir felsefedir. Bu bakım felsefesi hem çocuk hem de ailesine fiziksel, duygusal, sosyal, kültürel ve spiritüel açıdan bütüncül bir bakım sunmayı amaçlamaktadır. Yalnızca çocuğa bakım vermekle sınırlı kalmayıp, aileyi de sürece dahil ederek, çocukla ilgili tüm durumlardaki karar ve uygulamalarda aile ile işbirliği yapılmasını öngörmektedir. Aile merkezli bakım, ebeveynlerin ve çocukların hastanede geçirdikleri süreci daha yönetilebilir kılmakta ve sağlık sonuçlarını iyileştirmektedir. Bu yaklaşım, ailelerin çocuklarının bakımına aktif katılımını teşvik ederek, onların duygusal ve psikolojik yüklerini hafifletmeye yardımcı olur. Ayrıca, aile merkezli bakım modeli, sağlık profesyonelleri ile aileler arasında etkili iletişimi ve iş birliğini destekler, böylece çocukların sağlık ve iyilik halini en üst düzeye çıkarır (Söyünmez e Koç, 2020; Coyne, Hallström, & Söderbäck, 2016).

Aile merkezli bakımın temel ilkeleri, çocuk ve ailesine duyulan saygıyı merkeze alır. Her çocuğun ve ailenin benzersizliğine değer vermek, ırk, etnik köken, kültürel arka plan ve sosyoekonomik çeşitliliğe saygı göstermek bu yaklaşımın temel taşlarındandır. Ailelerin bakım deneyimleri ve algıları, sağlık hizmetlerinin sunumunda onurlandırılmalı ve dikkate alınmalıdır. Bu felsefe, zorlu durumlarda dahi ailelerin güçlü yönlerini tanımayı ve bu güçlü yanları desteklemeyi içerir. Ailelerin ve çocukların bakım ve destek konusunda tercihlerini kolaylaştırmak ve bu seçimleri desteklemek esastır.

Hizmetlerin her çocuğun ve ailenin özel ihtiyaçlarına, inançlarına ve kültürel değerlerine uygun şekilde uyarlanması, sağlık politikaları ve uygulamaları açısından önemlidir. Ayrıca, sağlık profesyonelleri ile aileler arasında sürekli ve dürüst iletişim sağlanmalı, ailelere gerekli bilgiler objektif ve kanıta dayalı bir şekilde sunulmalıdır. Gebelikten başlayarak, doğum, bebeklik, çocukluk, ergenlik ve genç yetişkinlik dönemlerinde, ailelere ve çocuklara ihtiyaç duydukları resmi veya gayri resmi desteklerin sunulması da önem taşır.

Bu ilkeler çerçevesinde, aileler ve sağlık profesyonelleri arasında her düzeyde iş birliği teşvik edilmelidir. Ailelerin sağlık bakım sistemine etkin bir şekilde dahil olmaları sağlanarak, onların bireysel güçlü yanlarını ve başa çıkma mekanizmalarını tanımak, bu süreçte ailelerin birbirini desteklemesine olanak tanıyacak iletişim ağları oluşturmak da bu bakım modelinin ayrılmaz bir parçasıdır. Son olarak, ailelerin, sağlıkla ilgili karar alma süreçlerinde etkin rol oynamaları desteklenmeli, onlara güven inşa etmeleri ve güçlerini keşfetmeleri için fırsatlar sunulmalıdır. Bu ilkeler, ailelerin çocuğun yaşamındaki sürekli önemini kabul ederek, sağlık bakımının her düzeyinde ailenin aktif katılımını sağlamayı amaçlamaktadır (Boztepe, 2008; Çelik, 2018). Bu bilgiler doğrultusunda yapılan araştırmada, hemşirelerin çocuklara ve ebeveynlerine yönelik aile merkezli bakım davranışlarının belirlenmesi amacıyla hemşirelik öğrencilerinin gözlemleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, hemşire-hasta ve hasta yakını arasındaki ilişkilerin üçüncü bir tarafın objektif bakış açısıyla incelenmesini sağlamaktır. Hemşirelik öğrencilerinin gözlemleri, klinik uygulamalarda aile merkezli bakımın nasıl gerçekleştirildiğini anlamak, olası iyileştirme alanlarını tespit etmek ve hemşirelik eğitimi için geri bildirim sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşımla, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak ve hemşirelik uygulamalarını daha etkili ve aile odaklı hale getirmek hedeflenmiştir.

6. YÖNTEM

6.1. Araştırmanın Tipi

Araştırma tanımlayıcı ve kesitsel tipte tasarlandı.

6.2. Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın örneklemi Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği dersini alan ve uygulamasına çıkan 130 üçüncü sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Öğrenciler uygulamalarını Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezinin (Farabi Hastanesi) Süt Çocuğu, Adölesan, Çocuk Cerrahi ve Çocuk Enfeksiyon servislerinde yapmaktadır.

6.3. Veri Toplama Araçları

Bakım Davranışları Ölçeği

Wolf ve arkadaşları tarafından geliştirilen ve orijinal versiyonu 42 maddeden oluşan ölçeğin ülkemizdeki geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Gül ve Dinç (2020) tarafından yapılmıştır. Ölçek 30 madde; “başkalarına saygı”, “profesyonel bilgi ve tutum” ve “birey için ulaşılabilir olma” olmak üzere üç alt boyuttan oluşmaktadır. 1= “Hiç”, 2=“nadiren”, 3=“bazen”, 4=“genellikle”, 5=“neredeyse her zaman”, 6=“her zaman” olmak üzere 6’lı likert şeklindedir.

6.4.Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada verilerin analizinde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) paket programı kullanıldı. Verilerin değerlendirilmesinde öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu çarpıklık (Skewness) ile basıklık (Kurtosis) değerleri ile test edildi. Çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayıları -1,5 ile +1,5 arasında bir değer alıyorsa verilerin dağılımı normal dağılıma uygunluk gösterdiği kabul edilmektedir (Pallant, 2017). Ayrıca araştırmada ortalama, standart sapma, yüzde ve frekans değerlerine yer verildi.

7. BULGULAR

Araştırmaya katılan hemşirelik öğrencilerinin %78.5’i kadın, %21.5’i erkek, yaş ortalamaları 22.10 ± 1.14 saptandı. Öğrencilerin %28.5’inin adölesan, %26.2’sinin çocuk enfeksiyon, %23.1’inin çocuk cerrahi ve %22.3’ünün süt çocuğu servisinde uygulama yapmaktadır.

Öğrencilerin bakım davranış ölçeği puan ortalaması sırasıyla; başkalarına saygı alt boyutu 4.19 ± 0.86 , profesyonel bilgi ve tutum 4.55 ± 0.81 , birey için ulaşılabilir olma 4.13 ± 0.89 ve toplam ölçek puan ortalaması ise 4.29 ± 0.82 olarak belirlendi.

Çizelge 1. Hemşirelik öğrencilerinin bakım davranışları ölçeği alt boyut ve toplam puan ortalamalarına ilişkin ortalama ve standart sapma değerlerinin dağılımı

Başkalarına Saygı	Profesyonel Bilgi ve Tutum	Birey İçin Ulaşılabilir	Toplam Ölçek
Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS
4.19 ± 0.86	4.55 ± 0.81	4.13 ± 0.89	4.29 ± 0.82

Öğrenci hemşirelerin hemşirelerin bakım davranışlarına ilişkin verdikleri yanıtlara göre en düşük puan ortalamasına sahip dört madde sırasıyla;

“Hastayla gönüllü olarak ilgilenir” 3.86 ± 1.32 , “Hastanın hastaneye yattığı ve tedaviye başladığı ilk zamanlarda özel ilgi gösterir” 3.91 ± 1.04 , “Hastanın dile getirdiği ve getiremediği gereksinimlerini karşılar” 3.92 ± 1.13 ve “Hastayı kendi bakımını planlamasına dahil eder”

3.94±1.18 şeklinde belirlendi.

Öğrenci hemşirelerin uygulama yaptıkları kliniklere göre ise bakım davranışları ölçeği toplam puan ortalaması ve alt boyutları ile anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p<0.005$).

8. TARTIŞMA

Bu çalışmada, öğrenci hemşirelerin profesyonel hemşirelerin bakım davranışlarını değerlendirirken, başkalarına saygı, profesyonel bilgi ve tutum, birey için ulaşılabilir olma gibi unsurların ortalamanın üzerinde olduğu, ancak iyi bir seviyede olmadığı sonucuna varılmıştır. Aile merkezli bakım bağlamında bu bulgular, hemşirelik uygulamalarında bu temel unsurların önemli bir yer tuttuğunu ancak tam anlamıyla istenen düzeye ulaşılmadığını göstermektedir. Öğrenci hemşirelerin, profesyonel hemşirelerin davranışlarını değerlendirirken elde ettiği bu sonuçlar, hemşirelik eğitiminin ve klinik uygulamaların nasıl gelişmesi gerektiği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır.

Öğrenci hemşirelerin bakış açısıyla yapılan bu değerlendirme, bakım kalitesinin nesnel bir şekilde analiz edilmesine katkıda bulunabilir. Ancak, öğrencilerin bilgi ve deneyim seviyelerinin sınırlı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Öğrencilerin değerlendirmeleri, profesyonel hemşirelerin pratikte karşılaştığı karmaşıklıkları ve dinamikleri tam olarak yansıtmayabilir. Buna rağmen, bu değerlendirmeler, klinik uygulamalarda göz ardı edilebilecek eksiklikleri ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir. Özellikle aile merkezli bakım yaklaşımında, hemşirelerin hasta ve aileleriyle olan etkileşimlerinde mükemmeliyeti hedeflemesi gerektiği, bu sonuçlarla daha da belirgin hale gelmektedir.

Bu bulgular, hemşirelik eğitiminin aile merkezli bakım konusundaki vurgusunu artırma gerekliliğini ve öğrencilerin bu alanda daha derinlemesine bilgi edinmesini sağlama ihtiyacını göstermektedir. Öğrenci hemşirelerin değerlendirmeleri hem eğitmenlere hem de uygulayıcılara, bakım kalitesinin nasıl iyileştirilebileceğine dair değerli bilgiler sunabilir, ancak bu değerlendirmelerin eğitim ve rehberlikle desteklenmesi önemlidir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, “hastayla gönüllü olarak ilgilenme” (3.86 ± 1.32), “hastanın hastaneye yattığı ve tedaviye başladığı ilk zamanlarda özel ilgi gösterme” (3.91 ± 1.04), “hastanın dile getirdiği ve getiremediği gereksinimlerini karşılama” (3.92 ± 1.13) ve “hastayı kendi bakımını planlamasına dahil etme” (3.94 ± 1.18) gibi aile merkezli bakımın temel unsurlarının ortalamanın üzerinde değerlendirildiğini ancak çok iyi düzeye ulaşmadığını göstermektedir. Aile merkezli bakım yaklaşımında, hasta ve ailesinin bütüncül ihtiyaçlarının karşılanması, sağlık hizmetinin kalitesini ve hasta memnuniyetini artıran önemli bir faktördür.

Bu bağlamda, hemşirelerin hastalarla gönüllü olarak ilgilenmeleri ve onlara özel ilgi göstermeleri, hasta-hemşire ilişkisini güçlendirir ve hasta güvenini artırır. Ancak, bu davranışların istenen mükemmel düzeyde olmaması, klinik uygulamalarda bu alanlara daha fazla odaklanılması gerektiğini düşündürmektedir.

Hastaların dile getirdiği ve getiremediği gereksinimlerin karşılanması, aile merkezli bakımın temel bileşenlerinden biridir. Bu yaklaşım, hemşirelerin hastaları ve ailelerini aktif bir şekilde dinlemelerini, onların ifade edemedikleri ihtiyaçları anlamalarını ve bu ihtiyaçları karşılamak için proaktif bir yaklaşım benimsemelerini gerektirir. Ancak, bu maddenin de mükemmel düzeyde olmaması, hemşirelerin bu alanda daha fazla eğitime ve desteklenmeye ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, hastayı kendi bakımını planlamasına dahil etme davranışı, hastanın bakım sürecine katılımını artırarak, tedaviye uyumunu ve memnuniyetini yükseltir. Fakat, bu davranışın da istenilen düzeye ulaşmaması, bu konuda hemşirelerin daha fazla yönlendirilmesi ve eğitim alması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Öğrenci hemşirelerin uygulama yaptıkları kliniklere göre bakım davranışları ölçeği toplam puan ortalaması ve alt boyutları arasında anlamlı farklılık bulunmaması, bu dört önemli maddenin genel olarak sağlık hizmetleri içerisinde standart bir düzeyde kaldığını, ancak bu standardın geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Aile merkezli bakım yaklaşımının daha etkin bir şekilde uygulanması için hemşirelik eğitiminde bu alanlara daha fazla odaklanılmalı ve klinik uygulamalar bu doğrultuda iyileştirilmelidir.

SONUÇ

Bu çalışma, öğrenci hemşirelerin profesyonel hemşirelerin bakım davranışlarını değerlendirmesi üzerine odaklanmıştır. Bulgular, başkalarına saygı, profesyonel bilgi ve tutum, birey için ulaşılabilir olma gibi temel bakım davranışlarının ortalamanın üzerinde olduğunu, ancak mükemmel düzeye ulaşmadığını göstermektedir. Özellikle aile merkezli bakım kapsamında ele alınan, hastayla gönüllü olarak ilgilenme, hastaya özel ilgi gösterme, hastanın dile getirdiği ve getiremediği gereksinimlerini karşılama ve hastayı kendi bakımını planlamasına dahil etme gibi davranışlar da benzer şekilde ortalama üzerinde, ancak istenilen düzeyde değildir. Ayrıca, klinik ortamlar arasında bu davranışların genel bir standarda sahip olduğu ve anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, hemşirelik bakımının kalite düzeyinin yükseltilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda öneriler;

- Hemşirelerin klinik ortamlarda daha etkili bakım davranışları sergilemeleri için, klinik

rehberlik ve mentorluk sistemleri güçlendirilmelidir.

- Profesyonel hemşirelerin, öğrenci hemşirelere rol model olarak daha yüksek standartlarda bakım sunmaları teşvik edilmelidir. Öğrenci hemşirelerin değerlendirmeleri, bakım süreçlerinin kalitesini artırmak amacıyla düzenli olarak analiz edilmeli ve bu değerlendirmelerden elde edilen bulgular, hemşirelik eğitimi ve klinik uygulamalar için geri bildirim olarak kullanılmalıdır.
- Hemşirelerin mesleki bilgi ve becerilerini güncel tutmaları için sürekli eğitim programları ve seminerler düzenlenmelidir. Bu programlar, aile merkezli bakım ve hasta-hemşire ilişkileri gibi önemli konuları kapsamalıdır.
- Hemşirelerin, hastaların ve ailelerin bakım sürecine daha aktif katılımını sağlamaları için uygun araçlar ve yaklaşımlar geliştirilmelidir. Bu, hasta memnuniyetini artırırken, bakımın kalitesini de yükseltecektir.

Bu öneriler doğrultusunda, hemşirelik eğitimi ve klinik uygulamalarda yapılacak iyileştirmeler, bakım kalitesinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Aile merkezli bakım yaklaşımının daha etkin bir şekilde uygulanması, hasta memnuniyetini ve sağlık hizmetlerinin genel kalitesini olumlu yönde etkileyecektir.

KAYNAKÇA

- Pallant, J. (2017). SPSS Survival Manual A Step By Step Guide to Data Analysis Using IBM SPSS. (S. Balcı & B. Ahi, trans.). 2nd edition, Ankara, Anı Publishing.
- Colaizzi, P. (1978). Psychological research as a phenomenologist views it. In: Valle, R. S. & King, M. (1978). Existential Phenomenological Alternatives for Psychology. Open University Press: New York.
- Tosun, A., & Tüfekci, F. G. (2015). Çocuk Kliniklerinde Aile Merkezli Bakım Uygulamalarının İncelenmesi. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 18(2), 131-139.
- Öztürk, C., & Ayar, D. (2014). Pediatri hemşireliğinde aile merkezli bakım. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 7(4), 315-320.
- Aykanat, B., & Gözen, D. (2014). Çocuk sağlığı hemşireliğinde aile merkezli bakım yaklaşımı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 683-695.
- Boztepe, H. (2009). Pediatri hemşireliğinde aile merkezli bakım. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, 1(2), 88-93.

- Söyünmez, S., & Koç, E. T. (2020). Pediatri hemşireliğinde aile merkezli bakım. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(3), 141-148.
- Coyne, I., Hallström, I., & Söderbäck, M. (2016). Reframing the focus from a family-centred to a child-centred care approach for children's healthcare. *Journal of Child Health Care*, 20(4), 494-502.
- Gul, S., & Dinc, L. (2020). Psychometric Evaluation of the Caring Behaviors Inventory in Turkish Nurses and Patients. *Journal of nursing measurement*, 28(1), 60-72.

ON THE SOLUTION OF SPACE-TIME FRACTIONAL WAVE PROBLEM WITH FRACTIONAL NEUMANN BOUNDARY CONDITIONS

Asst. Prof. Dr. Suleyman CETINKAYA

Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics,
suleyman.cetinkaya@kocaeli.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8214-5099

Prof. Dr. Ali DEMIR

Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics,
ademir@kocaeli.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-3425-1812

ABSTRACT

The primary focus of this study is to establish exact solution of space-time fractional wave problem (STFWP) by means of separation of variables method. The fractional derivatives are taken in Caputo sense. The homogenous boundary conditions are given as fractional Neumann boundary conditions. The proposed method allows us to construct the solution in series form in terms of fractional trigonometric functions.

Keywords: Space-Time Fractional Wave Equation, Separation of Variables Method, Caputo Fractional Derivative, Fractional Trigonometric Functions

1. INTRODUCTION

Constructing the exact solutions of fractional differential equations is a significant and open problem. Various methods have been developed and used to establish exact or numerical solutions to them. Since this kind of differential equations have been utilized in the modeling of various systems in engineering, physics, chemistry engineering, biology, and mathematics, numerous researchers have been studying on the solution methods and new fractional derivatives (Choi & Chan , 1992) (Demir, Bayrak, Bulut, Ozbilge, & Cetinkaya, 2023) (Diethelm, 1997) (Kilbas, Srivastava, & Trujillo, 2006) (Li & Zeng, Finite difference methods for fractional differential equations, 2012) (Li & Zeng, Numerical methods for fractional calculus, 2015) (Li & Wang, 2022) (Odibat & Momani, 2009) (Oldham & Spanier, 1974) (Podlubny, 1999) (Salman, Mohd, & Muhammad, 2023) (Tian, Yang, Zhang, & Xu, 2023) (Tomasek, 2023) (Akyol, Cetinkaya, & Demir , 2021) (Cetinkaya & Demir , 2020a) (Cetinkaya

& Demir, 2023a) (Cetinkaya & Demir, 2021a) (Cetinkaya & Demir, 2019a) (Cetinkaya & Demir, 2020b) (Cetinkaya & Demir, 2023b) (Cetinkaya & Demir, 2022a) (Cetinkaya & Demir, 2022b) (Cetinkaya & Demir, 2020c) (Cetinkaya & Demir, 2021b) (Cetinkaya & Demir, 2022c) (Cetinkaya & Demir, 2021c) (Cetinkaya & Demir, 2022d) (Cetinkaya & Demir, 2024a) (Cetinkaya & Demir, 2021d) (Cetinkaya & Demir, 2022e) (Cetinkaya & Demir, 2021e) (Cetinkaya & Demir, 2023c) (Cetinkaya & Demir, 2021f) (Cetinkaya & Demir, 2021g) (Cetinkaya & Demir, 2022e) (Cetinkaya & Demir, 2023d) (Cetinkaya & Demir, 2020d) (Cetinkaya & Demir, 2022f) (Cetinkaya, Bayrak, Demir, & Baleanu, 2022) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020e) (Cetinkaya, Demir, & Baleanu, 2021h) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2021g) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020f) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020i) (Demir, Bayrak, Bulut, Ozbilge, & Cetinkaya, 2023) (Kodal Sevindir, Cetinkaya, & Demir, 2021). The main reason of this interest is that the properties of fractional derivatives make the fractional mathematical models reflect the behavior of the systems under consideration.

In this research, we focus on the solution of STFWP by means of separation of variables method. Fractional Neumann boundary conditions are taken into account. Moreover, the solution is obtained in the series form in terms of fractional trigonometric functions.

$${}^c D_t^\alpha \left({}^c D_t^\alpha (u(x, t)) \right) = c^2 {}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (u(x, t)) \right), 0 < t < T, 0 < x < l, 0 < \alpha, \beta \leq 1,$$

$$u(x, 0) = \Phi(x), \quad {}^c D_t^\alpha (u(x, t)) \Big|_{t=0} = \Psi(x),$$

$${}^c D_x^\beta (u(x, t)) \Big|_{x=0} = {}^c D_x^\beta (u(x, t)) \Big|_{x=l} = 0.$$

Taking $\alpha = \beta = 1$ leads to the following ordinary wave problem:

$$u_{tt}(x, t) - c^2 u_{xx}(x, t) = 0, 0 < t < T, 0 < x < l, 0 < \alpha < 1,$$

$$u(x, 0) = \Phi(x), \quad u_t(x, 0) = \Psi(x),$$

$$u_x(0, t) = u_x(l, t) = 0.$$

2. PRELIMINARY RESULTS

In this section, fundamental concepts are given (Kilbas, Srivastava, & Trujillo, 2006).

The definition of Riemann-Liouville fractional integral of order $\alpha > 0$ is defined as

$$I_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t (t-s)^{\alpha-1} f(s) ds,$$

where $f(t)$ is a real valued function.

The definition of Liouville-Caputo fractional derivative of order $\alpha > 0$ is given as

$$\frac{\partial^\alpha f(t)}{\partial t^\alpha} = I_t^{m-\alpha} \left[\frac{\partial^m f(t)}{\partial t^m} \right] = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(m-\alpha)} \int_0^t (t-y)^{m-\alpha-1} \frac{\partial^m f(y)}{\partial y^m} dy, m-1 < \alpha < m, \\ \frac{\partial^m f(t)}{\partial t^m}, \alpha = m, \end{cases}$$

where I_t^α denotes Riemann-Liouville fractional integral of order $\alpha > 0$.

The definition of two parametrized Mittag-Leffler function is presented as

$$E_{\alpha,\beta}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\alpha k + \beta)}, \operatorname{Re}(\alpha) > 0, z, \beta \in \mathbb{C}$$

where α and β denote parameters. The relations between Mittag-Leffler function and Caputo fractional derivative are listed as

- i) ${}^C D_t^\alpha (E_{\alpha,1}(t^\alpha)) = E_{\alpha,1}(t^\alpha),$
- ii) ${}^C D_t^{n\alpha} (E_{\alpha,1}(kt^\alpha)) = k^n E_{\alpha,1}(kt^\alpha)$ where $0 < \alpha < 1$, k is a constant and $n \in \mathbb{N}$.

The definitions of fractional trigonometric functions in terms of Mittag-Leffler function are given in the following form

$$\sin_\alpha(ct^\alpha) = \frac{E_{\alpha,1}(ict^\alpha) - E_{\alpha,1}(-ict^\alpha)}{2i} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (ct^\alpha)^{2n+1}}{\Gamma((2n+1)\alpha+1)},$$

$$\cos_\alpha(ct^\alpha) = \frac{E_{\alpha,1}(ict^\alpha) + E_{\alpha,1}(-ict^\alpha)}{2} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (ct^\alpha)^{2n}}{\Gamma(2n\alpha+1)}$$

where $i = \sqrt{-1}$.

3. MAIN RESULTS

Based on the separation of variables method the solution can be taken as a multiplication of two functions as

$$u(x, t; \alpha, \beta) = T(t; \alpha, \beta)X(x; \beta). \quad (1)$$

Substituting (1) into the space-time fractional wave equation yields the following:

$${}^c D_t^\alpha \left({}^c D_t^\alpha (T(t; \alpha, \beta)) \right) X(x; \beta) = c^2 {}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \right) T(t; \alpha, \beta).$$

Rearranging the above equation yields the following:

$$-\frac{{}^c D_t^\alpha \left({}^c D_t^\alpha (T(t; \alpha, \beta)) \right)}{c^2 T(t; \alpha, \beta)} = -\frac{{}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \right)}{X(x; \beta)} = \lambda^2(\beta).$$

Taking $\lambda^2(\beta) = -\frac{{}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \right)}{X(x; \beta)}$ produces the following reduced problems

$$1) \quad {}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \right) + \lambda^2(\beta) X(x; \beta) = 0,$$

$${}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \Big|_{x=0} = {}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \Big|_{x=l} = 0$$

where the boundary conditions follows from the boundary conditions of STFWP.

$$2) \quad {}^c D_t^\alpha \left({}^c D_t^\alpha (T(t; \alpha, \beta)) \right) + c^2 \lambda^2(\beta) T(t; \alpha, \beta) = 0,$$

$$T(0; \alpha, \beta) = \Phi(x), \quad {}^c D_t^\alpha (T(t; \alpha, \beta)) \Big|_{t=0} = \Psi(x).$$

In the first reduced problem, taking $X(x; \beta) = E_{\beta,1}(rx^\beta)$ leads to the characteristic equation:

$$r^2 + \lambda^2(\beta) = 0.$$

Two different cases are considered for the solution of the first reduced problem:

Case 1. Taking $\lambda(\beta) = 0$ leads to two coincident roots $r_1 = r_2 = 0$ which yields the following solution:

$$X(x; \beta) = c_1 \frac{x^\beta}{\beta \Gamma(\beta)} + c_2,$$

$${}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) = {}^c D_x^\beta \left(c_1 \frac{x^\beta}{\beta \Gamma(\beta)} + c_2 \right) = c_1$$

The boundary condition ${}^c D_x^\beta (X(x; \beta)) \Big|_{x=0} = 0$ leads to

$$c_1 = 0$$

which yields the following solution

$$X(x; \beta) = c_2.$$

Second reduced problem has the following solution for $\lambda(\beta) = 0$:

$$T(t; \alpha, \beta) = d_1 \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} + d_2.$$

As a results, the following solution is established for STFWP

$$u(x, t; \alpha, \beta) = X(x; \beta)T(t; \alpha, \beta) = c_2 d_1 \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} + c_2 d_2 = e_1 \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} + e_2.$$

Case 2. Taking $\lambda(\beta) \neq 0$ leads two distinct purely imaginary roots $r_{1,2} = \pm i\lambda(\beta)$ which yields the following solution to first reduced problem

$$X(x; \beta) = c_1 \cos_\beta(\lambda(\beta)x^\beta) + c_2 \sin_\beta(\lambda(\beta)x^\beta).$$

The boundary condition ${}^C D_x^\beta(X(x; \beta))\big|_{x=0} = 0$ leads to the result $c_2 = 0$. The other boundary

condition ${}^C D_x^\beta(X(x; \beta))\big|_{x=l} = 0$ leads to the equation $\sin_\beta(\lambda(\beta)l^\beta) = 0$ for which the solutions are obtained in the following form

$$w_n(\beta) = \lambda_n(\beta)l^\beta,$$

$$\lambda_n(\beta) = \frac{w_n(\beta)}{l^\beta}, 0 < w_1(\beta) < w_2(\beta) < w_3(\beta) < \dots$$

Therefore, the following solutions are obtained for the first reduced problem

$$X_n(x; \beta) = c_n \cos_\beta\left(w_n(\beta)\left(\frac{x}{l}\right)^\beta\right) = \cos_\beta\left(w_n(\beta)\left(\frac{x}{l}\right)^\beta\right), n = 1, 2, 3, \dots$$

Second reduced problem has the following solution for $\lambda(\beta) \neq 0$:

$${}^C D_t^\alpha\left({}^C D_t^\alpha(T(t; \alpha, \beta))\right) + c^2 \lambda^2(\beta)T(t; \alpha, \beta) = 0 \text{ which have the following solutions}$$

$$T_n(t; \alpha, \beta) = A_n \cos_\alpha(c\lambda_n(\beta)t^\alpha) + B_n \sin_\alpha(c\lambda_n(\beta)t^\alpha), n = 1, 2, 3, \dots$$

Therefore, the solutions to STFWP are established as

$$u_n(x, t; \alpha, \beta) = X_n(x; \beta) T_n(t; \alpha, \beta) = \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) (A_n \cos_\alpha (c \lambda_n(\beta) t^\alpha) + B_n \sin_\alpha (c \lambda_n(\beta) t^\alpha)) = \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) \left(A_n \cos_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) + B_n \sin_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) \right), n = 1, 2, 3, \dots$$

The superposition principle leads to the following general solution to TFWP

$$u(x, t; \alpha, \beta) = e_1 \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} + e_2 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n \cos_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) + B_n \sin_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) \right) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right)$$

which satisfies the boundary conditions. The unknown A_n and $B_n, n = 1, 2, 3, \dots$ are determined in a way that the initial conditions are also satisfied

$$u(x, 0; \alpha, \beta) = \Phi(x) = e_2 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right),$$

$${}^c D_t^\alpha (u(x, t))|_{t=0} = \left(e_1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(-A_n c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} \sin_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) + B_n c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} \cos_\alpha \left(c \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) \right) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) \right) \Big|_{t=0} = e_1 + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \frac{w_n(\beta)}{l^\beta} \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) = \Psi(x).$$

The utilization of inner product (Kodal Sevindir & Demir, The Solution of Initial Boundary Value Problem with Time and Space-Fractional Diffusion Equation via a Novel Inner Product, 2018) the unknown coefficients are determined as

$$e_1 = \frac{1}{l} T^{-1} \left(\int \Psi(x) dx \right) \Big|_0^l,$$

$$e_2 = \frac{1}{l} T^{-1} \left(\int \Phi(x) dx \right) \Big|_0^l,$$

$$A_n = \frac{2}{l} T^{-1} \left(\int \Phi(x) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) dx \right) \Big|_0^l, n = 1, 2, 3, \dots$$

$$B_n = \frac{2}{c w_n(\beta)} T^{-1} \left(\int \Psi(x) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) dx \right) \Big|_0^l, n = 1, 2, 3, \dots$$

4. ILLUSTRATIVE EXAMPLE

The aim of this section is to present some examples of STFWP to illustrate implementation of the proposed method.

Example: Take the following STFWP into consideration

$${}^c D_t^{2\alpha}(u(x, t)) = {}^c D_x^\beta \left({}^c D_x^\beta (u(x, t)) \right), 0 < t < T, 0 < x < l, 0 < \alpha, \beta \leq 1$$

subject to the following initial and boundary conditions, respectively

$$u(x, 0) = \cos_\beta(5\pi x^\beta), \quad {}^c D_t^\alpha(u(x, t))|_{t=0} = 0,$$

$${}^c D_x^\beta(u(x, t))|_{x=0} = {}^c D_x^\beta(u(x, t))|_{x=l} = 0.$$

The exact solution is obtained as

$$u(x, t; \alpha, \beta) = \cos_\beta(5\pi x^\beta) \cos_\alpha(5\pi t^\alpha).$$

Applying separation of variables method enables us to establish the solution $u(x, t; \alpha, \beta)$ in the series form in terms of fractional trigonometric functions as

$$u(x, t; \alpha, \beta) = e_1 \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha)} + e_2 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n \cos_\alpha \left(\frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) + B_n \sin_\alpha \left(\frac{w_n(\beta)}{l^\beta} t^\alpha \right) \right) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right)$$

where the unknown coefficients are obtained as

$$e_1 = \frac{1}{l} T^{-1} \left(\int \Psi(x) dx \right) \Big|_0^l = 0,$$

$$e_2 = \frac{1}{l} T^{-1} \left(\int \Phi(x) dx \right) \Big|_0^l = \frac{1}{l} T^{-1} \left(\int \cos_\beta(5\pi x^\beta) dx \right) \Big|_0^l = 0,$$

$$A_n = \frac{2}{l} T^{-1} \left(\int \Phi(x) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) dx \right) \Big|_0^l =$$

$$\frac{2}{l} T^{-1} \left(\int \cos_\beta(5\pi x^\beta) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) dx \right) \Big|_0^l = \begin{cases} 0, n \neq 5 \\ 1, n = 5 \end{cases}$$

$$B_n = \frac{2}{w_n(\beta)} T^{-1} \left(\int \Psi(x) \cos_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l} \right)^\beta \right) dx \right) \Big|_0^l = 0, n = 1, 2, 3, \dots$$

which yields the following exact solution

$$u(x, t; \alpha, \beta) = \cos_{\beta}(5\pi x^{\beta}) \cos_{\alpha}(5\pi t^{\alpha}).$$

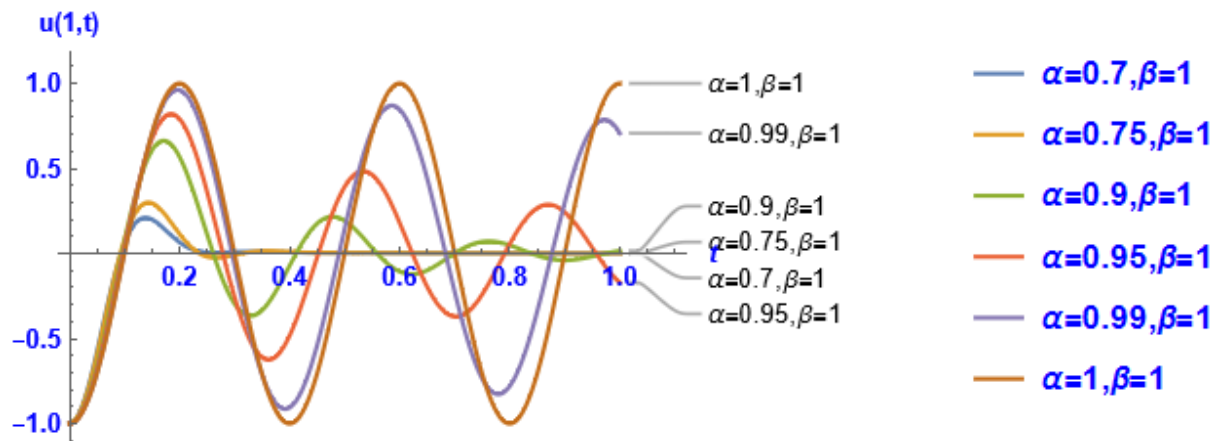


Figure 1. The graphs of exact solution for various values of α at $x = 1$ and $\beta = 1$.

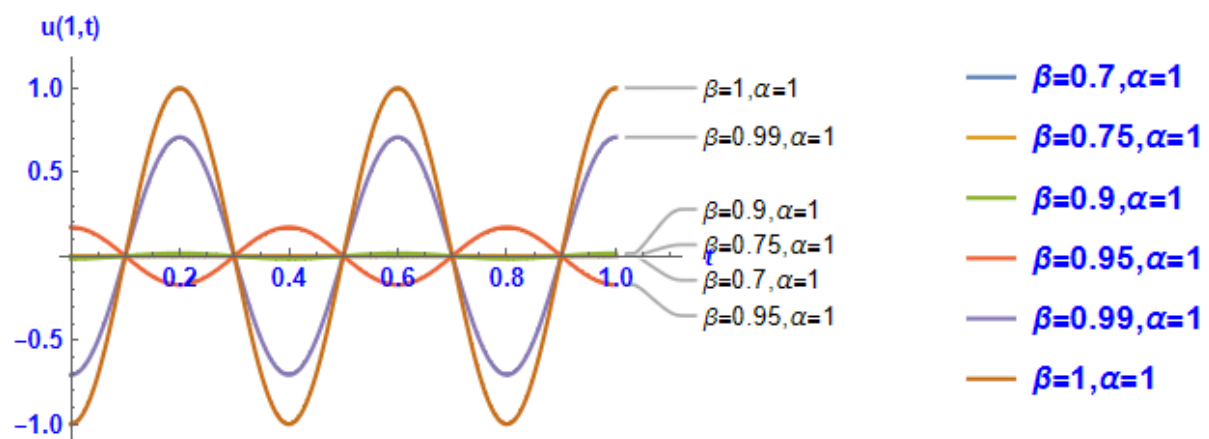


Figure 2. The graphs of exact solution for various values of β at $x = 1$ and $\alpha = 1$.

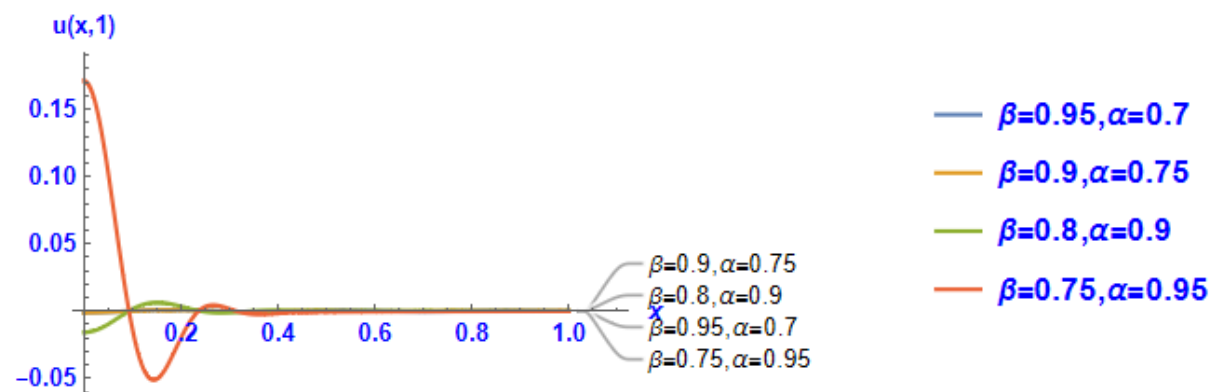


Figure 3. The graphs of exact solution for various values of α and β at $t = 1$.

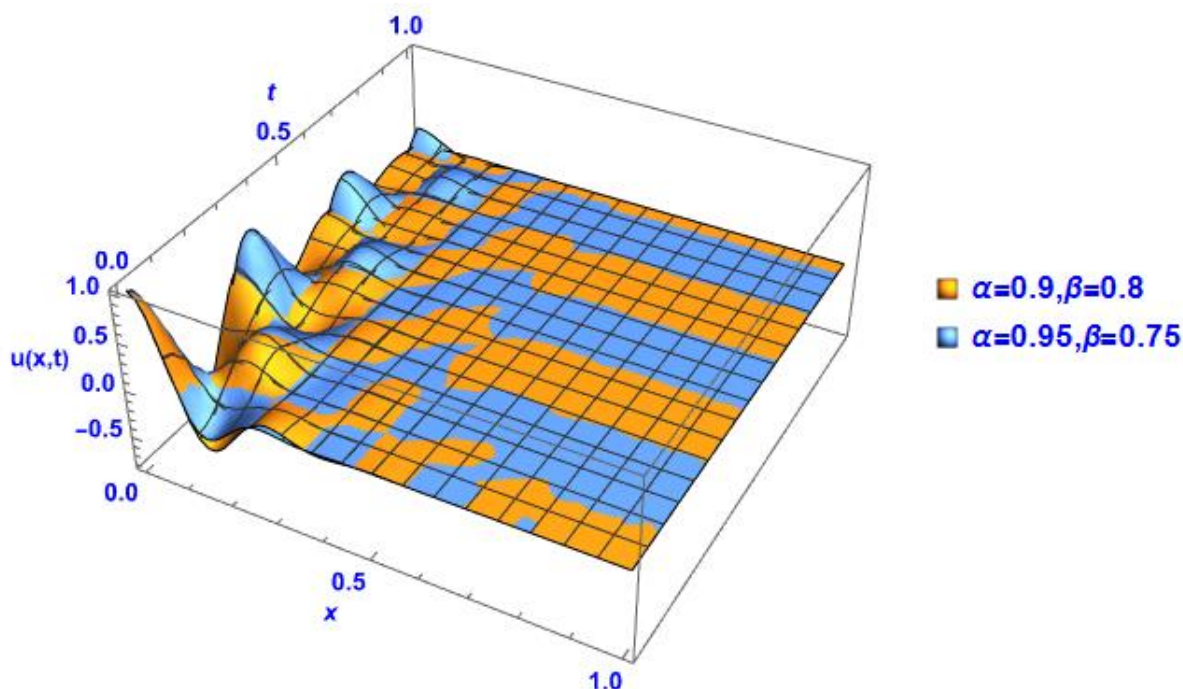


Figure 4. 3D graphs of exact solution for various values of α and β .

It is clear from Fig. (1) that as α tends to 1 at $x = 1$ and $\beta = 1$ the amplitude of the solutions gets greater. Similarly, Fig. (2) that as β tends to 1 at $x = 1$ and $\alpha = 1$ the amplitude of the solutions gets greater. Fig. (3) and (4) imply that we have damped solution when the order of fractional space and time derivatives are less than 1.

5. CONCLUSION

The exact solutions of STFWP with homogenous fractional Neumann boundary conditions were obtained through separation of variables method. By applying the proposed method the problem is reduced into two fractional ordinary differential equations with corresponding conditions. Product of solutions to reduced problems yields the exact solution of the STFWP in terms of fractional trigonometric functions. To illustrate the implementation of the method for STFWP some examples were presented and graphs of solutions were given.

The fractional wave problems will be taken into consideration by various method for the next research.

REFERENCES

- Akyol, M., Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On The Solution of Mathematical Problem Including Sequential Time Fractional Wave Equation. *ICOMAA 2021, 4th International E-Conference on Mathematical Advances and Applications*. Istanbul.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2019). The Analytic Solution of Time-Space Fractional Diffusion Equation via New Inner Product with Weighted Function. *Communications in Mathematics and Applications*, 10(4), 865-873.
doi:<https://doi.org/10.26713/cma.v10i4.1290>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Diffusion Equation Including Local Fractional Derivative and Non-Homogenous Dirichlet Boundary Conditions. *Journal of Scientific Reports-A*, 45, 101-110.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Time Fractional Equation with Non-homogenous Dirichlet Boundary Conditions. *Sakarya University Journal of Science SAUJS*, 24(6), 1185-1190.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Solution of hybrid time fractional diffusion problem via weighted inner product. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 20(2), 17-27.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). On the Solution of Mathematical Model Including Space-Time Fractional Diffusion Equation in Conformable Derivative, Via Weighted Inner Product. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 6(1), 1-6.
doi:[10.34088/kojose.1075529](https://doi.org/10.34088/kojose.1075529)
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Equation Including Local Fractional Derivative and Neumann Boundary Conditions. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 3(2), 59-63.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Time Fractional Diffusion Equation with Periodic Boundary Conditions. *Konuralp Journal of Mathematics*, 8(2), 337-342.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Hybrid Fractional Diffusion Problem with Dirichlet Boundary Conditions. *Journal of Mathematical Extension*, 15(5).
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Numerical Solutions of Nonlinear Fractional Differential Equations via Laplace Transform. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform*, 36(2), 249-257. doi:<https://doi.org/10.22190/FUMI200428019C>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On Solutions of Hybrid Time Fractional Heat Problem. *Bulletin of the Institute of Mathematics Academia Sinica New Series*, 16(1), 49-62.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On the Solution of Bratu's Initial Value Problem in the Liouville-Caputo Sense by ARA Transform and Decomposition Method. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 74(12), 1729-1738.
doi:[10.7546/CRABS.2021.12.02](https://doi.org/10.7546/CRABS.2021.12.02)
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Sequential Space Fractional Diffusion Equation's solutions via New Inner Product. *Asian-European Journal of Mathematics*, 14(7).
doi:[10.1142/S1793557121501217](https://doi.org/10.1142/S1793557121501217)
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Sequential time space fractional diffusion equation including nonhomogenous initial boundary conditions. *Tbilisi Mathematical Journal*, 14(2), 83-91. doi:<https://doi.org/10.32513/tmj/19322008124>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). *New Developments in Science and Mathematics*. içinde Istanbul: Hiperyayın.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Diffusion Equation including a Local Fractional Derivative and Weighted Inner Product. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 21(1), 19-27. doi:[10.17512/jamcm.2022.1.02](https://doi.org/10.17512/jamcm.2022.1.02)

- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Effects of the ARA transform method for time fractional problems. *Mathematica Moravica*, 26(2), 73-84.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Numerical Solutions of Nonlinear System of Fractional Differential Equations via A New Integral Transform. *TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics*, 12(3), 1061-1068.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). On the Integral Transform Shehu for Nonlinear Fractional Problems. *Matematichki Bilten*, 46(1), 33-41.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Solutions of Fuzzy Time Fractional Heat Equation. *Journal of Mathematical Extension*, 16(6), 1-17. doi:10.30495/JME.2022.1768
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Time fractional problem via inner product including weighted function. *J. BAUN Inst. Sci. Technol.*, 24(1), 91-99. doi:10.25092/baunfbcd.857640
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). Diffusion Equation Including Local Fractional Derivative and Dirichlet Boundary Conditions. *Konuralp Journal of Mathematics*, 11(2), 148-154.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). On the solution of time fractional initial value problem by a new method with ARA transform. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 44(2), 2693-2701. doi:10.3233/JIFS-223237
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). Space-Time Fractional Heat Equation's Solutions with Fractional Inner Product. *TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics*, 13(2), 462-469.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2024). On Applications Shehu Variational Iteration Method to Time Fractional Initial Boundary Value Problems. *Konuralp Journal of Mathematics*, 12(1), 13-20.
- Cetinkaya, S., Bayrak, M. A., Demir, A., & Baleanu, D. (2022). Solutions for The Fractional Mathematical Models of Diffusion Process. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform*, 37(1), 103-120. doi:10.22190/FUMI210218010C
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The analytic solution of initial boundary value problem including time-fractional diffusion equation. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform*, 35(1), 243-252.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Baleanu, D. (2021). Analysis of Fractional Fokker-Planck Equation with Caputo and Caputo-Fabrizio derivatives. *Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series*, 48(2), 334-348.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The Analytic Solution of Initial Periodic Boundary Value Problem Including Sequential Time Fractional Diffusion Equation. *Communications in Mathematics and Applications*, 11(1), 173-179.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The analytic solution of sequential space-time fractional diffusion equation including periodic boundary conditions. *Journal of Mathematical Analysis*, 11(1), 17-26.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2021). Solution of Space-Time-Fractional Problem by Shehu Variational Iteration Method. *Advances in Mathematical Physics*. doi:https://doi.org/10.1155/2021/5528928
- Choi, Y. S., & Chan, K.-Y. (1992). A parabolic equation with nonlocal boundary conditions arising from electrochemistry. *Nonlinear Analysis*, 18(4), 317-331.
- Demir, A., Bayrak, M. A., Bulut, A., Ozbilge, E., & Cetinkaya, S. (2023). On new aspects of Chebyshev polynomials for space-time fractional diffusion process. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. doi:10.2478/amns.2021.2.00327
- Diethelm, K. (1997). An algorithm for the numerical solution of differential equations of fractional order. *Electronic Transactions on Numerical Analysis*, 5(1-6).

- Kilbas, A. A., Srivastava, H. M., & Trujillo, J. J. (2006). *Theory and Applications of Fractional Differential Equations*. Elsevier.
- Kodal Sevindir, H., & Demir, A. (2018). The Solution of Initial Boundary Value Problem with Time and Space-Fractional Diffusion Equation via a Novel Inner Product. *Advances in Mathematical Physics*, 2018. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/1389314>
- Kodal Sevindir, H., Çetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On Effects of a New Method for Fractional Initial Value Problems. *Advances in Mathematical Physics*, 2021. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/7606442>
- Li, C., & Zeng, F. (2012). Finite difference methods for fractional differential equations. *Int. J. Bifurc. Chaos*, 22.
- Li, C., & Zeng, F. H. (2015). *Numerical methods for fractional calculus*. Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC.
- Li, L., & Wang, D. (2022). Numerical stability of Grünwald–Letnikov method for time fractional delay differential equations. *BIT Numer. Math.*, 62, 995–1027.
- Odibat, Z. M., & Momani, S. (2009). The variational iteration method: An efficient scheme for handling fractional partial differential equations in fluid mechanics. *Comput. Math. Appl.*, 58(11-12), 2199–2208.
- Oldham, K. B., & Spanier, J. (1974). *The Fractional Calculus*. New York: Academic Press.
- Podlubny, I. (1999). *Fractional Differential Equations*. New York: Academic Press.
- Salman, A. M., Mohd, M. H., & Muhammad, A. (2023). A novel approach to investigate the stability analysis and the dynamics of reaction–diffusion SVIR epidemic model. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.*, 126.
- Tian, Q., Yang, X., Zhang, H., & Xu, D. (2023). An implicit robust numerical scheme with graded meshes for the modified Burgers model with nonlocal dynamic properties. *Comput. Appl. Math.*, 42, 1-26.
- Tomasek, P. (2023). On Euler Methods for Caputo Fractional Differential Equations. *Archivum Mathematicum (BRNO)*, 59(3), 287–294.

NUMERICAL SCHEME OF ATANGANA-BALEANU FRACTIONAL DERIVATIVE

Asst. Prof. Dr. Suleyman CETINKAYA

Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics,
suleyman.cetinkaya@kocaeli.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8214-5099

Prof. Dr. Ali DEMIR

Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics,
ademir@kocaeli.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-3425-1812

ABSTRACT

In recent years, new concepts of fractional derivative with non-singular and non-local kernels have been developed to overcome the limitations of conventional fractional derivatives such as Caputo and Riemann-Liouville. For the established fractional differentiation with singular kernel, a numerical scheme has been utilized in this paper. The suggested scheme has been applied to solve fractional initial value problem. The analysis of the exact and approximate solutions leads to the result that the proposed scheme is very effective and its convergence rate is very high.

Keywords: Fractional initial value problem, Atangana-Baleanu fractional derivative, Caputo fractional derivative

1. INTRODUCTION

In the establishment of solutions to nonlinear differential equations numerical schemes play a key role. This nonlinear differential equations with local or non-local operators have been utilized in the modeling of intricate systems to analyze the behavior of them (Hairer, Nørsett, & Wanner, 1993) (Lambert, 1991) (Akyol, Cetinkaya, & Demir, 2021) (Cetinkaya & Demir, 2020a) (Cetinkaya & Demir, 2023a) (Cetinkaya & Demir, 2021a) (Cetinkaya & Demir, 2019a) (Cetinkaya & Demir, 2020b) (Cetinkaya & Demir, 2023b) (Cetinkaya & Demir, 2022a) (Cetinkaya & Demir, 2022b) (Cetinkaya & Demir, 2020c) (Cetinkaya & Demir, 2021b) (Cetinkaya & Demir, 2022c) (Cetinkaya & Demir, 2021c) (Cetinkaya & Demir, 2022d) (Cetinkaya & Demir, 2024a) (Cetinkaya & Demir, 2021d) (Cetinkaya & Demir, 2022e) (Cetinkaya & Demir, 2021e) (Cetinkaya & Demir, 2023c) (Cetinkaya & Demir, 2021f)

(Cetinkaya & Demir, 2021g) (Cetinkaya & Demir, 2022e) (Cetinkaya & Demir, 2023d) (Cetinkaya & Demir, 2020d) (Cetinkaya & Demir, 2022f) (Cetinkaya, Bayrak, Demir, & Baleanu, 2022) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020e) (Cetinkaya, Demir, & Baleanu, 2021h) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2021g) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020f) (Cetinkaya, Demir, & Kodal Sevindir, 2020ı) (Demir, Bayrak, Bulut, Ozbilge, & Cetinkaya, 2023) (Kodal Sevindir, Cetinkaya, & Demir, 2021).. Numerical schemes are applied to establish the numerical solutions when the establishment of analytical solutions are not possible. Fractional differential equations draw attention of many scientists since fractional models reflect the behavior of the systems much more better than ordinary differential equations (Caputo, 1967) (Algahtani, 2016) (Alkahtani, 2016) (Atangana & Baleanu, 2016) (Atangana & Koca, 2016). Various fractional derivatives have been introduced and utilized to get better mathematical model of investigated systems. However, solving fractional differential equations analytically is not always possible. This leads many researchers to construct numerical or approximate solutions of them by means of various numerical schemes.

In this research, we utilize a numerical scheme which is a combination of two-step Lagrange polynomial and fundamental theorem of calculus to solve fractional differential equations including Atangana–Baleanu fractional derivative (ABFD) which is a non-local derivative. Since it includes non-singular kernel, it has various applications in diverse fields of science (Al-Refai & Pal, 2019) (Atangana, 2016).

2. PRELIMINARIES

This section involves fundamental definitions used in through this research.

Definition 2.1. The definition of the Sobolev space $H^p(\Omega)$ is given by

$$H^p(\Omega) = \{f \in L^2(\Omega): D^\beta f \in L^2(\Omega), \text{ for all } |\beta| \leq p\}$$

where Ω is an open subset of $\mathbb{R}$ and $p \in [1, \infty)$.

Definition 2.2. The definition of left ABFD in Caputo sense for the function $h \in H^1(0,1)$ is given by

$$T_\alpha(h)(x) = \frac{B(\alpha)}{(1-\alpha)} \int_0^x h'(s) E_\alpha \left[-\frac{\alpha}{1-\alpha} (x-s)^\alpha \right] ds$$

where $0 < \alpha < 1$ and $B(\alpha) > 0$ with the properties $B(0) = B(1) = 1$ is called a normalization function. This definition is related by the following fractional integral

$$I^\alpha(h)(x) = \frac{(1-\alpha)}{B(\alpha)} h(x) + \frac{\alpha}{B(\alpha)\Gamma(\alpha)} \int_0^x h(s) (x-s)^{\alpha-1} ds.$$

For more information about ABFD, readers are referred to (Atangana & Baleanu, 2016) (Atangana & Koca, 2016) (Atangana, 2016).

3. NUMERICAL SCHEME FOR NONLINEAR FRACTIONAL PROBLEM INVOLVING ABFD

This section is devoted to establish numerical solution of linear or nonlinear fractional problems where ABFD is involved. Moreover, it can be also used for fractional problems including fractional derivative with nonsingular kernel.

Let us consider the following nonlinear fractional problem:

$$\begin{cases} {}^{ABC}_0 D_t^\alpha(y(t)) = f(t, y(t)), & ABC(\alpha) = 1 - \alpha + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)}. \\ y(0) = y_0 \end{cases}$$

Fundamental theorem of fractional calculus leads the fractional differential equation into the following integral equation:

$$y(t) - y(0) = \frac{(1-\alpha)}{ABC(\alpha)} f(t, y(t)) + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha) \times ABC(\alpha)} \int_0^t f(\tau, y(\tau)) (t-\tau)^{\alpha-1} d\tau.$$

This equation can be rearranged at $t = t_{n+1}$, $n = 0, 1, 2, \dots$ as

$$\begin{aligned} y(t_{n+1}) - y(0) &= \frac{(1-\alpha)}{ABC(\alpha)} f(t_n, y(t_n)) + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha) \times ABC(\alpha)} \int_0^{t_{n+1}} f(\tau, y(\tau)) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau = \\ &= \frac{(1-\alpha)}{ABC(\alpha)} f(t_n, y(t_n)) + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha) \times ABC(\alpha)} \sum_{k=0}^n \int_{t_k}^{t_{k+1}} f(\tau, y(\tau)) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau. \end{aligned} \quad (1)$$

The function $f(\tau, y(\tau))$ can be approximated by the two-step Lagrange polynomial interpolation in the interval $[t_k, t_{k+1}]$ as follows:

$$\begin{aligned} P_k(\tau) &= \frac{\tau - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} f(t_k, y(t_k)) - \frac{\tau - t_k}{t_k - t_{k-1}} f(t_{k-1}, y(t_{k-1})) = \frac{f(t_k, y(t_k))}{h} (\tau - t_{k-1}) - \\ &= \frac{f(t_{k-1}, y(t_{k-1}))}{h} (\tau - t_k) \approx \frac{f(t_k, y_k)}{h} (\tau - t_{k-1}) - \frac{f(t_{k-1}, y_{k-1})}{h} (\tau - t_k). \end{aligned}$$

Substituting this equation in Eq. (1) yields the following

$$y_{n+1} = y_0 + \frac{(1-\alpha)}{ABC(\alpha)} f(t_n, y(t_n)) + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha) \times ABC(\alpha)} \sum_{k=0}^n \left(\frac{f(t_k, y_k)}{h} \int_{t_k}^{t_{k+1}} (\tau - t_{k-1}) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau - \frac{f(t_{k-1}, y_{k-1})}{h} \int_{t_k}^{t_{k+1}} (\tau - t_k) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau \right). \quad (2)$$

By using the following definitions

$$A_{\alpha,k,1} = \int_{t_k}^{t_{k+1}} (\tau - t_{k-1}) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau,$$

$$A_{\alpha,k,2} = \int_{t_k}^{t_{k+1}} (\tau - t_k) (t_{n+1} - \tau)^{\alpha-1} d\tau,$$

$$A_{\alpha,k,1} = h^{\alpha+1} \frac{(n+1-k)^{\alpha}(n-k+2+\alpha) - (n-k)^{\alpha}(n-k+2+2\alpha)}{\alpha(\alpha+1)},$$

$$A_{\alpha,k,2} = h^{\alpha+1} \frac{(n+1-k)^{\alpha+1} - (n-k)^{\alpha}(n-k+1+\alpha)}{\alpha(\alpha+1)}.$$

The Eq. (2) can be reformulated in the following form

$$y_{n+1} = y_0 + \frac{(1-\alpha)}{ABC(\alpha)} f(t_n, y(t_n)) + \frac{\alpha}{ABC(\alpha)} \sum_{k=0}^n \left(\frac{h^{\alpha} f(t_k, y_k)}{\Gamma(\alpha+2)} ((n+1-k)^{\alpha}(n-k+2+\alpha) - (n-k)^{\alpha}(n-k+2+2\alpha)) - \frac{h^{\alpha} f(t_{k-1}, y_{k-1})}{\Gamma(\alpha+2)} ((n+1-k)^{\alpha+1} - (n-k)^{\alpha}(n-k+1+\alpha)) \right).$$

The error analysis of this numerical scheme is given by the following theorem (Toufik & Atangana, 2017).

Theorem 1. The error for a non-linear fractional differential equation with non-local and non-singular kernel fractional derivative is estimated by

$$|R_n^{\alpha}| \leq \frac{\alpha h^{\alpha+2}}{2ABC(\alpha)\Gamma(\alpha+2)} \max_{[0, t_{n+1}]} \left| \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} [f(\tau, y(\tau))] \right| ((n+1)^{\alpha} \alpha n^{\alpha})^{\frac{n(n+4+2\alpha)}{2}}$$

where $f(t, y(t))$ has a bounded second derivative.

4. ILLUSTRATIVE EXAMPLES

In this section, two examples are presented to exemplify the effectiveness and accuracy of the proposed numerical scheme.

Example 1) Let us consider following fractional problem

$$\begin{cases} {}^{ABC}_0D_t^\alpha(y(t)) = t^2 \\ y(0) = 0 \end{cases}$$

which has the following exact solution

$$y(t) = \frac{1-\alpha}{ABC(\alpha)} t^2 + \frac{1}{\Gamma(\alpha) \times ABC(\alpha)} \frac{2t^{\alpha+2}}{\alpha^2 + 2\alpha + 2}$$

$$\text{where } ABC(\alpha) = 1 - \alpha + \frac{\alpha}{\Gamma(\alpha)}.$$

The graphs of the numerical solutions and the error table shows that the proposed numerical method is effective and accurate in the establishment of numerical solutions. Moreover, the convergence rate to the exact solution is very high.

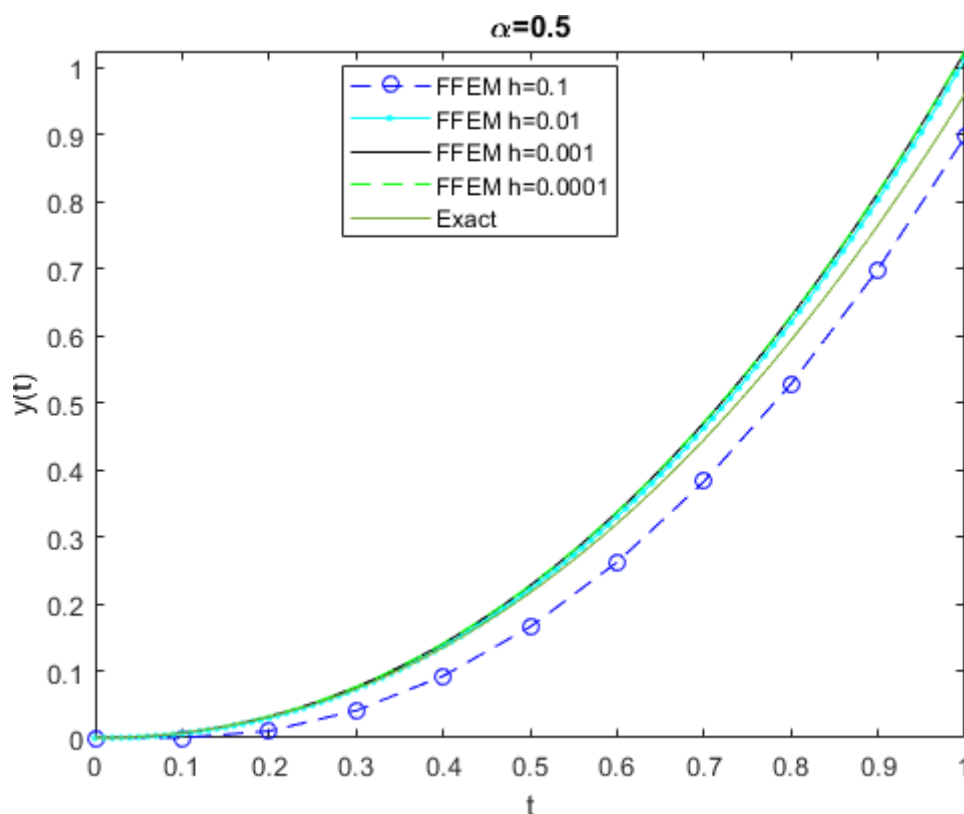


Figure 1. The graphs of exact and numerical solutions of Example 1 at $\alpha = 0.5$ for various steps of discretization

Table 1. Percentile error table at $h = 0.0001$ for various values of α and t for Example 1.

t	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$
0.1	%2.50	%1.02	%0.44	%0.000249
0.2	%3.45	%1.68	%0.81	$\%6.24 \times 10^{-5}$
0.3	%4.08	%2.12	%1.01	$\%2.77 \times 10^{-5}$
0.4	%4.56	%2.44	%1.15	$\%1.56 \times 10^{-5}$
0.5	%4.94	%2.70	%1.24	$\%9.99 \times 10^{-6}$
0.6	%5.27	%2.91	%1.32	$\%6.94 \times 10^{-6}$
0.7	%5.56	%3.09	%1.38	$\%5.10 \times 10^{-6}$
0.8	%5.81	%3.24	%1.43	$\%3.90 \times 10^{-6}$
0.9	%6.04	%3.38	%1.47	$\%3.08 \times 10^{-6}$
1	%6.25	%3.50	%1.50	$\%2.49 \times 10^{-6}$

Example 2) Let us consider following fractional problem

$$\begin{cases} {}^{ABC}_0D_t^\alpha(y(t)) = t^3 + t^2 + t \\ y(0) = 0 \end{cases}$$

which has the following exact solution

$$y(t) = (1 - \alpha)(t^3 + t^2 + t) + \alpha t^{\alpha+3} \frac{\Gamma(4)}{\Gamma(\alpha+4)} + \alpha t^{\alpha+2} \frac{\Gamma(3)}{\Gamma(\alpha+3)} + \alpha t^{\alpha+1} \frac{\Gamma(2)}{\Gamma(\alpha+2)}.$$

It is clear from the graphs of the numerical solutions and the error table that the suggested numerical scheme leads to numerical solutions with high accuracy. Moreover, they converge to the exact solution very rapidly.

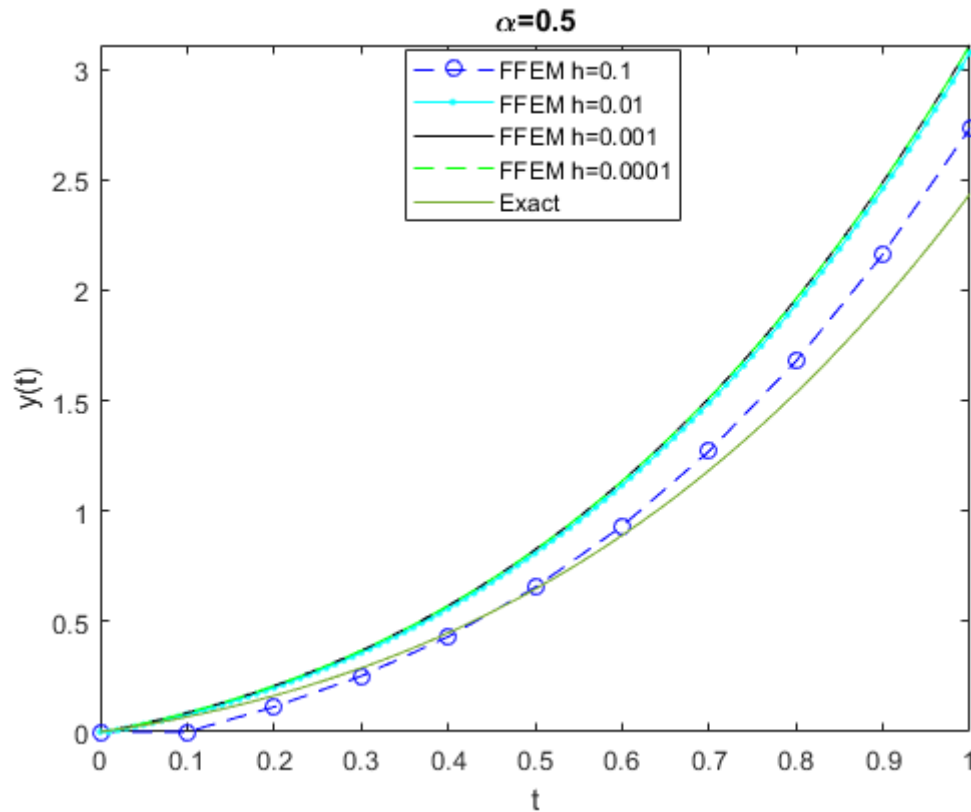


Figure 2. The graphs of exact and numerical solutions of Example 2 at $\alpha = 0.5$ for various steps of discretization

Table 2. Percentile error table at $h=0.0001$ for various values of α and t for Example 2.

t	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.75$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$
0.1	%21.08	%13.06	%5.12	%0.000111
0.2	%21.42	%13.44	%5.50	% 3.10×10^{-5}
0.3	%21.53	%13.56	%5.61	% 1.53×10^{-5}
0.4	%21.59	%13.62	%5.65	% 9.59×10^{-6}
0.5	%21.62	%13.65	%5.68	% 6.74×10^{-6}
0.6	%21.64	%13.67	%5.70	% 5.09×10^{-6}
0.7	%21.66	%13.69	%5.71	% 4.04×10^{-6}
0.8	%21.67	%13.70	%5.72	% 3.31×10^{-6}

0.9	%21.68	%13.71	%5.733	$\%2.78 \times 10^{-6}$
1	%21.69	%13.72	%5.739	$\%2.38 \times 10^{-6}$

5. CONCLUSION

In this study numerical solutions for fractional differential problems with ABFD which has a non-singular and non-local kernel were established by the proposed method which is made up of two-step Lagrange polynomial and fundamental theorem of fractional calculus. The presented examples prove that the suggested method is very accurate and effective in the establishment of numerical solutions. Moreover, the numerical solutions converges rapidly to the exact solution without any restriction on the step of discretization h .

REFERENCES

- Akyol, M., Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On The Solution of Mathematical Problem Including Sequential Time Fractional Wave Equation. *ICOMAA 2021, 4th International E-Conference on Mathematical Advances and Applications*. Istanbul.
- Algahtani, O. J. (2016). Comparing the Atangana–Baleanu and Caputo–Fabrizio derivative with fractional order: Allen Cahn model. *Chaos, Solitons & Fractals*, 89, 552-559.
doi:https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.03.026
- Alkahtani, B. S. (2016). Chua's circuit model with Atangana–Baleanu derivative with fractional order. *Chaos, Solitons & Fractals*, 89, 547-551.
doi:https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.03.020
- Al-Refai, M., & Pal, K. (2019). A Maximum Principle for a Fractional Boundary Value Problem with Convection Term and Applications. *Mathematical Modelling and Analysis*, 24(1), 62-71. doi:https://doi.org/10.3846/mma.2019.005
- Atangana, A. (2016). On the new fractional derivative and application to nonlinear Fisher's reaction–diffusion equation. *Applied Mathematics and Computation*, 273, 948-956.
doi:https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.10.021
- Atangana, A., & Baleanu, D. (2013). Nonlinear Fractional Jaulent-Miodek and Whitham–Broer-Kaup Equations within Sumudu Transform. *Abstract and Applied Analysis*, 2013. doi:https://doi.org/10.1155/2013/160681
- Atangana, A., & Baleanu, D. (2016). New Fractional Derivatives with Non-local and Non-singular Kernel. *Thermal Science*, 20(2), 763-769.
- Atangana, A., & Koca, I. (2016). Chaos in a simple nonlinear system with Atangana–Baleanu derivatives with fractional order. *Chaos, Solitons & Fractals*, 89, 447-454.
doi:https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.02.012
- Caputo, M. (1967). Linear Models of Dissipation whose Q is almost Frequency Independent—II. *Geophysical Journal International*, 13(5), 529–539.
doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1967.tb02303.x

- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2019). The Analytic Solution of Time-Space Fractional Diffusion Equation via New Inner Product with Weighted Function. *Communications in Mathematics and Applications*, 10(4), 865-873. doi:<https://doi.org/10.26713/cma.v10i4.1290>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Diffusion Equation Including Local Fractional Derivative and Non-Homogenous Dirichlet Boundary Conditions. *Journal of Scientific Reports-A*, 45, 101-110.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Time Fractional Equation with Non-homogenous Dirichlet Boundary Conditions. *Sakarya University Journal of Science SAUJS*, 24(6), 1185-1190.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Solution of hybrid time fractional diffusion problem via weighted inner product. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 20(2), 17-27.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). On the Solution of Mathematical Model Including Space-Time Fractional Diffusion Equation in Conformable Derivative, Via Weighted Inner Product. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 6(1), 1-6. doi:10.34088/kjose.1075529
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Equation Including Local Fractional Derivative and Neumann Boundary Conditions. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 3(2), 59-63.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2020). Time Fractional Diffusion Equation with Periodic Boundary Conditions. *Konuralp Journal of Mathematics*, 8(2), 337-342.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Hybrid Fractional Diffusion Problem with Dirichlet Boundary Conditions. *Journal of Mathematical Extension*, 15(5).
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Numerical Solutions of Nonlinear Fractional Differential Equations via Laplace Transform. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform*, 36(2), 249-257. doi:<https://doi.org/10.22190/FUMI200428019C>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On Solutions of Hybrid Time Fractional Heat Problem. *Bulletin of the Institute of Mathematics Academia Sinica New Series*, 16(1), 49-62.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On the Solution of Bratu's Initial Value Problem in the Liouville-Caputo Sense by ARA Transform and Decomposition Method. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 74(12), 1729-1738. doi:10.7546/CRABS.2021.12.02
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Sequential Space Fractional Diffusion Equation's solutions via New Inner Product. *Asian-European Journal of Mathematics*, 14(7). doi:10.1142/S1793557121501217
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). Sequential time space fractional diffusion equation including nonhomogenous initial boundary conditions. *Tbilisi Mathematical Journal*, 14(2), 83-91. doi:<https://doi.org/10.32513/tmj/19322008124>
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). *New Developments in Science and Mathematics*. içinde Istanbul: Hiperyayın.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Diffusion Equation including a Local Fractional Derivative and Weighted Inner Product. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 21(1), 19-27. doi:10.17512/jamcm.2022.1.02
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Effects of the ARA transform method for time fractional problems. *Mathematica Moravica*, 26(2), 73-84.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Numerical Solutions of Nonlinear System of Fractional Differential Equations via A New Integral Transform. *TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics*, 12(3), 1061-1068.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). On the Integral Transform Shehu for Nonlinear Fractional Problems. *Matematichki Bilten*, 46(1), 33-41.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Solutions of Fuzzy Time Fractional Heat Equation. *Journal of Mathematical Extension*, 16(6), 1-17. doi:10.30495/JME.2022.1768

- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2022). Time fractional problem via inner product including weighted function. *J. BAUN Inst. Sci. Technol.*, 24(1), 91-99. doi:10.25092/baunfbcd. 857640
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). Diffusion Equation Including Local Fractional Derivative and Dirichlet Boundary Conditions. *Konuralp Journal of Mathematics*, 11(2), 148-154.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). On the solution of time fractional initial value problem by a new method with ARA transform. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 44(2), 2693-2701. doi:10.3233/JIFS-223237
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2023). Space-Time Fractional Heat Equation's Solutions with Fractional Inner Product. *TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics*, 13(2), 462-469.
- Cetinkaya, S., & Demir, A. (2024). On Applications Shehu Variational Iteration Method to Time Fractional Initial Boundary Value Problems. *Konuralp Journal of Mathematics*, 12(1), 13-20.
- Cetinkaya, S., Bayrak, M. A., Demir, A., & Baleanu, D. (2022). Solutions for The Fractional Mathematical Models of Diffusion Process. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform.*, 37(1), 103-120. doi:10.22190/FUMI210218010C
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The analytic solution of initial boundary value problem including time-fractional diffusion equation. *Facta Universitatis Ser. Math. Inform.*, 35(1), 243-252.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Baleanu, D. (2021). Analysis of Fractional Fokker-Planck Equation with Caputo and Caputo-Fabrizio derivatives. *Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series*, 48(2), 334-348.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The Analytic Solution of Initial Periodic Boundary Value Problem Including Sequential Time Fractional Diffusion Equation. *Communications in Mathematics and Applications*, 11(1), 173-179.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2020). The analytic solution of sequential space-time fractional diffusion equation including periodic boundary conditions. *Journal of Mathematical Analysis*, 11(1), 17-26.
- Cetinkaya, S., Demir, A., & Kodal Sevindir, H. (2021). Solution of Space-Time-Fractional Problem by Shehu Variational Iteration Method. *Advances in Mathematical Physics*. doi:https://doi.org/10.1155/2021/5528928
- Demir, A., Bayrak, M. A., Bulut, A., Ozbilge, E., & Cetinkaya, S. (2023). On new aspects of Chebyshev polynomials for space-time fractional diffusion process. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. doi:10.2478/amns.2021.2.00327
- Hairer, E., Nørsett, S. P., & Wanner, G. (1993). *Solving ordinary differential equations I: Nonstiff problems*. Berlin: Springer Verlag.
- Kodal Sevindir, H., Cetinkaya, S., & Demir, A. (2021). On Effects of a New Method for Fractional Initial Value Problems. *Advances in Mathematical Physics*, 2021. doi: https://doi.org/10.1155/2021/7606442
- Lambert, J. D. (1991). *Numerical Methods for Ordinary Differential Systems*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Toufik, M., & Atangana, A. (2017). New numerical approximation of fractional derivative with non-local and non-singular kernel: Application to chaotic models. *The European Physical Journal Plus*, 132(444). doi:10.1140/epjp/i2017-11717-0

AKILLI SERA OTOMASYONU: MAKİNE ÖĞRENİMİ VE IOT TABANLI SERA YÖNETİM SİSTEMLERİ

DENİZ OCAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
deniz.ocak.412@gmail.com- ORCID ID: [0009-0008-5581-661X](https://orcid.org/0009-0008-5581-661X)

YUSUF AYAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
yusuf.ayaz@outlook.com.tr- ORCID ID: [0009-0005-9167-8259](https://orcid.org/0009-0005-9167-8259)

Dr. Öğr. Üyesi ZEYNEP HASIRCI TUĞCU

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
zhasirci@ktu.edu.tr - ORCID ID: [0000-0002-3950-4156](https://orcid.org/0000-0002-3950-4156)

ÖZET

Bu çalışmada, modern tarım uygulamaları için geliştirilen bir sera yönetim sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistemde, öncelikle seradaki bitkilerin fotoğrafları çekilerek Pytorch tabanlı makine öğrenimi modeli ile olgunlaşmamış, olgunlaşmakta olan ve olgunlaşmış ürünlerin sayısı ile hastalıklı yaprakların sayısı belirlenmektedir. Ardından, elde edilen veriler Firebase veritabanına aktarılmakta ve çiftçilere anlık bilgi sağlamak amacıyla React Native ile geliştirilmiş bir mobil uygulama aracılığıyla erişilebilir hale getirilmektedir. Ayrıca, seradaki toprak nem sensörleri sürekli olarak nem seviyelerini izlemekte ve belirli bir seviyenin altına düştüğünde otomatik sulama sistemi devreye girmektedir.

Tasarlanan sistemde, düzenli aralıklarla çekilen ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilen bitki fotoğraflarından makine öğrenimi modeli ile bitkilerin olgunlaşma durumları ve hastalık belirtilerinin tespiti yapılmış ve bunun sonucunda modelin %92 doğruluk oranıyla olgunlaşma ve hastalık tespiti yaptığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, her 15 dakikada bir ölçüm yaparak nem seviyelerini izleyen ve belirli bir eşik değerin (%30) altına düştüğünde otomatik sulama sistemini devreye sokan toprak nem sensörleri sayesinde bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı gözetilerek bir sulama yapılmakta, böylece harcanan su optimal düzeyde tutulmakta ve tasarruf sağlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen akıllı sera otomasyon sistemi, çiftçilere uzaktan takip ve yönetim imkanı sunarak iş yükünü hafifletmekte ve tarım süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Geliştirilen mobil uygulama sayesinde, çiftçiler seradaki bitki durumunu ve toprak nem seviyelerini anlık olarak izleyebilmekte ve gerekli müdahaleleri zamanında yapabilmektedir.

Bu çalışma, makine öğrenimi ve mobil teknolojiler kullanılarak seralarda bitki izleme ve yönetiminin nasıl optimize edilebileceğini göstermektedir. Sonuçlar, sistemin tarım sektöründe verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sunabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sera Yönetimi, Makine Öğrenimi, Görüntü İşleme, Mobil Uygulama, Otomatik Sulama, Bitki İzleme

SMART GREENHOUSE AUTOMATION: MACHINE LEARNING AND IOT BASED GREENHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS

DENİZ OCAK

Karadeniz Technical University,
deniz.ocak.412@gmail.com- ORCID ID: [0009-0008-5581-661X](https://orcid.org/0009-0008-5581-661X)

YUSUF AYAZ

Karadeniz Technical University,
yusuf.ayaz@outlook.com.tr- ORCID ID: [0009-0005-9167-8259](https://orcid.org/0009-0005-9167-8259)

Dr. Öğr. Üyesi ZEYNEP HASIRCI TUĞCU

Karadeniz Technical University,
zhasirci@ktu.edu.tr - ORCID ID: [0000-0002-3950-4156](https://orcid.org/0000-0002-3950-4156)

ABSTRACT

The objective of this study is to implement a greenhouse management system developed for modern agricultural applications. The system begins by taking photographs of the plants in the greenhouse. These images are then analysed by a Pytorch-based machine learning model, which determines the number of immature, maturing and mature crops and the number of diseased leaves. Subsequently, the data is transferred to the Firebase database and made accessible through a mobile application developed with React Native, thereby providing farmers with immediate information. Furthermore, soil moisture sensors in the greenhouse continuously monitor the moisture levels, and when they fall below a certain threshold, the automatic irrigation system is activated.

In the designed system, the maturity and disease symptoms of the plants were detected with a machine learning model from plant photographs taken at regular intervals and analysed using image processing techniques. The model was observed to have an accuracy of 95% in detecting maturity and disease. Conversely, the soil moisture sensors, which monitor moisture levels at 15-minute intervals and activate the automatic irrigation system when the threshold value (30%) is reached, enable irrigation to be carried out in a manner that considers the amount of water required by the plants. This approach ensures that water consumption is kept at an optimal level and that costs are reduced. The smart greenhouse automation system developed within the scope of this study provides farmers with remote monitoring and management, thereby reducing their workload and enhancing the efficiency of their agricultural processes. The mobile application developed enables farmers to monitor the plant status and soil moisture levels in the greenhouse in real time, allowing them to implement timely interventions.

This study demonstrates the potential for machine learning and mobile technologies to optimise plant monitoring and management in greenhouses. The results indicate that the system can make a significant contribution to productivity and sustainability in the agricultural sector.

Keywords: Greenhouse Management, Machine Learning, Image Processing, Mobile Application, Automatic Irrigation, Plant Monitoring

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, tarım arazilerinin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini zorunlu hale getirmektedir. Artan nüfus ve azalan doğal kaynaklar, tarımın daha etkili ve verimli yöntemlerle yapılmasını gerektirmektedir (Yaşar, 2017). Bu bağlamda, tarım arazilerinin izlenmesi ve yönetilmesi, üretimi artırmak ve gıda güvenliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Günümüzde teknolojik ilerlemeler ve uzaktan algılama yöntemleri, tarımsal verimliliğin artırılmasında önemli fırsatlar sunmaktadır.

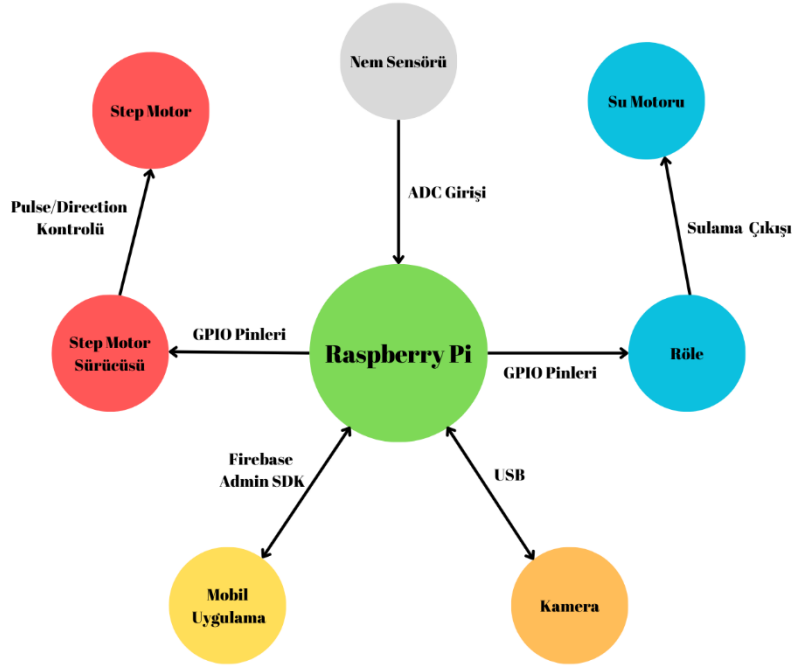
Bu çalışmanın genel amacı, modern tarım uygulamaları için entegre bir sera yönetim sistemi geliştirmektir. Bu sistem, görüntü işleme, sensör teknolojisi, makine öğrenimi ve otomasyonun entegrasyonu ile bitkilerin sağlık durumlarını ve büyüme süreçlerini izlemeyi hedeflemektedir. Literatürdeki benzer çalışmalar, bitki hastalıklarının tespiti ve izlenmesinde görüntü işleme tekniklerinin etkinliğini göstermektedir (Alyas, 2023; Mu ve diğerleri, 2017; Hannan, Burks ve Bulanon, 2007; Oflazoğlu, 2023; Ziya ve diğerleri, 2019).

Sera yönetim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı yaklaşımların ve teknolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Alyas (2023) görüntü işleme teknikleriyle yaprak hastalıklarını tespit ederek, hastalıkların belirlenmesini sağlamıştır. Mu ve diğerleri (2017) Kinect sensörlerinden aldıkları bilgileri kullanarak meyvelerin konumlarını belirlemişlerdir. Hannan, Burks ve Bulanon (2007) narenciye tespiti için yapay görme algoritmaları geliştirmiştir. Oflazoğlu (2023) ise zeytin ağaçlarının meyvelerini tespit etmek için YOLOv4-tinycustom modelini kullanmış ve yüksek doğruluk oranlarına ulaşmıştır. Taştan (2019) ise akıllı bahçe sulama sistemi geliştirerek, sıcaklık ve nem sensörlerinden alınan verilere göre otomatik sulama yapmıştır.

Bu çalışma, literatürdeki mevcut çalışmalardan ilham alarak, bitki sağlığı ve sulama süreçlerini optimize eden entegre bir sera yönetim sistemi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Sistem, ısı, nem ve ışık sensörleri kullanarak bitkilerin gelişimlerini sürekli izlemekte ve elde edilen veriler Firebase veritabanına aktarılmaktadır. Çiftçiler, bu verileri React Native ile geliştirilmiş mobil uygulama aracılığıyla anlık olarak takip edebilmektedir. Ayrıca, otomatik sulama sistemi, toprak nem seviyelerini izleyerek su tasarrufu sağlamaktadır. Geliştirilen entegre sistemin özgünlüğü, bitki izleme ve yönetim süreçlerinde kullanılan yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu ve çiftçilere sunduğu pratik çözümlerle öne çıkmaktadır. Geliştirilen akıllı sera sistemi, tarım sektöründeki verimlilik ve sürdürülebilirlik hedeflerine önemli katkılar sunarak, modern tarım uygulamalarında etkin bir araç olarak kullanılabilecektir.

2. MATERYAL VE METOT

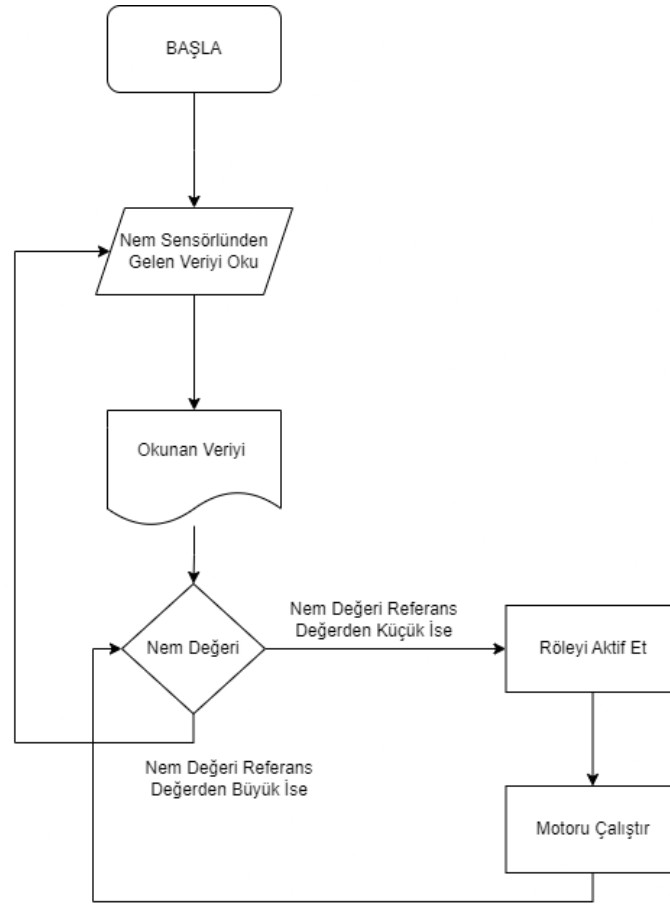
Gerçekleştirilen bu çalışmada, temel bileşen olarak Raspberry Pi kullanılmıştır. Sistemin diğer bileşenleri şunlardır: Toprağın nem seviyesini izlemek için kapasitif nem sensörü, sulama sistemini kontrol etmek için röle ve su motoru, ürünlerin fotoğraflarını çekmek için kamera, kameranın hareket kabiliyeti için step motor sürücüsü ve step motor, ve kullanıcı arayüzünü geliştirmek için React Native. Bu bileşenlerin birbirleriyle olan bağlantıları ve işlevleri, Görsel 1'de sunulan blok diyagramında detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Görsel 1. Sistemin Blok Diyagramı

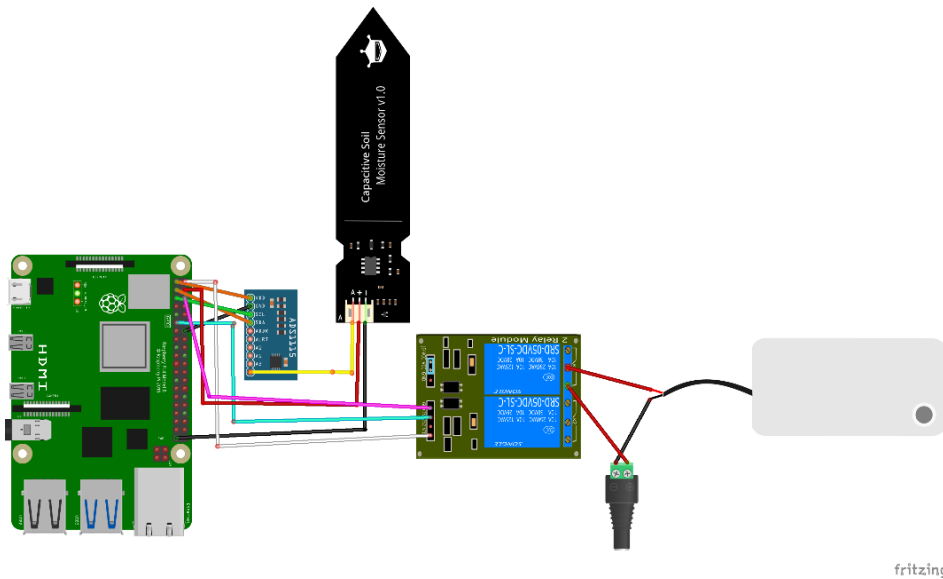
2.1. Toprak Nem Seviyesi İzleme ve Otomatik Sulama Sistemi

Su kaynaklarının etkin yönetimi, gıda üretimine yönelik artan talep ve su kaynaklarının artan kıtlığı göz önüne alındığında, modern tarımda önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Bu durum, bu zorlukların üstesinden gelmenin bir yolu olarak yenilikçi sulama sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu araştırma makalesi, sulama sürecini optimize etmek için bir nem sensörü, 16 bit 4 kanallı bir analog-dijital dönüştürücü (ADC) ve bir Raspberry Pi kullanan otomatik bir sulama sistemi sunmaktadır. Sulama sistemi algoritması Görsel 2' de, elektronik bağlantılar ise Görsel 3' te verilmiştir. Bu sistemde, nem sensöründen elde edilen veriler 16 bitlik 4 kanallı bir ADC aracılığıyla dijital formata dönüştürülmekte ve Raspberry Pi'ye aktarılmaktadır. Bu sayede Raspberry Pi, nem sensöründen gelen verileri dijital formatta okuyabilmektedir. Nem seviyesinin önceden belirlenmiş bir eşiğin (örneğin %30) altına düşmesi durumunda Raspberry Pi röleye bir sinyal göndererek su motorunu etkinleştirmekte ve otomatik sulama işlemini başlatmaktadır. Bu prosedür, bitkilerin optimum nem seviyesinde tutulmasını garanti ederken, sulama sürecini otomatikleştirmekte ve manuel müdahale ihtiyacını azaltmaktadır (Gutiérrez vd., 2014).



Görsel 2. Sulama sistemi algoritması

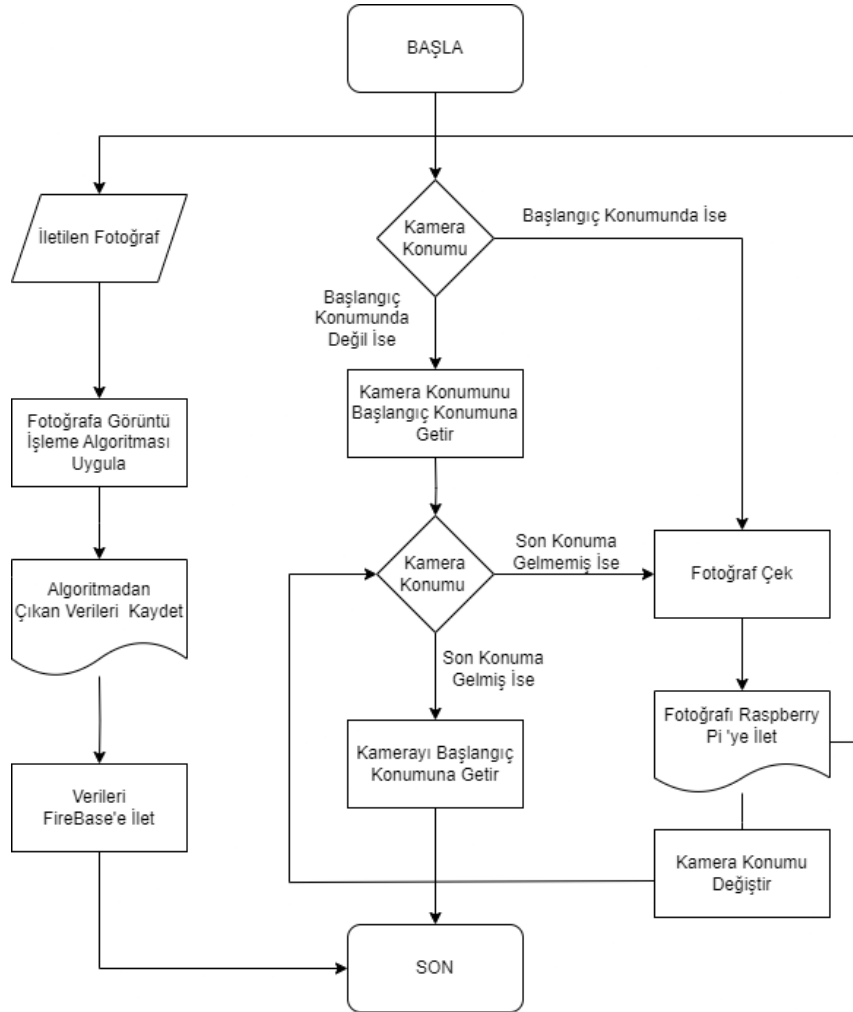
Bu sistemin tasarımında, toprak nemi, pH ve hava koşullarını izlemek için düşük maliyetli sensörler kullanan ve verilerin optimizasyonu ve kontrolü için bir bulut platformuna ileten otomatik bir sulama sistemi de dahil olmak üzere (Veerachamy ve ark., 2018) çalışmasından ilham alınmıştır



Görsel 3. Sulama Sistemi Elektronik Bağlantıları

2.2. Obje Tespit ve Kamera Hareket Sistemi

Yapılan tasarım, tarım sektöründe verimliliği artırmak ve sera yönetimini optimize etmek amacıyla geliştirilen bir akıllı sera izleme ve yönetim sistemini de içermektedir. Sistem, görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerini kullanarak bitki sağlığını izlerken, otomatik sulama sistemleriyle toprak nemini kontrol eder ve veri analitiği araçlarıyla kullanıcıya gerçek zamanlı bilgi sağlamaktadır. Sistemin görüntü alma işlem akışı ise Görsel 4' ayrıntılı olarak verilmiştir.



Görsel 4. Görüntü Alma Algoritması

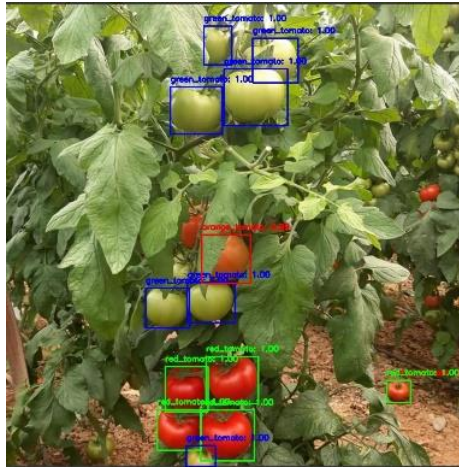
Model oluşumu için 1984 sayıda görüntü içeren bir veri seti kullanılmıştır. Bu görüntüler, Roboflow kaynağından toplanmış ve her biri olgunlaşmış, olgunlaşmakta olan ve olgunlaşmamış sınıflarıyla etiketlenmiş sınırlayıcı kutularla işaretlenmiştir (Görsel 5). Eğitime başlamadan önce tüm görüntüler 640 piksel standart çözünürlüğe yeniden boyutlandırılmış ve piksel değerleri model yakınsamasını artırmak için normalleştirilmiştir. Ayrıca, sınıf dengesizlik sorunlarını azaltmak için veri seti aşırı örnekleme teknikleriyle dengelenmiştir.

Çalışmada PyTorch derin öğrenme çerçevesi kullanılarak önceden eğitilmiş Faster R-CNN modeli transfer öğrenimi ile adapte edilmiştir. Veri setinde düzenlemeler yapılarak model

eğitilmiştir. Eğitimde LR (Learning Rate) öğrenme oranı kullanılarak Adam optimizier tercih edilmiştir ve 10 epok boyunca eğitim gerçekleştirilmiştir. Modeli değerlendirmek için Kayıp Eğrileri ve doğruluk metrikleri kullanılmıştır. tasarımıda, bitkinin parçalarını (örneğin, yapraklar veya meyveler) tanımlamak ve etiketlemek amacıyla ResNet50 FPN (Feature Pyramid Network) ile önceden eğitilmiş bir özellik çıkarma ağı kullanılmıştır. Çünkü, bu yaklaşım, özellikle karmaşık ve değişken çevresel koşullarda güçlü performans göstermektedir.

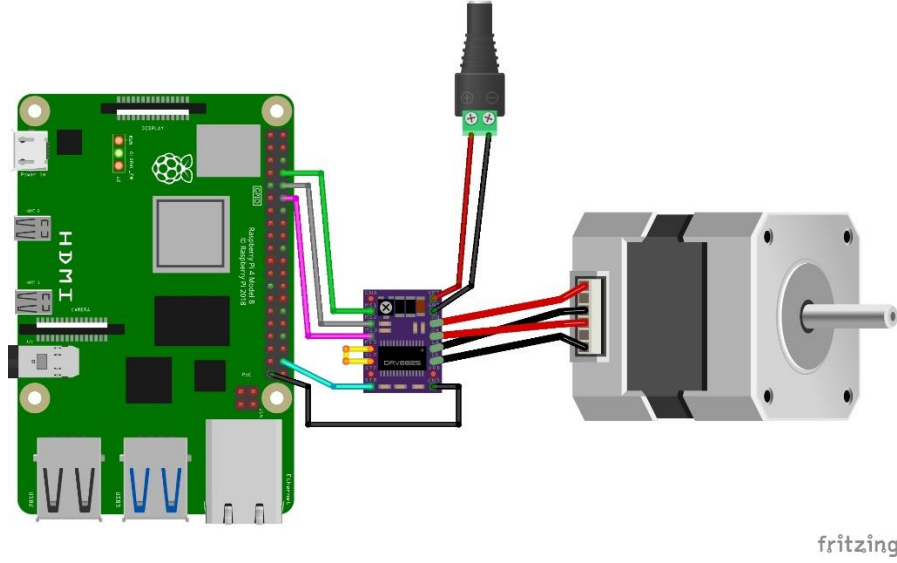
Eğitim veri setinde çeşitlilik sağlamak için çeşitli veri artırma teknikleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında mozaik (mosaic) artırma, bulanıklaştırma, gri tonlama, parlaklık kontrastı, renk bozulması ve rastgele gama düzenlemesi yer almaktadır. Bu teknikler, modelin genelleme yeteneğini artırarak gerçek dünya koşullarında daha iyi performans göstermesini sağlamaktadır.

Model eğitimi, SGD (Stochastic Gradient Descent) optimizier ile yapılmaktadır. Cosine Annealing Warm Restarts teknikleri kullanılarak öğrenme oranı düzenlenmiş ve eğitim süreci optimize edilmiştir. Bu stratejiler, modelin daha hızlı ve stabil bir şekilde öğrenmesini ve aşırı uyum riskini azaltmasını sağlamaktadır.



Görsel 5. Makine Öğrenmesi Obje Tespiti

Elde edilen düzeneğin görüntü alım işlevselliğini doğrulamak için, Görsel 4'te belirtilen bağlantılar fiziksel olarak kurulmuştur. Bu bağlantılar, Raspberry Pi üzerinde Visual Studio Code uygulaması aracılığıyla tasarlanan özel bir kodla entegre edilmiştir. Step motorun kamera mekanizmasını ileri ve geri yönde hareket ettirebilmesi için motorun yaklaşık 300 RPM hızında çalıştırılması sağlanmıştır. Bu adım, kamera mekanizmasının hareketinin ve step motorunun doğru çalışmasının sağlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir.



Görsel 6. Kamera Hareket Devresi

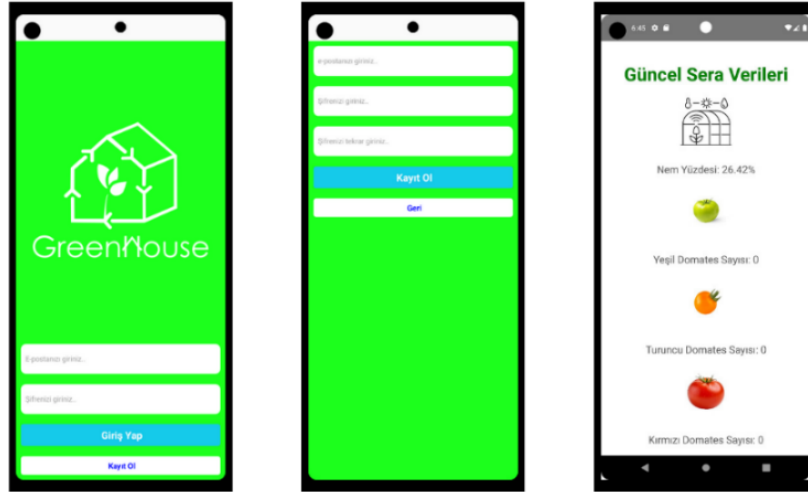
2.3 Firebase ve Mobil Uygulama

2.3.1 Uzaktan İzleme İçin Firebase Entegrasyonu ve Mobil Uygulama Tasarımı

Mobil uygulamanın kodlaması, Visual Studio Code geliştirme ortamıyla React Native framework'ü kullanılarak Redux mimarisiyle yapılmıştır. Redux, uygulama durumunu merkezi bir depoda yönetmekte ve kullanıcı arayüzü ile iş mantığı arasında veri akışını sağlamaktadır. Bu mimari, tasarımın ilerleyen süreçte esnek bir şekilde genişletilmesine olanak tanımakta ve birden fazla geliştirici tarafından kolayca anlaşılabilir. Firebase Realtime Database veya Firestore gibi Google Firebase hizmetleri, mobil uygulamaya gelen verilerin yönetimini üstlenmekle birlikte uygulama içindeki global durum yöneticisi olarak kullanılarak verilerin dinamik bir şekilde yönetilmesini ve kullanıcı arayüzünde gösterilmesini sağlamaktadır. Firebase API'leri sayesinde mobil uygulamalar, MQTT protokolü aracılığıyla alınan gerçek zamanlı verilere erişebilmektedir.

2.3.2 Sera İzleme İçin Mobil Uygulama Tasarımı

Görsel 6'da gösterildiği gibi, sera izleme için özel bir mobil uygulama tasarlanmıştır. Bu uygulama, React Native kullanılarak geliştirilmiştir. React Native, hem iOS hem de Android platformlarında çalışabilen yüksek performanslı mobil uygulama oluşturmayı destekleyen JavaScript tabanlı bir çerçevedir. React Native, yeniden kullanılabilir bileşenler sunmakta ve yerel platform özelliklerine erişim sağlamaktadır.



Görsel 6. Mobil Uygulamanın Arayüzleri

Uygulamanın temel özellikleri şunlardır:

Kullanıcı Profilleri: Her kullanıcının kişiselleştirilmiş bir profili bulunmaktadır.

Kullanıcı Dostu Arayüz: Uygulama, sera verilerini grafikler, tablolar ve göstergelerle kullanıcı dostu bir şekilde sunmaktadır.

Gerçek Zamanlı İletişim: Firebase entegrasyonu ile uygulama sürekli olarak veri alışverişi yapar ve anlık güncellemeler sağlar.

Parametre İzleme: Kullanıcılar, nem seviyeleri ve seradaki ürünlerin olgunluk durumları gibi önemli parametreleri izleyebilir.

Müdahale İmkânı: Firebase kullanarak kullanıcılar, sera koşullarını uzaktan izleyebilir ve gerektiğinde müdahale edebilir.

Güvenli erişim için her sera sahibine benzersiz bir üyelik atanır. Üye olmayan kullanıcılar uygulamanın kayıt sayfasından hesap oluşturabilir. Kimlik doğrulaması yapılan kullanıcılar, nem sensörü verilerini, ürün miktarını ve hastalıklı yaprakların konumunu içeren sayfaya yönlendirilmektedir.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, modern tarım uygulamaları için geliştirilen entegre bir sera yönetim sisteminin başarılı bir şekilde tasarımı ve uygulanmasını içermektedir. Görüntü işleme, sensör teknolojisi, makine öğrenimi ve otomasyonun entegrasyonu ile, bitkilerin sağlık durumlarının izlenmesi ve otomatik sulama sistemleriyle toprak neminin kontrol edilmesi sağlanmıştır. Bu sistem, PyTorch tabanlı makine öğrenimi modeliyle bitkilerin sağlık durumlarını ve olgunlaşma süreçlerini %92 doğruluk oranıyla belirleyebilme yeteneği sunmaktadır.

Çalışmanın temel katkılarından biri, birden fazla teknolojinin entegrasyonu ile çoklu parametrelerin eş zamanlı izlenmesi ve kontrol edilmesidir. Mobil uygulama arayüzü sayesinde çiftçilere, anlık veri takibi ve gerektiğinde müdahale yapabilme imkanı sağlanmıştır. Bu özellikler, sistemin kullanıcı dostu ve etkili bir araç olduğunu kanıtlamaktadır.

Elde edilen sonuçlar, makine öğrenimi ve mobil teknolojilerin kullanımıyla seralarda bitki izleme ve yönetiminin optimize edilebileceğini göstermektedir. Bu sistem, tarım sektöründe verimliliği artırarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına önemli katkılar sunabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, sistemin farklı bitki türlerine ve çeşitli iklim koşullarına uyarlama potansiyelini araştırarak sistemin kapsamını genişletebilir. Ayrıca, iklim koşullarının izlenmesi ve bitki besin yönetimi gibi ek fonksiyonların entegrasyonu ile sistem daha da geliştirilebilir, bu da tarımsal üretimde dijital dönüşüm sürecine daha fazla katkı sağlayabilir.

Lisans Öğrenci Projesi (BAP09) destekleri kapsamında “FLÖ-2024-15824” kodlu “Akıllı Sera Otomasyonu” projesi ile maddi destek sağlayan **Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi'ne** teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1]Yaşar, G. (2017). İyi Tarım Uygulamaları: Migros Ticaret Anonim Şirketi Örneği. KSBD, 9(2), 503-524.
- [2]ALYAS, R. M. (2023). Detection Of Plant Diseases Using Image Processing With Machine Learning (Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Türkiye). URL: <http://acikerisim.karabuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/2579>
- [3]Mu, L., Liu, Y., Cui, Y., Liu, H., Chen, L., Fu, L., & Gejima, Y. (2017). Design of End Effector for Kiwifruit Harvesting Robot Experiment. In 2017 ASABE Annual International Meeting (s. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers. DOI:10.13031/aim.20170066
- [4]Hannan, M. W., Burks, T. F., & Bulanon, D. M. (2007). A Real-Time Machine Vision Algorithm for Robotic Citrus Harvesting. In 2007 ASAE Annual Meeting (s. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers. DOI:10.13031/2013.23429
- [5]Oflozoğlu, D. (2023). Robotik Sistemler İçin Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Meyvesinin Konumunun Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye). Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi No: 800388
- [6]Gutiérrez, J., Villa-Medina, J. F., Nieto-Garibay, A., & Porta-Gándara, M. Á. (2014). Automated Irrigation System Using a Wireless Sensor Network and GPRS Module. IEEE

Transactions on Instrumentation and Measurement, 63(1), 166-176.
doi:10.1109/TIM.2013.2276487

[7]Veerachamy, K., Banupriya, A., & Anuradha, G. (2018). Smart Irrigation System Using Low-Cost Sensors and Cloud Platform. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 119(15), 3091-3095. Retrieved from <https://acadpubl.eu/hub/2018-119-15/3/30.pdf>

[8]Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 229-236. DOI:10.31590/ejosat.525149

[9]Altaş, Z., Ozguven, M. M., & Yanar, Y. (2019). Bitki Hastalık ve Zararlı Düzeylerinin Belirlenmesinde Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanımı: Şeker Pancarı Yaprak Leke Hastalığı Örneği. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference Proceedings Book, 489-497.

AN ITERATIVE CONFORMABLE LAPLACE METHOD FOR THE SOLUTION OF ITO EQUATION

Asst. Prof. MUAMMER AYATA

Selçuk University,

muammerayata55@gmail.com - 0000-0001-9436-6414

ABSTRACT

In this research, a new method consisting of the combination of the Adomian decomposition method and the Laplace transform was used to find the approximate solutions of fractional Ito equation in conformable sense. This Ito equation is actually a KdV type equation which is frequently preferred in predicting the normal rolling behavior of ships at sea and it is known as a indispensable model for many nonlinear physical applications in the fields of hydrodynamics, magnetoacoustic propagation for plasmas and surface tension emerging in shallow waters. This Ito equation also explains us the interaction process of two internal long waves. The solutions found here are in good agreement with the existing solutions. The results obtained by calculations guarantee that the current technique is very accurate, converges quickly and is highly effective. It is also a mathematical tool that can be easily applied to solve real life problems that arise in many fields of engineering and sciences. The obtained results also show that the method used here will be an important tool in solving various non-linear partial differential equations in many fields such as fluid dynamics, non-linear sciences, nonlinear waves and ocean engineering.

Anahtar Kelimeler : Laplace Decompositon Method, Laplace Transform, Conformable Derivative, Ito Equation.

1.GİRİŞ

In areas such as applied mathematics, physics, chemistry, biology, engineering, astronomy and economics, a mathematical model is required to represent a specific problem[1,2]. Most of the models encountered in applied mathematics, physics and many engineering fields are expressed as differential equations and fractional order differential equations. The fact that the existing analytical solution methods for the encountered equations do not meet the need has led researchers to find new numerical and approximate solution methods. Many studies have been conducted to obtain approximate solution methods of linear and nonlinear fractional partial differential equations with the help of computers [3-6]. One of this method conformable Laplace decomposition method (CLDM) which we will use through out this study [4]. Many real-life events are better modeled with the help of fractional analysis [7-9]. In recent years, fractional derivative; problems modeled through fractional derivative such as fluid systems, signal processing, stochastic systems, controlled systems, allometry in biology and ecology

have become more widely used [10]. Of course, with these developments, new fractional derivative definitions are emerging every day. Caputo, Riemann-Liouville, Grunwald-Letnikov, Atangana-Baleanu and conformable derivative a few of these fractional derivative definitions. In this study, we will use the conformable fractional derivative operator for solving fractional ITO equation which constitutes an important model for many nonlinear physical applications such as magnetoacoustic propagation seen in plasma, hydrodynamics and tension on the surface of shallow water [1,11]. Now let's give some definitions and theorems that will be used in this study.

Tanım 1.1. [12]

Given a function $h:[0,\infty) \rightarrow \mathbb{R}$. Then conformable fractional α derivative of h is

$$(T_\alpha h)(t) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{h(t + \varepsilon t^{1-\alpha}) - h(t)}{\varepsilon} \quad (1)$$

where $t > 0$ ve $\alpha \in (0,1]$.

Lemma 1.1. [12]

Let h, g functions be α -differentiable in conformable sense and $t > 0$ with $\alpha \in (0,1]$. Then,

$$(i) \quad T_\alpha(ah + bg) = a(T_\alpha h) + b(T_\alpha g), \text{ her } a, b \in \mathbb{R},$$

$$(ii) \quad T_\alpha(t^s) = st^{s-\alpha}, \text{ her } s \in \mathbb{R}, \quad (2)$$

$$(iii) \quad T_\alpha(h(t)) = 0, \quad h(t) = \lambda \text{ for any constant } \lambda$$

$$(iv) \quad T_\alpha(hg) = h(T_\alpha g) + g(T_\alpha h),$$

$$(v) \quad T_\alpha(h/g) = \frac{g(T_\alpha h) - h(T_\alpha g)}{g^2}. \quad (3)$$

2. Algorithm of the Method

Consider the following nonlinear PDE's given as

$$D_t^\eta w + K(w) + M(w) = r(x, t) \quad 0 < \eta \leq 1, x > 0, t > 0 \quad (4)$$

$$w(x, 0) = p(x) \quad (5)$$

where D_t^η is linear η -order conformable derivative with respect to t , K and M are linear and nonlinear operators respectively, r is the nonhomogeneous term.

If conformable Laplace transform is applied to Eq (4). and then inverse conformable Laplace transform,

$$L_\eta[D_t^\eta w] + L_\eta[K(w)] + L_\eta[M(w)] = L_\eta[r] \quad (6)$$

$$L_\eta[w] = \frac{1}{s} (w(x, 0) + L_\eta[r]) - \frac{1}{s} (L_\eta[K(w)]) - \frac{1}{s} (L_\eta[M(w)]) \quad (7)$$

$$w = L_\eta^{-1} \left[\frac{1}{s} (w(x, 0) + L_\eta[r]) \right] - L_\eta^{-1} \left[\frac{1}{s} (L_\eta[K(w)]) \right] - L_\eta^{-1} \left[\frac{1}{s} (L_\eta[M(w)]) \right] \quad (8)$$

According to the ADM, the $w(x, t)$ solution in Eq (4) $w(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} w_k$, nonlinear term

$M(w)$ is given as $M(w(x, t)) = \sum_{k=0}^{\infty} S_k$ and Adomian Polynomials S_k is given as $S_k = \frac{1}{k!} \frac{d^k}{d\lambda^k} [M(\sum_{i=0}^k \lambda^i w_i)]_{\lambda=0}$ for $k = 0, 1, 2, \dots$ [13-15].

If these equations are put in Eq (8),

$$w_0 = L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} (w(x, 0) + L_{\eta}[r]) \right] \quad (9)$$

$$w_{k+1} = -L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} (K(w_k)) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} (M(w_k)) \right] \quad (10)$$

CLDM solution is obtained [4].

3. Application

Consider the given non-linear conformable fractional ITO partial differential equations [1]

$$\frac{\partial^{\eta} w}{\partial t^{\eta}} + 2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \frac{\partial^5 w}{\partial x^5} = 0 \quad x, t > 0, 0 < \eta \leq 1 \quad (11)$$

initial value

$$w(x, 0) = 20c^2 - 30c^2 (\tanh(cx))^2 \quad (12)$$

To solve this problem using CLDM presented above first rearrange Eq (11) and apply conformable Laplace transform with respect to t ,

$$\frac{\partial^{\eta} w}{\partial t^{\eta}} = - \frac{\partial^5 w}{\partial x^5} - \left[2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right] \quad (13)$$

$$L_{\eta} \left[\frac{\partial^{\eta} w}{\partial t^{\eta}} \right] = -L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 w}{\partial x^5} \right] - L_{\eta} \left[2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right] \quad (14)$$

$$L_{\eta} [w] = \frac{1}{s} (w(x, 0)) - \frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 w}{\partial x^5} \right] \right) - \frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right] \right) \quad (15)$$

Applying inverse conformable Laplace transform,

$$w = L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} (w(x, 0)) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 w}{\partial x^5} \right] \right) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right] \right) \right] \quad (16)$$

using initial conditions given in Eq (12),

$$w = 20c^2 - 30c^2 (\tanh(cx))^2 - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 w}{\partial x^5} \right] \right) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[2w^2 \frac{\partial w}{\partial x} + 6 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right] \right) \right] \quad (17)$$

Using serial formula $w(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} w_k$ given in ADM,

$$\sum_{k=0}^{\infty} w_k = 20c^2 - 30c^2 (\tanh(cx))^2 - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x^5} \right] \right) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[2 \left(\sum_{k=0}^{\infty} w_k \right)^2 \frac{\partial \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x} + 6 \frac{\partial \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x} \frac{\partial^2 \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x^2} + 3 \sum_{k=0}^{\infty} w_k \frac{\partial^3 \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x^3} \right] \right) \right] \quad (18)$$

is obtained.

Hence the solution from Eq (9) and Eq (10)

$$w_0 = 20c^2 - 30c^2 (\tanh(cx))^2 \quad (19)$$

$$w_{k+1} = -L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[\frac{\partial^5 \sum_{k=0}^{\infty} w_k}{\partial x^5} \right] \right) \right] - L_{\eta}^{-1} \left[\frac{1}{s} \left(L_{\eta} \left[2(w_k)^2 \frac{\partial w_k}{\partial x} + 6 \frac{\partial w_k}{\partial x} \frac{\partial^2 w_k}{\partial x^2} + 3w \frac{\partial^3 w_k}{\partial x^3} \right] \right) \right] \quad (20)$$

is obtained. Let's write down a few w_k terms to see how close we get to the exact solution with a few w_k terms.

$$\begin{aligned} w_0 &= 20c^2 - 30c^2(\tanh(cx))^2 \\ w_1 &= 480c^7[45\tanh(cx)^7 - 105\tanh(cx)^5 + 77\tanh(cx)^3 - 17\tanh(cx)] \frac{t^{\eta}}{\eta} - \dots \\ w_2 &= 7680c^{12} \left[-1331 + \frac{42944\text{Sinh}(cx)^2}{\text{Cosh}(cx)^2} - \frac{278463\text{Sinh}(cx)^{42}}{\text{Cosh}(cx)^4} + \dots \right] \frac{t^{2\eta}}{\eta^2} - \dots \\ w_3 &= 81920c^{17} \left[1331 - \frac{51042664\text{Sinh}(cx)}{\text{Cosh}(cx)} + \frac{1163846185\text{Sinh}(cx)^3}{\text{Cosh}(cx)^3} - \dots \right] \frac{t^{3\eta}}{\eta^3} - \dots \end{aligned} \quad (21)$$

If we call the sum of the first k terms of w_k 's as Φ_k , that is

$$\Phi_k = \sum_{m=0}^{k-1} w_m = w_0 + w_1 + w_2 + \dots + w_{k-1} \quad (22)$$

Then ,

$$\begin{aligned} \Phi_3 &= \sum_{m=0}^3 w_m = w_0 + w_1 + w_2 \\ &= 20c^2 - 30c^2(\tanh(cx))^2 \\ &\quad + 480c^7[45\tanh(cx)^7 - 105\tanh(cx)^5 + 77\tanh(cx)^3 - 17\tanh(cx)] \frac{t^{\eta}}{\eta} - \dots \\ &\quad + 7680c^{12} \left[-1331 + \frac{42944\text{Sinh}(cx)^2}{\text{Cosh}(cx)^2} - \frac{278463\text{Sinh}(cx)^{42}}{\text{Cosh}(cx)^4} + \dots \right] \frac{t^{2\eta}}{\eta^2} - \dots \end{aligned} \quad (23)$$

is obtained.

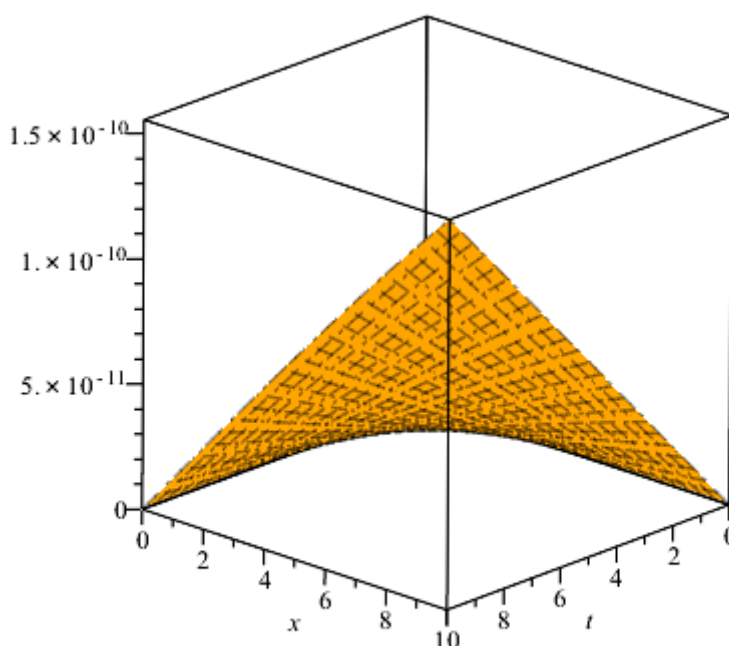


Fig 1. Error between 2-step CLDM solution and exact solution of $w(x, t)$ where $\alpha=1.0$, $0 \leq t \leq 10$ and $0 \leq x \leq 100$

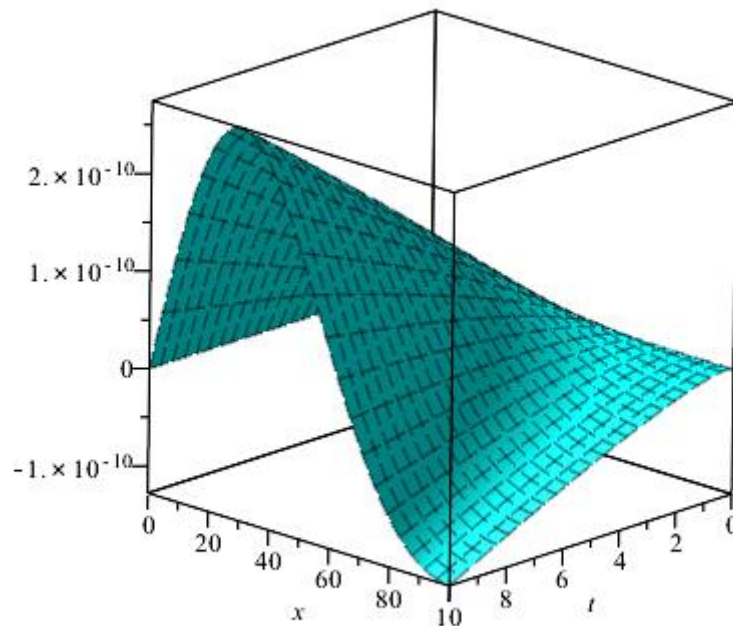


Fig 2. Error between 2-step CLDM solution and exact solution of $w(x, t)$ where $\alpha=0.75$, $0 \leq t \leq 10$ and $0 \leq x \leq 100$

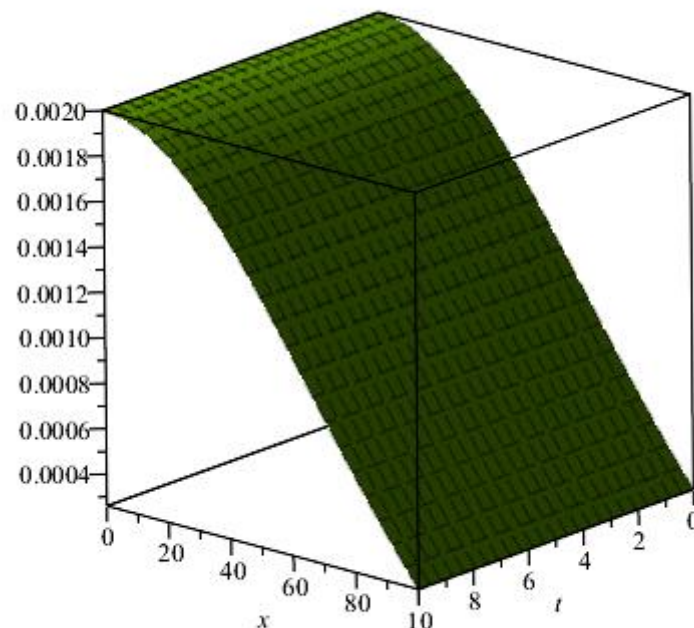


Fig 3. 2-step CLDM solution of $w(x, t)$ where $\alpha=0.75$, $0 \leq t \leq 10$ and $0 \leq x \leq 100$

In Fig1, the 3D graph of the error function between the exact solution and the 2-step CLDM solution for $\alpha = 1.0$ is shown. It is seen that the CLDM solution approaches the exact solution by 10^{-11} even in 2 steps. In Fig2, the 3D graph of the error function between the exact solution and the 2-step CLDM solution is shown for $\alpha = 0.75$. This time, it is seen that the CLDM solution approaches the exact solution by 10^{-10} in 2 steps. In Fig3, the 3D graph of the 2-step

CLDM solution is shown for $\alpha = 0.75$. This graph shows how the 2-step CLDM solution graph behaves physically in the given range.

3. Conclusion

We found the approximate solution of the Ito equation with the cldm method, which has been recently introduced to the literature. We observed on the 3D graph how close the CLDM solutions we found for different α values come to the exact solution. We can say that the CLDM has given quite effective results even in 2 steps. We hope that our work will open new doors for researchers in their studies.

4. References :

1. Arqub, O. A., Al-Smadi, M., Almusawa, H., Baleanu, D., Hayat, T., Alhodaly, M., & Osman, M. S. (2022). A novel analytical algorithm for generalized fifth-order time-fractional nonlinear evolution equations with conformable time derivative arising in shallow water waves. *Alexandria Engineering Journal*, 61(7), 5753-5769.
2. Kumar, S., & Hamid, I. (2022). Dynamics of closed-form invariant solutions and diversity of wave profiles of (2+ 1)-dimensional Ito integro-differential equation via Lie symmetry analysis. *Journal of Ocean Engineering and Science*.
3. Wang, J., Xu, T. Z., & Wang, G. W. (2018). Numerical algorithm for time-fractional Sawada-Kotera equation and Ito equation with Bernstein polynomials. *Applied Mathematics and Computation*, 338, 1-11.
4. Ayata, M., & Ozkan, O. (2020). A new application of conformable Laplace decomposition method for fractional Newell-Whitehead-Segel equation. *AIMS mathematics*, 5(6), 7402-7412.
5. Ayata, M., & Özkan, O. (2021). A new approach to mathematical models of Drinfeld-Sokolov-Wilson and coupled viscous Burgers' equations in water flow. *Physica Scripta*, 96(9), 095207.
6. Ayata, M., & Özkan, O. (2022). An analytical solution to conformable fractional fokker-planck equation. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 12(1), 9-14.
7. Caputo, M. ve Mainardi, F., 1971, A new dissipation model based on memory mechanism, *Pure and applied Geophysics*, 91 (1), 134-147.
8. Westerlund, S., 1994, Causality, report no. 940426, *University of Kalmar*.
9. Rosales-García, J., Andrade-Lucio, J. ve Shulika, O., 2020, Conformable derivative applied to experimental Newton's law of cooling, *Revista mexicana de física*, 66 (2), 224-227.
10. Li, C., Qian, D. ve Chen, Y., 2011, On Riemann-Liouville and caputo derivatives, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2011.
11. Wang, J., Xu, T. Z., & Wang, G. W. (2018). Numerical algorithm for time-fractional Sawada-Kotera equation and Ito equation with Bernstein polynomials. *Applied Mathematics and Computation*, 338, 1-11.
12. Khalil, R., Al Horani, M., Yousef, A. ve Sababheh, M., 2014, A new definition of fractional derivative, *Journal of computational and applied mathematics*, 264, 65-70.
13. Rach, R. (1984). A convenient computational form for the Adomian polynomials. *Journal of mathematical analysis and applications*, 102(2), 415-419.
14. Adomian, G. (1990). A review of the decomposition method and some recent results for nonlinear equations. *Mathematical and Computer Modelling*, 13(7), 17-43.
15. Cherruault, Y., Saccomandi, G., & Some, B. (1992). New results for convergence of Adomian's method applied to integral equations. *Mathematical and Computer Modelling: An International Journal*, 16(2), 85-93.

RHEUM RIBES EKSTRATININ DU-145 HÜCRE HATTI ÜZERİNDEKİ ANTİKANSEROJEN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Dilek PANDIR

Yozgat Bozok Üniversitesi,

dilek.pandir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5954-0632

Yüksek Lisans Öğrencisi Seren BENGÜŞAT

Yozgat Bozok Üniversitesi,

sbengusat@gmail.com – 0009-0008-8081-4624

Öğr. Gör. Fatih Oğuz BEKDEMİR

Yozgat Bozok Üniversitesi,

f.oguz.bekdemir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5111-3572

Uzman Biyolog Büşra ÖZ

Yozgat Bozok Üniversitesi,

busraoz7573@gmail.com – 0000-0001-6074-9003

ÖZET

Rheum ribes L. (Işkın otu), geleneksel tıp ve farmakoloji alanlarında iyileştirici bir etkiye sahip olmasıyla bilinir, bu etkiler başlıca antimikrobiyal, antibakteriyel, antiviral, antidiyabetik, antikanserojen, sitotoksik etkiler olarak sıralanabilir. DU-145 hücre hattı, insan prostat kanseri hücrelerinden türetilmiş bir hücre hattıdır. Bu hücre hattı, özellikle prostat kanserinin araştırılması ve tedavisi üzerine çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Apoptoz yöntemi, hücrelerin programlanmış bir şekilde ölmesini ifade eden doğal bir süreçtir. Bu çalışmada, canlı ve cansız hücrelerin *Akridin orange* ve *Ethidium bromür* boyaalarının 1:1 oranında karıştırılması sonucu elde edilen boyar madde ile boyanarak canlı hücrelerin yeşil renk, ölü hücrelerin ise kırmızı renk olarak gözlemlenmesini sağlayan apoptoz yöntemi kullanılmıştır. Florasan mikroskop altında hücrelerdeki canlılık durumu incelenerek hücrelerin canlılık oranları belirlenmiştir. Sonuç olarak artan dozlarda *R. ribes* ekstratı ile muamele edilen DU-145 hücrelerinde canlı ve ölü hücreler arasındaki fark; düşük dozdan yüksek doza çıkılırken hücrelerin yeşilden kırmızı renge döndüğü tespit edilmiştir. Bu çalışma, ışkın otunun DU-145 kanser hücre hattına karşı öldürücü olduğunun ortaya konulmasında önemli olmuştur.

Anahtar Kelimeler: DU-145, Işkın Otu, Apoptoz Yöntemi

DETERMINATION OF THE ANTI-CANCER EFFECTS OF *RHEUM RIBES* EXTRACT ON DU-145 CELL LINE

Professor Dilek PANDIR

Yozgat Bozok University,
dilek.pandir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5954-0632

Master's student Seren BENGÜŞAT

Yozgat Bozok University,
sbengusat@gmail.com – 0009-0008-8081-4624

Lecturer Fatih Oğuz BEKDEMİR

Yozgat Bozok University,
f.oguz.bekdemir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5111-3572

Expert Biologist Büşra ÖZ

Yozgat Bozok University,
busraoz7573@gmail.com – 0000-0001-6074-9003

ABSTRACT

Rheum ribes L. (ragweed) is known for its therapeutic effects in traditional medicine and pharmacology, including prominent antimicrobial, antibacterial, antiviral, antidiabetic, anticancer, cytotoxic effects, among others. The DU-145 cell line is derived from human prostate cancer cells and is widely used in research and treatment studies related to prostate cancer. Apoptosis is a natural process that signifies programmed cell death. In this study, the apoptosis method was employed, which involves staining cells with a dye obtained by mixing *Acridine Orange* and *Ethidium Bromide* in a 1:1 ratio, where live cells appear green and dead cells appear red under fluorescent microscopy. The viability of cells was assessed by examining their condition under a fluorescent microscope. The study observed differences between live and dead cells in DU-145 cells treated with increasing doses of *R. ribes* extract, noting a transition from green to red as the dose increased. In conclusion, this study has been significant in demonstrating the cytotoxic effects of *R. ribes* extract against DU-145 cancer cells.

Keywords: DU-145, *Rheum ribes* L., Apoptosis Method

1.GİRİŞ

Karsinogenez, tümör oluşumunun, gelişiminin ve devamlılığının meydana geldiği çok aşamalı bir süreçtir. Bu gelişim normal bir hücrenin transformasyonu ile başlar ve ardından hiperproliferasyon aşamasına geçer. Tümör hücreleri, büyüme baskılayıcı sinyallere karşı direnç geliştirdikten sonra, apoptoza (programlanmış hücre ölümüne) karşı direnç gösterirler. Ayrıca, yayılmacı ve damar yapıcı özellikler kazanarak çevresel dokulara yayılan metastatik lezyonların oluşumuna yol açarlar [1].

Kanser, hücrelerin anormal bir şekilde çoğalması ve bu hücrelerin vücutta başlangıç noktalarından farklı bölgelere yayılması ile tanımlanan çok nedenli bir hastalıktır. Kanser,

dünya çapında ciddi bir sağlık problemi olarak öne çıkmakta ve yüksek gelirli ülkelerde ikinci, gelişmekte olan ülkelerde ise üçüncü en yaygın ölüm nedeni olarak değerlendirilmektedir [2].

Doku kökenlerine göre farklılık gösteren 100'ün üzerinde kanser türü mevcuttur. Karsinomlar, epitelial hücrelerden kaynaklanırken; lenfoma, lenfatik sistemin hücrelerinden gelişir. Sarkomlar, kemik ve kas gibi mezodermal kökenli dokulardan gelişirken; adenokarsinomlar ise glandüler dokulardan, örneğin meme dokusundan, köken alan kanser türleri olarak tanımlanmaktadır [2]. Kanser, hem içsel hem de dışsal etkenlerden kaynaklanabilir. İçsel etkenler, DNA replikasyonu sırasında meydana gelen genomik instabilite ve mutasyonları içerirken; dışsal etkenler ise ultraviyole ışınları, beslenme alışkanlıkları ve sigara içme gibi çevresel faktörleri kapsamaktadır [3].

Kanser, tüm organizmaların temel birimi olan bir hücrede başlar. Karsinojenik maddeler, DNA molekülündeki pürin ve pirimidin bazlarıyla ya da şeker molekülleriyle etkileşime girerek veya kromozom yapısındaki proteinlerle çapraz bağlar oluşturarak DNA'nın yapısında baz kayıpları, zincir kırılmaları ve tersine dönüşler gibi yapısal değişiklikler meydana getirir. Bu yapısal değişiklikler, DNA replikasyonu, genlerin transkripsiyonu, translokasyonu ve gen aktivasyonunda değişikliklere yol açabilir. Onkogenlerde ve tümör baskılayıcı genlerde gerçekleşen mutasyonlar, kontak inhibisyonunun kaybı gibi durumlarla birlikte kontrolsüz hücre bölünmesi, yayılma ve metastaz gibi kanser özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olabilir [4, 5].

Normal hücre bölünmesi, yüzlerce genin karmaşık bir etkileşimi ile düzenlenir. Bu süreç, hücre proliferasyonunu teşvik eden genlerin aktivitesi ile bu proliferasyonu inhibe eden genler arasındaki denge tarafından kontrol edilir. Hücrelerde bu dengeyi sağlayan genlerde birikmiş mutasyonlar sonucunda hücreler kanserleşir. Yapılan çalışmalar, insan genomundaki tüm genlerin yaklaşık %1'ini oluşturan 250'den fazla genin kanser ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu genlerin yaklaşık %90'ı somatik kökenli iken, %10'u germ hattı kökenlidir [6].

Kanser, çeşitli organlarda gelişebilen bir hastalıktır. Ortak özelliği, normal hücre bölünmesini düzenleyen mekanizmaların kontrolünü kaybetmiş hücrelerin aşırı çoğalmasıdır. Türkiye'de ve dünya genelinde, prostat kanseri, erkeklerde akciğer kanserinden sonra en yüksek görülme sıklığına sahip kanser türlerinden biridir [7, 8].

Prostat, idrar kesesinin boynundaki üretrayı saran ve erkek üreme sisteminin en büyük yardımcı bezi olarak bilinen bir organdır [9]. Spermatozoonların düzgün çalışması için gerekli enzimler, lipidler, amino asitler ve metal iyonlarını salgılayarak kritik bir işlev görür. Prostat bezinin olgunlaşması, farklılaşması ve işlevini sürdürmesi, steroid ve peptid hormonları ile büyüme faktörlerine bağlıdır [10]. Erişkin bir erkekte genellikle 18-20 gram ağırlığında olan prostat bezinin, androjenler kadar östrojen ve progesteron gibi diğer hormonlar tarafından da büyümesi düzenlenir. Benign prostat hiperplazisi (BPH), yaşlı bireylerde oldukça yaygındır; 50 yaş ve üzerindeki erkeklerin %50'sinden fazlasında ve 80 yaşına gelene kadar erkeklerin %90'ında prostat büyümesi görülmektedir. BPH, rahatsızlık veren alt üriner sistem belirtilerine ve ani üriner tıkanıklığa neden olabilir. Prostat kanseri, uzun bir süre boyunca büyüyebilir ve bu nedenle tedavi süreci uzayabilir; yaşlı bireylerde tedavi genellikle önerilmeyebilir. Geleneksel

tedavi yöntemleri arasında hormon tedavisi, cerrahi müdahale, radyoterapi ve kemoterapi yer almaktadır.

Son yıllarda gerçekleştirilen epidemiyolojik araştırmalar, bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin yüksek oranda tüketilmesinin, insanlarda daha düşük kanser prevalansı ile bağlantılı olduğunu göstermektedir [11]. Fenolik asitlerin kansere karşı etkileri, hücre döngüsünün durdurulması, hücrelerin çoğalmasını engelleme, karsinojenlerin etkisiz hale getirilmesi, apoptozun tetiklenmesi, damar oluşumunun engellenmesi, antioksidan aktivite ve çoklu ilaç direncinin azaltılması gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıkmaktadır. Kanser tedavisinde kullanılan ilaçlar, sadece kanser hücrelerine değil, aynı zamanda sağlıklı hücrelere de zarar verebilmektedir. Bu sebeple, özellikle bitkisel kökenli olanlar gibi, yan etki riskleri düşük olan doğal kaynaklı ilaçların araştırılması giderek daha fazla önem kazanmaktadır [12].

Diyet yoluyla alınan ve şifalı bitkilerden elde edilen belirli fitokimyasalların tümör hücrelerinin ölümünü teşvik etme potansiyeli, kanser tedavisi araştırmalarında yeni bir bakış açısı sunmaktadır [12].

Ülkemizde yetişen pek çok bitki türü, halk arasında çeşitli hastalıkların belirtilerini hafifletmek için kullanılmaktadır. Bu bitkiler, genellikle antispazmotik, antikanserojenik ve dermatolojik hastalıklara karşı etkileriyle dikkat çekmektedir [13]. Türkiye’de yetişen ve çeşitli bilimsel araştırmalarda incelenmiş tıbbi bitkilerden biri de *R. ribes* türüdür.

R. ribes, yerel olarak ışkın, uçgun veya uşgun adlarıyla bilinen ve Türkiye, Ermenistan, Irak, Lübnan, İran, Afganistan ve Pakistan gibi ülkelerde yayılım gösteren bir bitkidir [14]. Polygonaceae familyasına ait olan *R. ribes*, çok yıllık, kalın rizomlara sahip, çift dallı ve uzun ömürlü bir bitkidir. Bitkinin üst kısımları 150 cm'ye kadar büyüyebilir ve çiçeklenme dönemi Haziran ile Temmuz ayları arasındadır; tohumları ise Temmuz'dan Ağustos'a kadar olgunlaşır. Bitkinin yaprakları yeşil veya kırmızımsı yeşil renkte olup, mevsimsel değişikliklere bağlı olarak renk tonları değişebilir [14].

Genellikle yetiştirilmeyen bir bitki türü olduğu için yabani olarak kabul edilmektedir [15]. Bu tür, kurak iklimlerin yüksek rakımlarındaki kayalık topraklarda yetişebilir ve rüzgarla tozlaşabilen hermafrodit çiçeklere sahiptir [16]. Son derece soğuk hava koşullarına dayanabilen bu bitki türü, kurak, asidik, killi veya alkali toprak koşullarında uyumlu bir şekilde büyüyebilir [17].

Yabani ravent, A, B ve C vitaminleri açısından zengin bir kaynaktır [14]. Türkiye’de bu bitkinin yaprakları, çiçekleri ve kökleri hem çiğ hem de pişmiş olarak tüketilebilmektedir [18]. Ayrıca, bitki yüksek antioksidan aktiviteye sahip şifalı bitkilerden biri olarak yaygın şekilde kabul edilmektedir [19].

R. ribes'den elde edilen ekstraktların antibakteriyel özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir [20, 21]. Tıbbi açıdan önemli birçok etkisi bulunan *R. ribes*, ayrıca C vitamini açısından oldukça zengin bir bitkidir. Yapılan araştırmalar, *R. ribes*'in yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğunu ve serbest radikalleri bağlama kapasitesinin diğer bitkilere göre yüksek olduğunu

ortaya koymuştur. Bu bitkinin güçlü antioksidan özellikleri, onu zengin bir gıda kaynağı olarak etkili bir şekilde tüketilebilir hale getirmektedir [22].

R. ribes (Polygonaceae), Orta Doğu'daki en önemli ilaç kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir [15]. Bu bitkinin kullanımı, yalnızca bir besin kaynağı olarak değil, aynı zamanda çeşitli hastalık belirtilerini hafifletmek amacıyla uzun süredir uygulanmaktadır [23]. *R. ribes*, yeraltı kısımlarında bulunan antrasen türevleri nedeniyle farmasötik açıdan önemli bir bitkidir [16]. Geleneksel tıpta, *R. ribes*'in kökleri obezite, kızamık, diyabet, hipertansiyon, balgam söktürücü etkiler, ülser, kabızlık, hemoroid, antihelmintik özellikler, ishal, yüksek kolesterol ve sedef hastalığının tedavisinde kullanılmaktadır [24].

R. ribes rizomlarının özütlerinin kolorektal ve prostat kanser hücre hatları ile lösemik hücreler üzerinde in vitro antikanser aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, bu bitkinin gövde ve yaprak özütlerinin antikanser etkileri çeşitli araştırmalarla doğrulanmıştır. Çalışmalar, farklı kanser hücre hattı modellerinde antiproliferatif etkiler sağladığını göstermiştir. Ayrıca, bu özütlerin hücre apoptozunu indükleyerek sitotoksik etkiler gösterdiği saptanmıştır [17, 25].

Apoptoz, genetik olarak düzenlenen, protein sentezi ve enerji gerektiren bir hücre ölüm türüdür ve hücrelerin kendi kendilerini yok etmelerini ifade eder. Apoptoz, genellikle "programlanmış hücre ölümü" olarak da adlandırılmaktadır [26, 27].

Apoptozun belirgin bir işareti, hücrenin nükleusunda meydana gelen yoğunlaşma ve fragmentasyonlardır. Normal hücrelerde birbirini takip eden kırılmalar onarılabılırken, apoptoz sürecinde yaklaşık 300,000 kadar kırılma oluşmakta ve bu nedenle hücre onarılamaz hale gelmektedir. Apoptoz, nekroza kıyasla tek bir hücrede meydana gelir ve hücre şişmek yerine büzülür. Bu durumun temel nedenlerinden biri, Na^+ , K^+ ve Cl^- iyon kanallarının kapanması ve hücre içi-dışı iyon geçişlerinin durmasıdır. Diğer bir neden ise, aktin ve lamininlerin ayrılması sonucu hücrenin iskelet yapısının bozulmasıdır [26].

Apoptoz yöntemlerinde Etidyum Bromür ve Akridin Oranj boyaları kullanılmaktadır. Etidyum Bromür, nükleik asitlerle (DNA ve RNA) interkalasyon yaparak floresan bir sinyal üretir ve ultraviyole ışık altında parlak kırmızı-turuncu floresan yayar. Bu özellik, Etidyum Bromür'ü nükleik asitleri görselleştirmede etkili bir araç haline getirir [28]. Akridin Oranj ise floresan özelliklere sahip bir boyadır ve nükleik asitleri hücrelerde boyayarak görünür hale getirir. Hücre kültürü çalışmalarında Akridin Oranj kullanımı, tüm hücrelerin boyanmasını sağlayarak floresan mikroskop altında hücre morfolojisinin detaylı bir şekilde incelenmesine olanak tanır [28].

Bu çalışmada DU-145 Prostat kanseri hücre hattı üzerinde *R.ribes* L. bitkisi ekstratının koruyucu ve antikanser özelliği apoptoz yöntemi ile araştırılmıştır.

2. MATERYAL METOD

2.1. Ekstrat Yöntemi

Ekstraksiyon 1:10 w/v oranında hazırlanmıştır. Bunun için 100 g bitki tartılıp iri kıyım parçalanmıştır. Üzerine 1 L %25'lik Etanol (250 ml. etanol, 750 ml. kaynar su (100 °C)) eklenip

mekanik karıştırıcı ile 4 saat ağzı kapalı bir şekilde karıştırıldıktan sonra 24 saat oda sıcaklığında ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir. 24 saat sonunda 200 mikron filtre ile kaba filtrasyon, daha sonra 100 mikron filtre ile ince filtrasyon işlemi yapılmış ve ekstraksiyon işlemleri sonucunda *R. ribes*'in 1 L hidroetanolik ekstraktı elde edilip pH değeri ölçülmüştür. *R. ribes* hidroalkolik ekstrakt içeriği: 1 mililitresinde 1.05 g bitki ekstraktı mevcuttur.

2.2. Hücre Kültürü

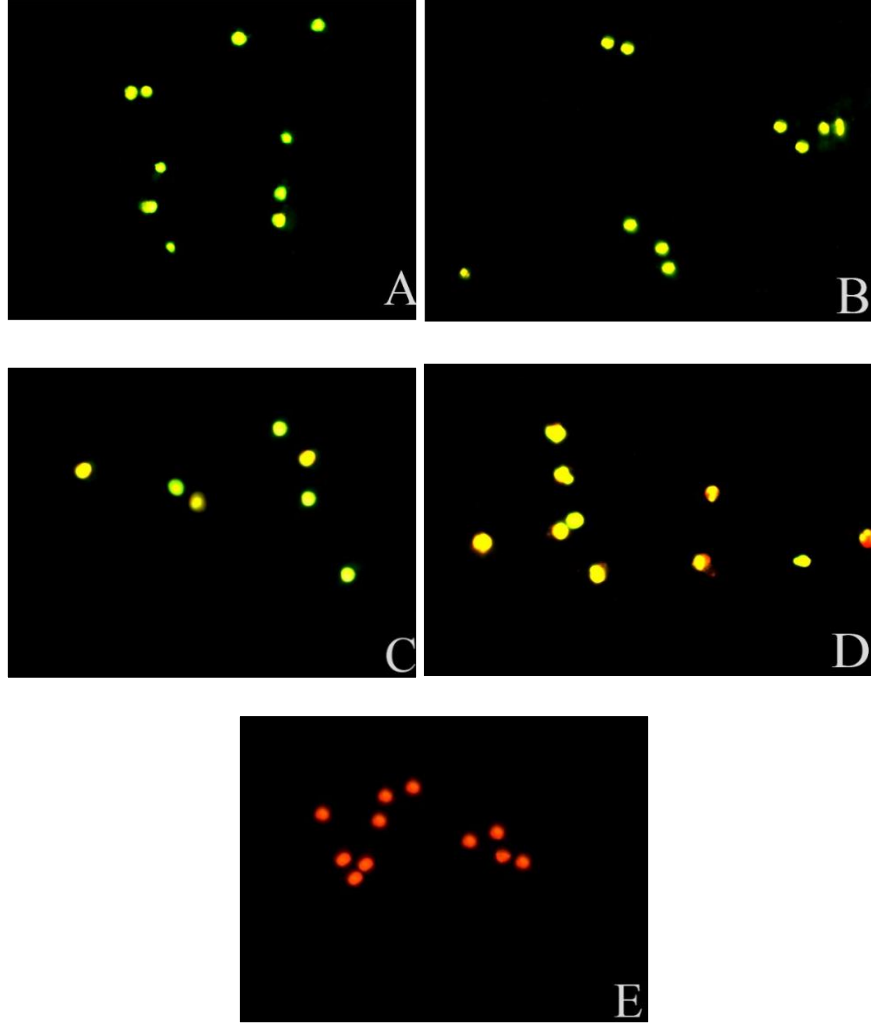
Hücre kültürü işlemleri steril laminar hava akımlı kabinde gerçekleştirilmiştir. Daha önceden - 80 °C soğutucuda dondurulmuş olan hücre hatları alınarak hücre dondurma solüsyonundan arındırıldıktan sonra uygun besiyeri bulunan hücre kültür flasklarına ekilmiş ve 37 °C'de %5 CO₂ içeren inkübatörde kültüre edilmiştir. DU-145 hücre hattı flasklarda Roswell Park Memorial Institute Medium, (RPMI 1640, Gibco, ABD) besiyerine %10 fetal sıgır serum (FBS, Gibco, ABD), 1uL pen-strep (Gibco, ABD) eklenerek kültüre edilmiştir.

2.3. Apoptoz Yöntemi

R. ribes ekstratının DU-145 hücrelerindeki apoptotik etkisinin belirlenmesi amacıyla, 6 kuyucuklu plakaların her bir kuyusuna 1×10^5 hücre ekildi. Sonraki aşamada hücreler 37 °C ve %5 CO₂ içeren inkübatörde 24 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonunda, hücrelere 48 saat boyunca farklı konsantrasyonlarda (1µg/mL, 10µg/mL, 25µg/mL 50µg/mL) *R. ribes* ekstratı uygulandı. İnkübasyon sonunda, hücrelere iki kez PBS ile yıkama yapıldı. Sonrasında hücrelere hazırlanan akrinin oranj+etidyum bromür boyası eklenerek karanlıkta 30 dk boyunca inkübe edildi. İnkübasyon sonunda hücreler lam üzerine yayılarak floresan mikroskopunda görüntülendi.

Akrinin oranj sadece canlı hücrelerin DNA'sına bağlandığı için bu hücreler yeşil renkte görünürken, etidyum bromür nekrotik hücrelerde kırmızı bir renk üretir. Ancak bu iki boya birlikte kullanıldığında, apoptotik hücreler sarı-turuncu renkte boyanarak karakteristik apoptotik çekirdek görünümünü ortaya çıkarır ve bu sayede apoptozun tespit edilmesine olanak sağlar.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME



Görsel 1: DU-145 hücrelerinde 72 saat süreyle artan dozlarda uygulanan *R.ribes*'in Apoptoz analizi. (A) kontrol, (B) 1 µg/mL, (C) 10 µg/mL, (D) 25 µg/mL, (E) 50 µg/mL. Apoptozis etkinlik farkı 20 µg/mL'den itibaren ($p<0,05$) istatistiki olarak belirginlik gözlenmiştir.

DU-145 hücrelerinde *R. ribes*'in apoptotik etkisi incelendiğinde; farklı dozlarda (1µg/mL, 10µg/mL, 25µg/mL, 50µg/mL) ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kanser hücrelerindeki toplam apoptotik hücre oranlarının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı ve EC_{50} değeri 20 µg/mL olarak belirlenmiştir ($p<0,05$).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, *Rheum ribes*'nin kök kısımlarından elde edilen ekstraktın farklı düzeylerde antikanser etkinlik gösterdiği saptanmıştır.

Tıbbi bitkilerin antikanser etkilerine dair artan kanıtlar mevcuttur. Bu kanıtlar kanser hastaları tarafından geleneksel olarak kullanılmalarını doğrulamaktadır [29, 30, 31].

R. ribes'in anti-kanser etkinliği üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Esmacilbeig vd.'nin yaptığı çalışmada *R. ribes*'in K-562 (Kronik miyelojen lösemi) hücre hattı üzerinde antikanser etkinliği

(IC₅₀: 115 µg/mL) saptanmıştır. Ayrıca Sardari vd. *R. ribes* ekstraktını malign melanoma A375 hücre hattı üzerinde denemiş ve IC₅₀: 21,3 µg/mL olarak bulmuşlardır. Abudayyak vd. *R. ribes* 'in hepatosellüler kanser hücre hattı üzerinde IC₅₀ değerini 14.29-31.94 mg/mL olarak saptamışlardır. Keser vd. ise insan meme kanseri (MCF-7), kolon kanseri (HCT-116), over kanseri (A2780) ve prostat kanseri (PC-3) hücre hatları üzerinde sitotoksik etkinliğini saptamışlardır. Bu çalışmada, *R. ribes* ekstraktının DU-145 hücreleri üzerinde istatistiksel olarak yüksek apoptotik etkinlik gösterdiği saptanmıştır [25, 32, 33, 34].

Elde edilen sonuçlar, *R. ribes*'nin antikanser etkinliğini doğrulamaktadır. Bu bulgular, *R. ribes* 'in anti-kanser ilaçlarının üretiminde potansiyel bir kaynak olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bitkinin kök ekstraktının yüksek etkinliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, *R. ribes* ile ilgili gelecekteki antikanser çalışmalarında bitkinin kök kısmının faydalı olacağı belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Yıldız, A. K., Kaçan, T., Koç, A., & Özgür, B. C. Prostat kanserinin tanısında beyaz küre, nötrofil, lenfosit ve trombosit sayılarının birbirine oranlarının prediktif rolü. Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Tıp Dergisi, 57(1), 29-32, 2024.
- [2] Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Molecular Biology of the Cell. 4th Edition. Garland Science, 2002.
- [3] American Cancer Society. What causes cancer? Retrieved November 16, 2015, from <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/>, 2012b.
- [4] Ousingasawat, J. Potassium channels in prostate and colonic cancer (Doctoral dissertation), 2007.
- [5] Aliustaoğlu, M. Temel Kanser Fizyopatolojisi, Klinik Gelişim, 22 (3): 46-49, 2009.
- [6] Futreal, P. A., Coin, L., Marshall, M., Down, T., Hubbard, T., Wooster, R., Rahman, N., Stratton, M. R. A census of human cancer genes. Nature Reviews Cancer, 4(3): 177-183. doi: 10.1038/nrc1299, 2004.
- [7] Dizon, D. S., & Kamal, A. H. Cancer statistics 2024: All hands on deck. CA: a cancer journal for clinicians, 74(1), 2024.
- [8] Vural, E. H., Kaskati, T., Vural, İ. M., Özalp, M. A., & Gümüşel, B. Are Turkish pharmaceutical pricing strategies an access barrier to oncology medicines for Türkiye. Frontiers in Pharmacology, 15, 1364341, 2024.
- [9] Radtke, J. P., Teber, D., Hohenfellner, M., Hadaschick, B. A. The current and future role of magnetic resonance imaging in prostate cancer detection and management. Translational Andrology and Urology, 4(3):326-341 doi: 10.3978/j.issn.2223-4683.2015.06.05, 2015.
- [10] Kumar, V. L., Majumder, P. K. Prostate Gland: Structure, Functions and Regulation. International Urology and Nephrology 27 (3), 231-243, 1995.

- [11] Ahmed M., Khan M.I., Khan M.R., Muhammad N., Khan A.U. Role of medicinal plants in oxidative stress and cancer. Open Access Scientific Reports. 2(2):641, 2013.
- [12] Elmas, C. Polifenoller ve Özellikleri. Sağlık & Bilim 2024: Polifenoller ve Sağlık, 7, 2024.
- [13] Abu-Irmaileh B.E., Afifi F.U. Herbal medicine in Jordan with special emphasis on commonly used herbs. Journal of Ethnopharmacology. 89: 193–7, 2003.
- [14] Ekincialp, A. vd. Genetic characterization of *Rheum ribes* (wild rhubarb) genotypes in Lake Van basin of turkey through ISSR and SSR markers. International Journal of Agriculture and Biology 21(4): 795-802, 2019.
- [15] Abdulla, K. K. vd. Phenolic profile, antioxidant, and antibacterial effects of ethanol and aqueous extracts of *Rheum ribes* L. roots. Der Pharmacia Lettre 6(5): 201- 205, 2014.
- [16] Andiç, S. vd. Some chemical characteristics of edible wild Rhubarb species (*Rheum ribes* L.). Research journal of agriculture and biological sciences. 5: 973-977, 2009.
- [17] Tartik, M. vd. The various biological activities of *Rheum ribes* extract on different types of cell. Türk Doğa Ve Fen Dergisi 4(1), 2015.
- [18] Adham, A. N. and A. M. Naqishbandi. HPLC analysis and antidiabetic effect of *Rheum ribes* root in type 2 diabetic patients. Zanco Journal of Medical Sciences (Zanco J Med Sci) 19(2): 957-964, 2015.
- [19] Raafat, K. vd. Alloxan-induced diabetic thermal hyperalgesia, prophylaxis and phytotherapeutic effects of *Rheum ribes* L. in mouse model. Archives of pharmacal research: 1-10, 2014.
- [20] Bazzaz B.S., Khajenkaramadin M., Shokooheizadeh H.R. In vitro antibacteria lactivity of *Rheum ribes* extractobtained from various plant part against clinical isolates of gram negative pathogens. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2: 87-91, 2005.
- [21] Alaaddin A.M., Al-Khateb E.A., Jager A.K. Antibacterial activity of Iragi *Rheum ribes* root. Pharmaceutical Biology, 45(9): 688-690, 2007.
- [22] Meral R. Fonksiyonel Öneme Sahip Doğal Bileşenlerin Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (Doktora tezi, yayınlanmamış). YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2011.
- [23] Öztürk, M. vd. Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. Food chemistry 103(2): 623-630, 2007.
- [24] Nikbakht, M.-R. vd. Chemical composition and general toxicity of essential oil extracted from the stalks and flowers of *Rheum ribes* L. growing in Iran. Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences 2(2): 165-170, 2013.

- [25] Keser S., Keser F., Karatepe M., et al. Bioactive contents, In vitro antiradical, antimicrobial and cytotoxic properties of rhubarb (*Rheum ribes* L.) extracts. Natural Product Research. 1-5, 2019.
- [26] Vercammen, D., Steemans, M., and Denecker, G. Death receptor-induced apoptotic and necrotic cell death: differential role of caspases and mitochondria. Cell Death & Differentiation, (8),829–840, 2001.
- [27] Gewies, A. Introduction to Apoptosis. Apo Review, 1-26, 2003.
- [28] Güleş, Ö., & Ülker, E. Apoptozun belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2), 73–78, 2008.
- [29] Hamed A., Bayat M., Asemani Y., Amirghofran Z. A review of potential anti-cancer properties of some selected medicinal plants grown in Iran. Herbal Medicines Journal 33:100557. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100557>, 2022.
- [30] Iqbal J., Abbasi B.A., Mahmood T., Kanwal S., Ali B., Shah S.A. et al. Plant-derived anticancer agents: a green anticancer approach. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 7:1129–1150. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.10.016>, 2017.
- [31] Khan T., Ali M., Khan A., Nisar P., Jan S.A., Afridi S. et al. Anticancer plants: a review of the active phytochemicals, applications in animal models, and regulatory aspects. Biomolecules 10:47. <https://doi.org/10.3390/biom10010047>, 2019.
- [32] Esmaeilbeig M., Kouhpayeh S.A., Amirghofran Z. An Investigation of the Growth Inhibitory Capacity of Several Medicinal Plants From Iran on Tumor Cell Lines. Iranian Journal of Cancer Prevention 8:e4032, 2015.
- [33] Sardari S., Shokrgozar M.A., Ghavami G. Cheminformatics based selection and cytotoxic effects of herbal extracts. Toxicology in Vitro 23: 1412-21, 2009.
- [34] Abudayyak M. In vitro evaluation of *Rheum ribes* induced genotoxicity in HepG2 cell lines. İstanbul Journal of Pharmacy 2019.

RHEUM RIBES L. EKSTRATININ ALLIUM CEPA KÖK UCU MERİSTEM HÜCRELERİ ÜZERİNDE H₂O₂'NUN TOKSİK ETKİLERİNE KARŞI KORUYUCU ROLÜNÜN BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Dilek PANDIR

Yozgat Bozok Üniversitesi,
dilek.pandir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5954-0632

Yüksek Lisans Öğrencisi Seren BENGÜŞAT

Yozgat Bozok Üniversitesi,
sbengusat@gmail.com – 0009-0008-8081-4624

ÖZET

Allium cepa L. (soğan) kök ucu meristem hücrelerinin hidrojen peroksit (H₂O₂) toksisitesine karşı *Rheum ribes* L. (ışkın otu) ekstratının koruyucu etkileri incelenmiştir. H₂O₂, dezenfektanlardan kozmetik ürünlere kadar çeşitli alanlarda kullanılan oksitleyici bir maddedir ve toksisiteye neden olabilir. *R. ribes* bitkisi ise, Polygonaceae ailesinden olan çok yıllık bir bitkidir ve birçok biyoaktiviteye sahiptir. Bu bitkinin antidiyabetik etkisi bilinmektedir. *R. ribes* ekstraktı, fenolik bileşen profili ve içerdikleri flavonoid yapıları sayesinde potansiyel bir antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmektedir. *R. ribes*, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Nisan - Mayıs aylarında yaygın olarak doğadan toplanarak tüketilen ve batıdaki illere de büyük miktarlarda gönderilen önemli bir ticari üründür. Geleneksel tıpta ve farmakolojide çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Araştırmada, artan H₂O₂ dozları ve *R. ribes* ekstratı ile muamele edilen köklerde ölü ve canlı hücreler arasındaki farklar Evans Blue boya ile belirlenmiştir. Stereo mikroskop altında köklerdeki boya yoğunluğu incelenerek hücrelerin canlılık seviyesi belirlenmiştir. Yüksek doz H₂O₂ uygulanan köklerde belirgin ölü hücrelerin tespit edilmesiyle toksisitenin etkileri gözlemlenmiştir. Bu çalışma, ışkın otunun toksik maddelere karşı koruyucu olduğunun ortaya konulmasında önemli olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen peroksit, Işkın Otu, Canlılık Testi

DETERMINATION OF THE PROTECTIVE ROLE OF *RHEUM RIBES* EXTRACT AGAINST THE TOXIC EFFECTS OF H₂O₂ ON *ALLIUM CEPA* L. ROOT TIP GERM CELLS

Professor Dilek PANDIR

Yozgat Bozok University,
dilek.pandir@bozok.edu.tr - 0000-0001-5954-0632

Graduate Student Seren BENGÜŞAT

Yozgat Bozok University
sbengusat@gmail.com – 0009-0008-8081-4624

ABSTRACT

The protective effects of *Rheum ribes* L. (ragweed) extract against hydrogen peroxide (H₂O₂) toxicity on *Allium cepa* L. (onion) root tip meristem cells were investigated. H₂O₂ is an oxidizing agent used in fields ranging from disinfectants to cosmetics and can be toxic. *R. ribes* is a perennial plant from the Polygonaceae family known for its various bioactivities. It is recognized for its antidiabetic effects, and its extracts are considered potential sources of antioxidants due to their phenolic components and flavonoid structures. *R. ribes* is commercially important and extensively harvested from the wild in the Eastern Anatolia Region in April-May, then distributed to western provinces in large quantities. It is used in traditional medicine and pharmacology across various fields. In the study, the differences between dead and living cells in roots treated with increasing doses of H₂O₂ and *R. ribes* extract were determined using Evans Blue dye. The viability of cells was assessed by examining the dye intensity in the roots under a stereo microscope. The toxic effects were observed by identifying significant numbers of dead cells in roots treated with high doses of H₂O₂.

Keywords: Hydrogen peroxide, *Rheum ribes* L., Viability assay

GİRİŞ

Bitkilerin yeraltı kısımlarında bulunan antrasen türevleri, Rheum türlerini tıbbi açıdan önemli kılmaktadır. Özellikle Orta Doğu'da yetişen *R. ribes* (Polygonaceae), önemli ham ilaç kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir [1].

İran'da, ravent kökleri oryantal müshil ilaçları ve antipsoriatik tedavilerde kullanılmaktadır [2]. *R. ribes* adlı bitki, Türkiye'nin doğusunda, İran ve Lübnan'da yetişmekte olup, yerel olarak "ışkın", "uşgun" veya "uçgun" olarak adlandırılmaktadır. Türkiye'de, Polygonaceae familyası 8 farklı cins ve 70 tür ile temsil edilmektedir; bu bağlamda, *R. ribes* Türkiye'de yetişen tek Rheum türüdür [3].

pH değeri 3.56 olan bu bitki, ekşi bir tat profiline sahip olup, kabukları gövdeden ayrıldıktan sonra tüketilen yeşil renkli bir bitkidir. Genç sürgünleri ve sapları ishale karşı koruyucu olarak kullanılırken, bitkinin gövdesinin bazı bölümlerinden elde edilen su, hemoroid, kızamık, çiçek hastalığı ve safra hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır [4].

İşkın otunun taze sapları sebze olarak tüketilmekte ve gövdesi de taze olarak yenilmektedir. *R. ribes*, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetişen, ortalama 150 cm boyunda bir bitkidir. Gövdesi tabandan itibaren yapraklıdır ve büyük, kırmızımsı renkte ince tırtıklara sahiptir. Bölge halkı, bitkinin gövdesini taze iken dış kabuğunu soyup tüketmektedir. Hakkâri'de uçkunlu dondurma ve uçkunlu kek olarak, Bitlis'te ise turşu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, Tunceli'nin bazı bölgelerinde pişirilerek, Erzurum Bölgesi'nde ise sebze olarak tüketilmektedir [5].

R. ribes, tıbbi açıdan ilk kez 1939 yılında incelenmiş olup, ardından 1964, 1985 ve 1990 yıllarında da bilimsel çalışmalarda kullanılmıştır [6].

Yapılan bazı çalışmalarda *R. ribes* bitkisinden elde edilen ekstraktların antibakteriyel etkisi vurgulanmaktadır. Tedavi açısından birçok yararları olduğu bilinmekte ve özellikle C vitamini açısından oldukça değerlidir. Yapılan incelemede, *R. ribes*'in yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu ve diğer bitkilere göre serbest radikalleri yüksek oranda bağladığı ortaya çıkmıştır. Bu özellikleri sayesinde güçlü antioksidan özelliklere sahip zengin bir gıda kaynağı olarak değerlendirilmektedir [7].

R. ribes bitkisinde yoğun olarak bulunan kimyasal bileşenler, başlıca rhein, krizofanol, emodin ve aloe-emodin olmak üzere antrakınon bileşikleridir [8]. Modern farmakolojik çalışmalar *R. ribes* 'deki emodin ve rhein gibi zengin doğal ekstraktların doku fibrozisi önleyici varlığını sürdürdüğü doğrulanmıştır [9]. Emodinin antiviral, antibakteriyel, antialerjik, anti-osteoporotik, anti-diyabetik, immünosupresif, nöroprotektif ve hepatoprotektif faaliyetler gibi geniş bir farmakolojik etki yelpazesine sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca emodinin müshil özelliği kilo kaybı teşvik etmedeki farklı sıcaklık aralıkları olarak mevcuttur [10].

Sınıflandırma

Rheum ribes,

Alem: Bitkiler (Plantae),
Şube: Kapalı tohumlular (Angiosperms),
Sınıf: İki çenekliler (Eudicots),
Familiya: Kuzukulağıgiller (Polygonoideae),
Cins: Ravent (Rheum)
Tür: Yayla Muzu (*Rheum ribes*)
olarak sınıflandırılmaktadır.

Işkın otunun geleneksel kullanımları arasında, hemoroid, kızamık, çiçek hastalığı, gastrointestinal rahatsızlıklar ve ishal gibi çeşitli tedavilerin kalıcısında taze sürgün ve gövdelerin kullanımı yer almaktadır. Ayrıca bitki diyabeti, hipertansiyon, obezite ve sindirim bozuklukları gibi bozukluklara karşı terapötik aktivite de göstermektedir. Türkiye'de yaygın olarak bulunan bu bitki genç sürgünlerden yetiştirilmektedir. Özellikle *R. ribes*'in kökleri ve sürgünleri yüksek antioksidan aktivite sergilemektedir [11].

H₂O₂, oksitleyici bir maddedir ve genel amaçlı dezenfektanlarda, kozmetik ürünlerde, ağartma sınıflarında, diş macunlarında, kumaş leke çıkarıcılarda, saç boyalarında ve deterjanlarda sıklıkla kullanılır. H₂O₂, ayrıca aşındırıcı özellikler gösterir ve oksijen gazının oluşumuna neden olarak lipid peroksidasyonuna yol açar. Bu nedenle H₂O₂ etkileri üzerine yapılan araştırmalar son derece önemlidir. Ayrıca bu madde bitki zarlarına da zararlıdır [12].

H₂O₂, farklı kimyasal maddeler ve ambalajlarla kullanımıyla birçok farklı alanda kullanılan çok yönlü bir organik maddedir. Hidrojen peroksitler, çeşitli parçalara ilişkin indirgemeler, eklemeler ve tamamlayıcılar gibi kimyasal tepkimelere yol açabilir. H₂O₂ in ayrışması sonucu oluşan bozulma zararları minimaldir çünkü oksijen ve suya dönüşürler. Bu özellikleriyle H₂O₂ birçok endüstriyel alanda etkili ve güvenilir bir üretim malzemesi olarak kullanılır [12].

A. cepa çevresel kirlleticiler veya kimyasalların in vitro yapılan çalışmalarda mitotik indeks, kök büyümesi ve hücre yaşam döngüsünde oluşturabileceği toksik etkilerin çalışılmasında sık kullanılan materyaldir. *A. cepa* ile 1985 tarihinden itibaren çok çalışma yapılmıştır ve halen test materyali olarak kullanılmaktadır [13].

Allium testis, çeşitli maddelerin sitotoksik ve genotoksik etkilerini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır ve çevresel toksisite ile kirlilik seviyelerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesi için standart bir prosedür olarak kabul edilir. Bu test, çevredeki belirli sitotoksik, genotoksik veya mutajenik maddelerin varlığını gösterebilir ve tüm canlılar için doğrudan veya dolaylı riskleri temsil edebilir. Yüksek bitkiler, çevresel mutajenik maddelerin izlenmesi ve bilinen konsantrasyonlarda belirli mutajenlerin zararlı etkilerinin araştırılması için oldukça uygun test sistemleridir. Kromozom boyutları nedeniyle yüksek bitkiler, sitolojik analizler için elverişlidir ve diğer biyo-test sistemleri ile iyi bir korelasyon gösterirler. Toksik etkiler, kök büyümesinin azalması gibi makroskopik parametreler ve kromozom aberasyonlarının türleri, sıklıkları ve

bozulmuş hücre bölünmeleri gibi sitolojik parametrelerin analizi ile değerlendirilebilir [14, 15, 16].

Bazı bitkiler, canlı sistemlerdeki kimyasalların genotoksik etkilerini incelemek için kullanılmaktadır. Özellikle *A. cepa* (soğan), *Tradescantia pallida* (Mor Telgraf Çiçeği) ve *Vicia faba* (Bakla) gibi bitkiler, somatik hücrelerde mitotik indeks ve faz, kromozomal anormallikler ile mikronükleus yüzdesini araştırmada yaygın olarak tercih edilmektedir. *A. cepa*, genotoksisite deneylerinde sıklıkla kullanılan bitki materyallerinden biridir, çünkü bu bitki diğer bitki test sistemlerine göre daha hassas ve güvenilirdir [17, 18, 19, 20, 21].

Evans mavisi boyası, hücre zarının bütünlüğünün değerlendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Canlı olarak kullanılmış, plazma membranındaki bu boyayı dışarıya atabilirken, hasar görmüş yerde boyayı dışarı atamaz ve maviye boyanır. Bu durum, hücre ölümünün bir göstergesi olarak kullanılır. Ayrıca, membran bütünlüğünün bozulduğu hayati olmayan boyalarla işaretlenen, morfolojik izleme yöntemleriyle incelenebilir. Örneğin, sepsis durumunda kan-beyin bariyeri geçirgenliği artar ve beyin dokusunda evans mavisi miktarında artış gözlemlenebilir [22].

Sitotoksitenin belirlenmesi için kullanılan Evans mavisi boyama yöntemi, canlı olmayan hücrelerin iletilme ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem, tedavi edilen ve kontrol edilen gruplara bakımda Evans mavisi ile boyanan boyanın yoğunluğuna göre hücre bölünmesinin görsel olarak tespit edilmesini sağlamak için sitotoksik ayarlara sahip şekilde kaydedilmesini sağlar [22].

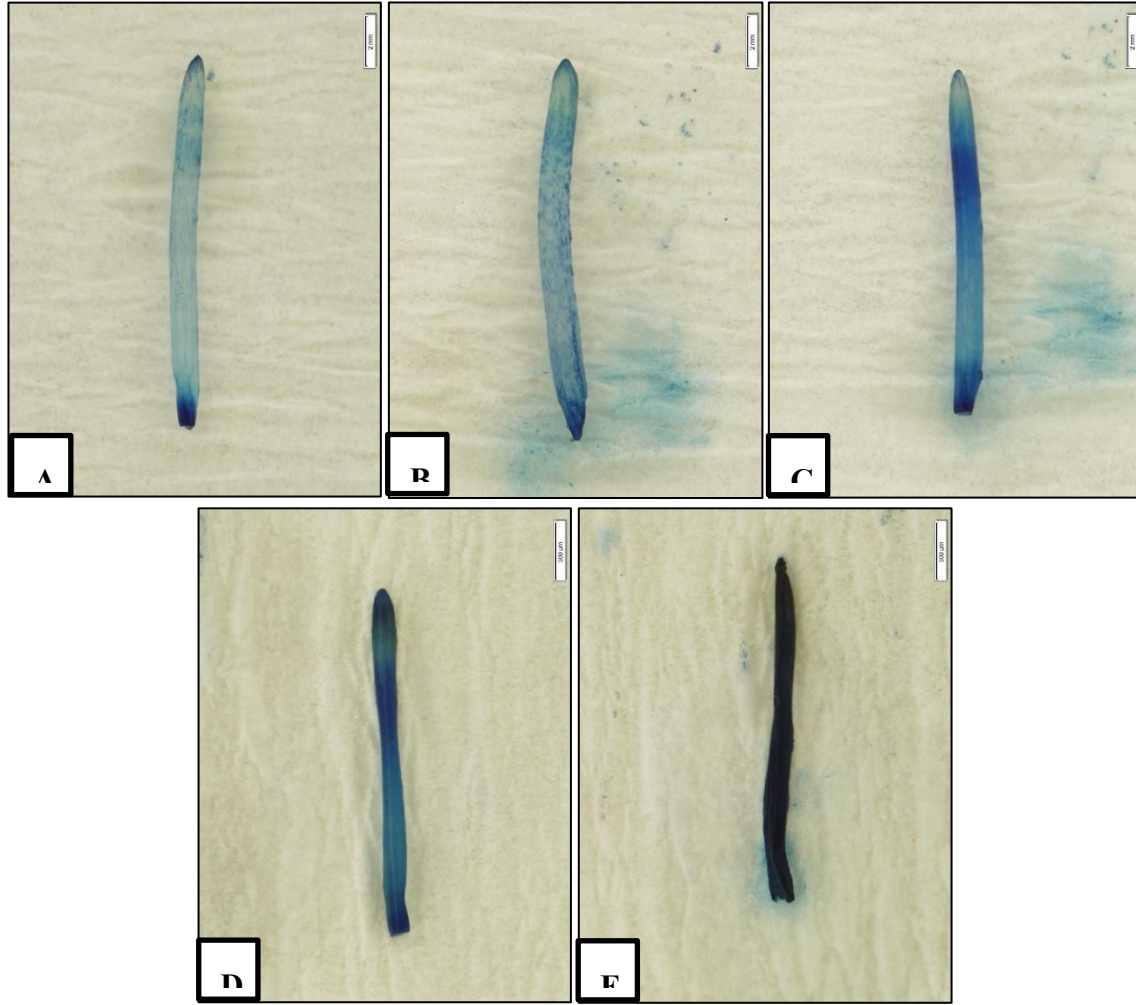
A. cepa'nın tedavi edilen ve kontrol grubu Evans mavisi ile boyanması sonucunda kökler tarafından emilen Evans mavisinin yoğunluğu görselleştirilmiştir. Bu durum, hücre ölümün eşitliği sağlanana kadar devam eder ve bu süreçteki değişimlerin canlılık dağılımı belirlenir [23].

Bu çalışmada *A. cepa* kök ucu meristem hücreleri üzerinde *R. ribes* ekstratının koruyucu etkileri ve H_2O_2 kimyasalının toksik etkisi üzerine çalışılmıştır.

2. MATERYAL METOD

Köklenmeye bırakılan *A. cepa* bitkisi kök uçları belirli bir uzunluğa geldikten sonra 5 gruba ayrılarak (1. Grup: Kontrol grubu, 2. grup $10 \mu M H_2O_2 + R. ribes$ ekstratı, 3. grup $25 \mu M H_2O_2 + R. ribes$ ekstratı, 4. grup $50 \mu M H_2O_2 + R. ribes$ ekstratı, 5. grup $100 \mu M H_2O_2 + R. ribes$ ekstratı) 72 saat boyunca belirtilen maddelere maruz bırakıldı. 72 saat sonunda kök ucu meristem hücrelerinden 2'şer cm kesilerek %25 (w/v) Evans Blue boyasının sulu çözeltisine 15 dakika maruz bırakıldı ve ardından iki kez musluk suyu ile yıkama işlemi yapıldı. Bu işlem sonucunda hücrelerin ölü olması durumunda Evans Blue boyasını absorbe etmesiyle renk değişimleri meydana gelir. Daha sonra bu renk değişimleri stereo mikroskop altında görüntülenmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME



Görsel 1: Farklı konsantrasyonlarda H_2O_2 + *R. ribes* ekstratı'na maruz bırakılan *A. cepa* köklerinin histokimyasal boyama ile canlılığın gösterilmesi. (A) kontrol, (B) 10 μM , (C) 25 μM , (D) 50 μM , (E) 100 μM .

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Birçok çalışmada standart bir test yöntemi olarak kabul edilen *A. cepa* bitkisi, sitotoksikite ve genotoksikite testlerinde etkili sonuçlar vermektedir. Bu bitki, hızlı ve güvenilir bir test sistemi olmasının yanı sıra, diğer test sistemleriyle yüksek korelasyon göstermektedir. Çalışmamızda, doz uygulama sürelerinin 24, 48 ve 72 saat olarak belirlenmesinin nedeni, *A. cepa*'nın hücre döngüsünü tamamlamasının 24 saat sürmesidir. Bu çalışmada, *A. cepa* kök ucu meristem hücreleri üzerinde *R. ribes* ekstratının koruyucu etkileri ve H_2O_2 kimyasalının toksik etkisi üzerinde değerlendirilmiştir.

R. ribes ekstraktı, soğan kök ucu hücrelerinde H_2O_2 tarafından oluşturulan hücre kaybını etkili bir şekilde sınırlamıştır. Mevcut testten elde edilen sonuçlara göre, *R. ribes* belirli konsantrasyonlarda H_2O_2 tarafından indüklenen kromozomal anormalliklere karşı antimutajenik ve antigenotoksik özellikler göstermektedir. Bu kimyasalın günlük hayatta sıklıkla kullanıldığı göz önüne alındığında, kullanımı sırasında dikkatli olunması gerekmektedir [24].

Bhagyanathan ve Thoppil (2016), *A. cepa* kök ucu hücrelerinin canlılık kapasitesini belirlemek için *Cynanchum sarcomedium* bitkisini kullanmıştır [25]. Canlı olmayan hücreler canlı olan hücrelere göre farklı tonlarda boyanmıştır. Evans Blue ile boyama tekniğine göre sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada *A. cepa* kök ucu meristem hücreleri üzerinde H₂O₂'nin artan dozları uygulanarak toksik etkileri ortaya konulmuştur. Bu etkilere karşı olarak da *R. ribes* ekstratı farklı dozlarda *A. cepa* üzerine denenmiş ve sonuç olarak EC₅₀ değeri 25 µM olarak tespit edilmiştir. Köklerdeki boyanma seviyeleri, 72 saatlik doz uygulaması sonucunda artan dozlarında istatistiksel olarak artmıştır

Bu çalışma sonuçları, *R. ribes*, kök ekstraktının içerik analizi yapıldığında, bu ekstraktın genotoksik ve sitotoksik etki mekanizmaları ile ilgili çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından FYL-2024-1396 kodu ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Kashiwada, Y., Nonaka, G. I., Nishioka, I., & Yamagishi, T. Galloyl and hydroxycinnamoylglucoses from rhubarb. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 27(5), 1473-1477, 1988.
- [2] Shockravi, A., & Nasiri, K. A. Synthesis of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8-octahydro-9-ethoxy-10-hydroxy-1-anthracenone [OEHA], 1997.
- [3] Akin, M., Ekin, Z., Ozmen, S., & Kaya, M. Seed Dormancy in Rheum ribes L. Collected from Natural Populations in Turkey. International Journal of Scientific and Technological Research, 5(2), 183-192, 2019.
- [4] Alan, Y., Erbil, N., & Digrak, M. In vivo antimicrobial activity of Rheum ribes extracts obtained from various plant parts from Turkey. Journal of Selcuk University Natural and Applied Science, 1(4), pp-23, 2013.
- [5] Andiç, S., Tunçtürk, Y., Ocak, E., & Köse, S. Some chemical characteristics of edible wild *Rhubarb species (Rheum ribes L.)*. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(6), 973-7, 2009.
- [6] Güvenç, İ., & Kaya, Y. Erzurum'da sebze olarak değerlendirilen yöresel bazı bitkiler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(3), 369-374, 1996.
- [7] Meral, R. The effect of different temperatures on antioxidant activity and phenolic profile of the *Rheum ribes*. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 27(1), 88-94, 2017.
- [8] Aichner, D., & Ganzera, M. Analysis of anthraquinones in rhubarb (*Rheum palmatum* and *Rheum officinale*) by supercritical fluid chromatography. Talanta, 144, 1239-1244, 2015

- [9] Wang, Y., Yu, F., Li, A., He, Z., Qu, C., He, C., Ma, X., & Zhan, H. The progress and prospect of natural components in rhubarb (*Rheum ribes* L.) in the treatment of renal fibrosis. *Frontiers in pharmacology*, 13, 919967, 2022.
- [10] Matsuda, Y., Yokohira, M., Suzuki, S., Hosokawa, K., Yamakawa, K., Zeng, Y., ... & Imaida, K. One-year chronic toxicity study of *Aloe arborescens* Miller var. *natalensis* Berger in Wistar Hannover rats. A pilot study. *Food and chemical Toxicology*, 46(2), 733-739, 2008.
- [11] Yolbaş, İ. *Rheum ribes* Kabuklarının Fenolik Bileşik İçeriği ve Antioksidan Aktivitesi. *Kimya Dergisi*, 2024 (1), 9151180, 2024.
- [12] Tartik, M., Darendelioglu, E., Aykutoglu, G., & Baydas, G. The various biological activities of *Rheum ribes* extract on different types of cell. *Turkish Journal of Nature and Science*, 4(2), 1-7, 2015.
- [13] Gadano, A., Gurni, A., López, P., Ferraro, G., Carballo, M. In Vitro Genotoxic Evaluation Of The Medicinal Plant *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 81, 11-16, 2002.
- [14] Grant, W. F. Chromosome aberration assays in *Allium*: A report of the US Environmental Protection Agency gene-tox program. *Mutation Research/Reviews in genetic toxicology*, 99(3), 273-291, 1982.
- [15] Ruiz, E. F., Rabago, V. M., Lecona, S. U., Perez, A. B., & Ma, T. H. *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) bioassay on clastogenicity of wastewater and in situ monitoring. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 270(1), 45-51, 1992.
- [16] Fiskesjö, G. *Allium* test on river water from Braån and Saxån before and after closure of a chemical factory. *A Journal of the Human Environment*, 99-103, 1985.
- [17] Khadra, A., Pinelli, E., Lacroix, M. Z., Bousquet-Mélou, A., Hamdi, H., Merlina, G., & Hafidi, M. Assessment of the genotoxicity of quinolone and fluoroquinolones contaminated soil with the *Vicia faba* micronucleus test. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76, 187-192, 2012.
- [18] Yıldırım, N., & Açar, G. Rastgele amplifiye edilmiş polimorfik DNA analizi kullanılarak *Vicia faba*'da fipronilin genotoksik etkilerinin belirlenmesi. *Toksikoloji ve Endüstriyel Sağlık*, 32 (8), 1450-1455, 2016.
- [19] de Souza, R. B., de Souza, C. P., Bueno, O. C., & Fontanetti, C. S. Genotoxicity evaluation of two metallic-insecticides using *Allium cepa* and *Tradescantia pallida*: a new alternative against leaf-cutting ants. *Chemosphere*, 168, 1093- 1099, 2017.
- [20] Grant, W. F. The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 310(2), 175-185, 1994.

- [21] Türkoğlu, Ş. Genotoxic effects of mono-, di-, and trisodium phosphite on mitotic activity, DNA content, and nuclear volume in *Allium cepa*, Caryologia 62 (3), 171-179, 2009.
- [22] Vargas L, Victor M, F F. Plant cell culture protocols. Totowa: Humana Press; 2006.
- [23] Achary, V. M. M., Jena, S., Panda, K. K., & Panda, B. B. Aluminium induced oxidative stress and DNA damage in root cells of *Allium cepa* L. Ecotoxicology and environmental safety, 70(2), 300-310, 2008.
- [24] Makwana, I., Asodariya, R., Pandya, K., Joshi, Y., & Saroj, D. K. Antimutagenic effects of garlic and turmeric extracts on chromosomal aberrations in *Allium cepa* Root Tip. Journal of Advances in Biology & Biotechnology, 27(8), 145-155, 2024.
- [25] Bhagyanathan, N. K., & Thoppil, J. E. Pre-apoptotic activity of aqueous extracts of *Cynanchum sarcomedium* Meve & Liede on cells of *Allium cepa* and human erythrocytes. Protoplasma, 253(6), 1433-1438, 2016.

MICROBIAL BASED PRODUCTS: EXOPOLYSACCHARIDES

Assistant Prof. Dr. Mehmet Akif OMEROGLU

Atatürk University, Faculty of Science, akif.omeroglu@atauni.edu.tr, 0000-0003-0694-2480

Abstract

Carbohydrates, which are abundant in nature, are one of the macromolecules of great importance for life. It consists of four main groups according to the sugars, which would be monosaccharides, disaccharides, trisaccharides and polysaccharides. Polysaccharides are renewable and biocompatible polymers and can be synthesized by different kind of organisms. The most important sources of polysaccharides are plants, animals and microorganisms. However, microorganisms are preferred in the production of polysaccharides compared to plants and animals for many reasons such as their rapid growth, easier control of culture conditions, ability to grow on cheap substrates and easier product extraction. Some of the microbial exopolysaccharides which are commercially produced and have great functional importance are cellulose, levan, pullulan, xanthan, gellan, alginate and hyaluronic acid. Microbial exopolysaccharides are considered to be environmentally friendly molecules because they are renewable, biocompatible and biodegradable in nature. Due to these advantageous aspects, microbial exopolysaccharides finds several applications in a wide variety of industries from food to cosmetics as a stabilizer, emulsifier, viscosifier, gelling agent, water binder and encapsulation agent. The current study provides an overview on the properties of microbial exopolysaccharides and their applications.

Keywords: Macromolecules, Exopolysaccharides, Structure, Application

INTRODUCTION

Carbohydrates

Macromolecules are defined as large molecules such as carbohydrates, proteins and fats, which would be mostly formed by the polymerization of smaller subunits (monomers). Polymers are divided into organic and inorganic polymers. Organic macromolecules are lipids, proteins, nucleic acids and carbohydrates, while inorganic polymers are carbon nanotubes and graphene. Carbohydrates would be one of the four main macromolecule classes (carbohydrate, lipid, nucleic acid and protein) and have a substantial place in biological systems. They are accepted to be the most basic component of organisms and play crucial roles in many important physiological and pathogenic processes such as cell surface recognition, signal transduction and tumor metastasis. Carbohydrates are indicated chemically with the formula $C_m(H_2O)_n$ and are divided into four groups: monosaccharides, disaccharides, trisaccharides and polysaccharides (1).

Simple sugars called monosaccharides are the building blocks of carbohydrate polymers. Carbohydrates consist of both linear and branched combinations of various naturally occurring monosaccharides unlike RNA, DNA, and proteins which are linear polymers. Glycosidic bonds in the polysaccharide structure are supposed to be hydrolized in order to form monosaccharide units. The most nutritionally important and abundant monosaccharide is glucose, which is used as the main cell fuel in the organisms. Glucose and fructose are the most plenteous monosaccharides in nature as well as glucose is the building block of many polysaccharides (2).

Disaccharides consist of two monosaccharide units linked together by glycosidic bonds in the orientation of α or β . The most commonly found are sucrose, lactose and maltose. Sucrose is the most abundant disaccharide, consisting of a molecule of α -glucose and β -fructose linked together. Lactose comprises galactose and glucose linked by β -1,4-glycosidic bonds and is found in milk and dairy products. Maltose is produced mainly by partial hydrolysis of starch and consists of two glucose units connected by an α -1,4-glycosidic bond (3).

Trisaccharides are generally found in higher plants and consist of three monosaccharides combined with glycosidic bonds. The most well-known example is raffinose, which is a trisaccharide formed by combining galactose, glucose and fructose with glycosidic bonds (4).

Polysaccharides are macromolecules formed as a result of long-chain monosaccharide units linked by glycosidic bonds. A wide variety of living groups play a role in the production of polysaccharides. For this reason, the polysaccharides produced also vary structurally. In conventioal applications, the primary sources of polysaccharides are plants and animals, algae, fungi and bacteria are also among these sources (5). Depending on the type of monosaccharides, polysaccharides are divided into two classes: homopolysaccharides and heteropolysaccharides. Exopolysaccharides formed by the combination of a single type of monosaccharide are called homopolysaccharides (cellulose, starch and glycogen) while polysaccharides containing different types of monosaccharides or their derivatives (heparin, hyaluronic acid and gamma globulin) are called heteropolysaccharides (6).

Microbial Exopolysaccharides (EPS)

Another significant natural source from which polysaccharides are obtained is a group of microorganisms. Microorganisms are capable of producing structurally diverse and biologically active (antimicrobial, antioxidant, antitumor and immunomodulatory) polysaccharides. Polysaccharides produced by microorganisms are divided into three main groups according to their location in the cell which would be cytosolic polysaccharides providing carbon and energy sources to the cell, polysaccharides forming the cell wall, which include peptidoglycans and lipopolysaccharides, and polysaccharides, known as EPSs, released into the extracellular environment in the form of capsules or biofilms. EPSs mainly contain carbohydrates and proteins, as well as DNA and other polymeric compounds. The reason why the content of EPS produced by microorganisms is different is due to the metabolism and production conditions of the producer genus or species. Microbial polysaccharides are divided into two groups, homopolysaccharides and heteropolysaccharides, according to the sugar groups they contain. Examples of EPS in homopolysaccharide structure are cellulose, levan, pullulan, glucan, mutan, dextran and kurdlan while gellan, xanthan, diutan and welan are known microbial heteropolysaccharides (7, 8).

EPS, which is generally synthesized by plants, has been produced by microorganisms in recent years and is used in numerous industries such as food, agriculture, pharmacy and water treatment. The main reason for the increasing interest in microbial EPS is the synthesizing of products in a shorter amount of time. Microorganisms do not have the disadvantages such as long-lasting growing times and requiring professional care. For example, cellulose is produced in both plants and bacteria. However, in plants, production rate is slow (3 to 6 months), arable lands are limited, production is affected by seasonal conditions and would not be sustainable and economical. These drawbacks make bacteria superior in the production of EPS. The reason why bacteria are preferred in EPS production is that they grow rapidly, are easy to genetically manipulate, are suitable for many industrial and medical applications, synthesize polysaccharides more cost-effectively with various biological activities (9).

Biosynthesis of Microbial EPS

Microorganisms produce EPS through various biosynthesis pathways. EPS can be produced mainly through four pathways, which are (1) extracellular synthesis pathway, (2) ATP-binding cassette (ABC) carrier-dependent pathway, (3) synthase-dependent pathway and (4) Wzx/Wzy-dependent pathway. The precursor molecule required for polymers to extend is produced through various enzymatic reactions within the cell, and the same pathway is followed in all different biosynthesis pathways. In extracellular production, it is extended by the direct addition of monosaccharides obtained by cleavage of disaccharides or trisaccharides (10).

Types of Microbial EPS

Levan

Levan is a fructose homopolymer obtained naturally from both plants and microorganisms. The molecular weight varies depending on whether it is obtained from plants or microorganisms.

While bacterial levans are highly branched and have molecular weights between 2 and 100 million Da, the molecular weights of levan obtained from plants vary between approximately 2000 and 33,000 Da. In addition to its general properties such as biocompatibility, biodegradability, flexibility, renewability and environmental friendliness, it also offers certain substantial biomedical properties such as antioxidant, anti-carcinogenic, anti-inflammatory, hyperglycemic inhibitor and anti-AIDS. Microbial levan have a wide application area in the food, cosmetics, pharmaceutical and industrial sectors. With its excellent polymeric medicinal properties and ease of production, microbial levan is considered as a valuable and versatile biopolymer. Levan-producing microorganisms are documented to be *Zymomonas mobilis*, *Bacillus subtilis*, *Arthrobacter ureafaciens*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Pseudomonas fluorescens* (11)

Cellulose

Cellulose, one of the most common polysaccharides, consists of D-glucose chains linked by β -1,4 glycosidic bonds and serves as a structural component of the cell wall of plants. Although cellulose can be isolated or produced from different sources, plant and bacterial species are known as the main sources of cellulose. The cellulose content in plant species varies depending on environmental conditions, and purification processes are required for the extraction of the plant cellulose complex due to the hemicellulose and lignin content. In addition, plant cellulose production causes various environmental problems such as air pollution, depletion of forest reserves, water and soil pollution due to complex purification processes and energy consumption. On the other hand, bacterial cellulose production is considered one of the most sustainable methods. It is being extensively researched to meet environmental and industrial requirements (12).

Bacterial cellulose production was first achieved from *Acetobacter xylinum* in 1886. Bacterial cellulose can be produced by various types of bacteria, including the genera *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*), *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, and *Rhizobium*. *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*) species, as well as other bacterial genera, are the more preferred microorganisms in bacterial cellulose production due to their high productivity. Among the species of this genus, *Komagataeibacter xylinus* strains are known as the most efficient cellulose-producing isolates and are accepted as model organisms in bacterial cellulose production processes (13).

Pullulan

Pullulan is an exopolysaccharide with a white or yellowish-white color, produced by various microorganisms. Pullulan is synthesized intracellularly and secreted to the cell surface to form a loose and slimy layer. Pullulan production was first carried out by *Aeurobasidium pullulans* in 1958. This microorganism is known as the main pullulan producer and has been isolated from various sources such as the sea, rock surfaces, plant leaves and wooden floors. In addition to *A. pullulans*, other microbial strains of *Cyttaria darwinii*, *Tremella mesenterica*, *Rhodospiridium paludigenum*, *Cyttaria harrioti*, *Cyphonectria parasitica*, *Teleoschistes flavicans* and *Rhodotorula bacarum* are reported to be pullulan producer (14).

Gellan

Gellan is a polysaccharide obtained from plant tissues, seeds, seaweeds and microorganisms. It was first discovered in studies conducted by *Sphingomonas elodea*. It exists in two forms: high acyl (HA) and low acyl (LA). Gellan, which has a white color, is water-soluble and is frequently preferred especially in the food industry thanks to its superior rheological properties. It is a good alternative compared to other gelling agents in application areas. The reason for this is that it is effective even in small amounts and forms a clear gel which is not sensitive to heat. In the food industry, it is used in beverages, confectionery, sauces and packaged foods. In addition, gellan is also used in medicine, pharmaceutical, biomedical and agricultural applications (15).

Xanthan

Xanthan is defined as a long-chain polysaccharide which is soluble in water and can be extracted from land or sea plants or produced by different microorganisms. Xanthan is a heteropolysaccharide composed of mannose, glucuronic acid and glucose units. The first discovery of xanthan was in the 1950s when it was produced by *Xanthomonas campestris*. It was produced from different carbon sources such as sugar cane, whey and sucrose. Xanthan has a high molecular weight ranging from 500-2000 kDa, depending on the producer type. The main advantages of this exopolysaccharide are that it is environmentally friendly and non-toxic, shows high viscosity even at low concentrations, maintains its stability in a wide pH range, high temperature and salt concentration (16).

Hyaluronic Acid

Polymers based on natural polysaccharides and their derivatives are crucial in the development of new generation medical materials and drug delivery systems. The polymers most commonly found in vertebrate tissues and responsible for many vital activities are glycosaminoglycan and hyaluronic acid (HA). HA is a linear glycosaminoglycan composed of repeating N-acetyl-d-glucosamine and d-glucuronic acid units, in which the monosaccharide units are linked together via alternating β -1,3 and β -1,4 glycosidic bonds. HA, firstly obtained from animal tissues, is currently produced from microbial sources using recombinant technologies. It is widely found in the extracellular matrix of epithelial, neural and connective tissues of vertebrates and has a physiologically important role. HA is frequently used in regenerative medicine, especially in eye surgery, spot treatment, drug delivery, tissue engineering, osteoarthritis treatment and wound healing. HA producing microorganisms are documented to be *Pasteurella multocida*, *Streptococcus zooepidemicus*, *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecalis* and *Corynebacterium glutamicum* (17).

Alginate

Alginate is a naturally occurring heteropolysaccharide typically obtained from brown seaweed. Structurally, it consists of glucuronic acid and mannuronic acid and is preferred in many applications due to its features such as biocompatibility, low cost and toxicity. Alginate hydrogels have been of particular interest in applications of drug delivery, tissue engineering,

wound healing and cell transplantation. These gels are structurally similar to extracellular matrices in tissues and can be manipulated to play a variety of critical roles. In addition to these applications, it is also frequently used in the food, textile, paper and cosmetic industries as a thickener, stabilizer and gelling agent. Alginate is produced by bacteria belonging *Azotobacter* and *Pseudomonas* genus in addition to extracting from brown algae such as *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria japonica*, *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera* (18).

CONCLUSION

Microbial exopolysaccharides (EPS) have several advantages over other polysaccharides due to their physicochemical properties. Microbial EPS possess numerous pharmacological and industrial applications. They are biocompatible, nontoxic, biodegradable and thermally stable molecules. The current study indicates that microbial EPS can be considered to be promising alternatives to chemicals in various industrial and biotechnological applications. Considering their properties and extensive fields of application, development and application of microbial polysaccharides will continue to be critical research field in the upcoming years.

REFERENCES

- 1-Wiercigroch, E., Szafraniec, E., Czamara, K., Pacia, M. Z., Majzner, K., Kochan, K., Kaczor, A., Baranska, M., & Malek, K. (2017). Raman and infrared spectroscopy of carbohydrates: A review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 185, 317–335.
- 2-Schmid, J. (2018). Recent insights in microbial exopolysaccharide biosynthesis and engineering strategies. *Current opinion in biotechnology*, 53, 130-136.
- 3-Cummings, J. H., & Stephen, A. M. (2007). Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(S1), S5–S18.
- 4-Jeffrey, G. A., & Huang, D. (1990). The hydrogen bonding in the crystal structure of raffinose pentahydrate. *Carbohydrate Research*, 206(2), 173–182.
- 5-Freitas, F., Alves, V. D., & Reis, M. A. M. (2011). Advances in bacterial exopolysaccharides: From production to biotechnological applications. *Trends in Biotechnology*, 29(8), 388–398.
- 6-Yildiz, H., & Karatas, N. (2018). Microbial exopolysaccharides: Resources and bioactive properties. *Process Biochemistry*, 72, 41-46.
- 7-Donot, F., Fontana, A., Baccou, J. C., & Schorr-Galindo, S. (2012). Microbial exopolysaccharides: Main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 951–962.

- 8-**Chen, S., Cheng, R., Xu, X., Kong, C., Wang, L., Fu, R., Li, J., Wang, S., & Zhang, J. (2022). The structure and flocculation characteristics of a novel exopolysaccharide from a *Paenibacillus* isolate. *Carbohydrate Polymers*, 291, 119561.
- 9-**Barcelos, M. C., Vespermann, K. A., Pelissari, F. M., & Molina, G. (2020). Current status of biotechnological production and applications of microbial exopolysaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1475-1495.
- 10-**Zhou, Y., Cui, Y., & Qu, X. (2019). Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: Structure, bioactivity and associations: A review. *Carbohydrate Polymers*, 207, 317–332.
- 11-**Srikanth, R., Reddy, C. H. S. S. S., Siddartha, G., Ramaiah, M. J., & Uppuluri, K. B. (2015). Review on production, characterization and applications of microbial levan. *Carbohydrate Polymers*, 120, 102–114.
- 12-**Reis, D. T., dos Santos Pereira, A. K., Scheidt, G. N., & Pereira, D. H. (2019). Plant and bacterial cellulose: production, chemical structure, derivatives and applications. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 321-329.
- 13-**Wang, J., Tavakoli, J., & Tang, Y. (2019). Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods—A review. *Carbohydrate polymers*, 219, 63-76.
- 14-**Wani, S. M., Mir, S. A., Khanday, F. A., & Masoodi, F. A. (2021). Advances in pullulan production from agro-based wastes by *Aureobasidium pullulans* and its applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 74, 102846.
- 15-**Riseh, R. S., Tamanadar, E., Pour, M. M., & Thakur, V. K. (2022). Novel approaches for encapsulation of plant probiotic bacteria with sustainable polymer gums: application in the management of pests and diseases. *Advances in Polymer Technology*, 2022, 1–10.
- 16-**Kreyenschulte, D., Krull, R., & Margaritis, A. (2014). Recent advances in microbial biopolymer production and purification. *Critical Reviews in Biotechnology*, 34(1), 1– 15.
- 17-**Barcelos, M. C. S., Vespermann, K. A. C., Pelissari, F. M., & Molina, G. (2020). Current status of biotechnological production and applications of microbial exopolysaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1475–1495.
- 18-**Dudun, A. A., Akoulina, E. A., Zhuikov, V. A., Makhina, T. K., Voinova, V. V., Belishev, N. V., and Bonartsev, A. P. 2021. Competitive biosynthesis of bacterial alginate using *Azotobacter vinelandii* 12 for tissue engineering applications. *Polymers*, 14(1), 131.

BİREYLERİN TIBBİ BİTKİ KULLANIMINA İLİŞKİN BİLGİ VE DÜŞÜNCELERİ; HATAY İLİ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Aybüke KAYA

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye

aybukekaya@mku.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-6866-1951

Ebrar Nur ŞİNIKOĞLU

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye

esinikoglun@gmail.com.tr

ORCID ID: 0009-0002-2179-6813

ÖZET

Tıbbi bitkiler insan beslenmesi ve sağlığı bakımından önemli bir yere sahiptir. Bu bitkiler gıda amaçlı kullanımının yanı sıra, şifası bilinen ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Hatay ilinde bireylerin tıbbi bitkiler ve kullanımına ilişkin düşüncelerini ortaya koymaktır. Araştırmanın ana materyali, Hatay ilinde 2022 yılında 414 kişi ile yüz-yüze anket çalışması yapılarak elde edilmiştir. Araştırmada, bireylerin demografik bilgilerinin yanı sıra, tıbbi bitki bilgisi ve kullanımı, tıbbi bitki kullanımına ilişkin bilgi kaynakları, bitkilerin toplanma zamanı ve muhafazasına ilişkin bireylerin düşünceleri incelenmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin yaklaşık 2/3'ü tıbbi bitki kavramını bilmektedir. Bireyler tıbbi bitkileri genellikle aktarlardan aldığını bildirirken; internette, marketten satın alan ve hatta kendi üreten ve doğadan toplayanların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bireyler baharat, çay, kozmetik, süs bitkisi olarak bu tıbbi bitkileri yetiştirdiğini ve tedavi amacıyla; cilt hastalıkları, grip-soğuk algınlığı, kırık-çıkık tedavisinde ve ağrı kesici olarak kullandığını belirtmiştir. Hatay ilinin tıbbi bitkiler açısından zengin olması tıbbi bitkilerin faydalarına ve kullanımına ilişkin yaygın faaliyetlerini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca bu bitkilerin bilinçli tüketimine ilişkin bilimsel toplantılar artırılmalı, eğitim ve seminer gibi faaliyetler düzenlenerek tüketiciler bilgilendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi bitki, sağlık, tüketici düşünceleri, Hatay.

KNOWLEDGE AND VIEWS OF INDIVIDUALS ON THE USE OF MEDICINAL PLANTS; THE CASE OF HATAY

ABSTRACT

Medicinal plants have an important place in human nutrition and health. Besides being used for food, these plants are known to heal and are used in the treatment of many diseases. The aim of this study is to reveal the opinions of individuals in Hatay province about medicinal plants and their use. In 2022, the main material of the research was obtained by conducting a face-to-face survey with 414 people in Hatay province. In the study, besides the demographic information of the individuals, the knowledge and use of medicinal plants, sources of knowledge on the use of medicinal plants, individuals' views on the collection time, and preservation of plants were examined. Approximately 2/3 of the individuals participating in the research know the concept of medicinal plants. While individuals reported that they usually buy medicinal plants from herbalists, it was determined that there were also individuals who bought medicinal plants from the internet, markets, and even those who produced and collected them from nature. Additionally, individuals reported growing these medicinal plants as spices, tea, cosmetics and ornamental plants. Moreover, it was reported that medicinal plants were used to treat skin diseases, flu and colds, fractures and dislocations and as painkillers. The fact that Hatay province is rich in medicinal plants necessitates extension activities on the benefits and use of medicinal plants. Also, scientific meetings on the conscious consumption of these plants should be increased and consumers should be informed by organizing activities such as trainings and seminars.

Keywords: Medicinal plants, health, consumer views, Hatay.

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, küresel piyasalarda giderek önemi artan faydalı bitkiler arasındadır (Yüzbaşıoğlu ve Kızıloğlu, 2019). İnsan sağlığını korunması ve tedavisinde, ilaç ve gıda sanayide kullanılan tıbbi bitkiler son yıllarda oldukça dikkat çekmektedir. Hastalıkları önlemek, sağlıklı yaşam veya hastalıkları iyileştirmek için geleneksel ve modern tıpta ilaç olarak tıbbi ve aromatik bitkiler büyük kullanım alanına sahiptir. Ayrıca gıda, kozmetik, bakım, tütsü ve dini tören gibi alanlarda da kullanılabilir (Lubbe ve Verpoorte, 2011; Tulukçu ve Sağdıç, 2011; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011; Arslan ve ark., 2015). Ayrıca; besin takviyeleri, bitkisel çay, tat, çeşni, parfüm, vücut bakımına ilişkin ürünler olarak kullanımının yanı sıra, parlatici hatta böcek ilaçları olarak sanayinin farklı kollarında değerlendirilmektedir (Anonim, 2012). Son yıllarda yaşanan küreselleşme, kentleşme, değişen yaşam koşulları ve beslenme alışkanlıklarının farklılaşması ile birlikte ortaya çıkan yetersiz ve dengesiz beslenme sonucu tüketicilerin takviye edici gıdalara yönelimini artırmış olup tıbbi ve aromatik bitkilerin; tıp ve eczacılık, fonksiyonel gıda bileşeni ve takviye edici gıda olarak kullanımları önem taşımaktadır (Temel ve ark., 2018; Arslan ve ark., 2021).

Türkiye koşullarında doğal olarak yetişen ve küresel ekonomide önemli bir yeri olan tıbbi ve aromatik bitkiler, genellikle halk hekimliğinde kullanılmakta olup Türkiye’de daha çok doğadan toplanmaktadır (Can, 2021). Gerek Türkiye’nin ve gerekse de Hatay ilinin, hem endemik hem de biyolojik çeşitlilik ve üretim potansiyeli bakımından oldukça önemli bir tarımsal potansiyeli bulunmaktadır (Çankaya, 2015; Mert ve Dağıstan, 2016). Küresel pazarda bu bitkilerin katma değerli ürünlere dönüştürülmesi ile bu alanın önemi giderek artmaktadır (Bakkali ve ark., 2008).

Tıbbi bitkilerinin dünyanın her yerinde yüzyıllardır hem yöresel mutfaklarda hem de sağlıkta kullanılmaktadır (Kaya ve ark., 2017). Günümüzde Anadolu insanı, modern tıbbın tanı ve tedavisinin uygulanmasında baharatçılar veya aktar olarak nitelendirilen ticarethanelere başvurmaktadır (Koçtürk ve ark., 2009; Açıkgoz ve ark., 2012; Altay ve ark., 2015). Baharat kültürümüzün merkezi konumunda olan Hatay ili, çok sayıda aktar ve baharatçıya ev sahipliği yapmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin farklı kullanım şekilleri ile aynı bitkiler tedavi, gıda, baharat ve kozmetik gibi farklı amaçla tercih edilebilmektedir. Kuşburnu bitkisi tedavi amaçlı daha çok kullanılırken; gıda amaçlı, baharat, kozmetik alanlarında da değerlendirilmektedir. Aktarlardan elde edilen bulgulara göre oğul otu, mercan köşk, zerdaçal daha çok tedavi amaçlı kullanılırken; yaban mersini, böğürtlen, reyhan insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Defne, çörek otu daha çok baharat olarak kullanılırken; avakado yaprağı, karaçalı ve rezene ise kozmetik sektöründe yer edinmektedir (Asil ve Taşgın, 2018).

Bu çalışmanın amacı, Hatay ilinde bireylerin tıbbi bitkiler ve kullanımına ilişkin düşüncelerini ortaya koymaktır. Son yıllarda hem dünya hem Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilere olan talebin artmasıyla, bu tür çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Hatay ilinde de tıbbi bitkilerin satış yerine ilişkin araştırma yapılmış, ancak tüketici bazında yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye’de, Akdeniz Bölgesi’nin en doğusunda ve Suriye sınırında yer alan Hatay, 2023 yılı itibarıyla 1.544.640 kişiden oluşan bir nüfusa sahiptir (Anonim, 2024). Ayrıca bu il, flora ve vejetasyon dönemi bakımından çok zengindir. Hatay’da doğal olarak yetişen yaklaşık 2000 civarında bitki türü olup, bunlardan 250-300 tanesi endemik türdür. Bu endemik bitki türlerinden bir kısmı da Türkiye’de sadece Hatay’da doğal olarak yetişme olanağına sahiptir. Hatay florasında yer alan bitki türlerinden 550 tanesi ise tıbbi aromatik bitki özelliği taşımaktadır (İlçim 2014).

Örnek büyüklüğü, Hatay ilindeki bireyler arasından ana kitle oranlarına dayalı basit tesadüfi olasılık örnekleme yoluyla belirlenen 414 kişiden ($n=414$) oluşmaktadır. Çalışmanın ana materyalini oluşturan bu veriler 2022 yılında bireyler ile yüz-yüze görüşülerek anket çalışmasıyla toplanmıştır. Anket uygulanacak bireyler Hatay ilinde ikamet eden bireyler arasından tesadüfi olarak seçilmiştir.

Bu çalışmanın örneklem büyüklüğü basit rastgele olasılıklı örnekleme yöntemine göre hesaplanmış olup; örneklem sayısı %95 güven sınırı ve ortalama %5 hata ile toplam 384 olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan yöntemin formülü aşağıdaki gösterildiği gibidir (Yamane, 2001):

$$n = \frac{z^2(p*q)}{d^2} \quad (1)$$

Formüle göre;

n: Örnek büyüklüğü

z: 1.96 (%95 güven düzeyindeki z değeri)

p: Olasılık

q: (1-p) İlgili özelliğe sahip olmayan ana kitle oranı

d: Kabul edilen hata ($\pm\%5$ olarak kabul edilmiştir.)

$n = 1.96^2 \left(\frac{0.50*0.50}{0.05^2} \right) = 384$ olarak hesaplanmış ve toplam 414 kişi ile anket çalışması yürütülmüştür.

Araştırmada, Hatay ilinde bireylerin tıbbi bitki tüketimi ve bilgisi, tıbbi bitki kullanımına ilişkin yararlandığı bilgi kaynakları, tıbbi bitkilerin toplanma zamanı ve muhafazasına ilişkin sorular ile bireylerin tıbbi bitkiler hakkındaki düşüncelerini belirlemeye yönelik değerlendirme yapılmıştır. Bireylerin tıbbi bitki kullanımında yararlandığı bilgi kaynakları ve tıbbi bitki kullanımına ilişkin düşünceleri 5'li Likert ölçek kullanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ölçeğin güvenilirliği Cronbach's alpha katsayısı ile test edilmiştir.

3. BULGULAR

Hatay ilinde araştırmaya katılan bireylerin yaş ortalaması 34, ortalama geliri aylık 10 507.22 ₺, ailedeki birey sayısı ortalaması ise 4.51 kişi olarak belirlenmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin cinsiyete göre kadın ve erkek sayısı dağılımı neredeyse eşittir. Ayrıca bireylerin yarısından fazlası (%53.2) çalışan, 4/5'i (%80) bilgisayar kullanabildiğini belirtmiştir. Bireylerin yarısından fazlasının üniversite ve üzeri eğitim düzeyine sahip, yaklaşık ¾' ünün (%73.6) sosyal güvencesinin olduğu ve neredeyse %20'sinin kronik rahatsızlığının olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmaya katılan bireylerin %68.6'sı tıbbi bitkinin ne olduğunu ve araştırmaya katılan bireylerin %29.7'si tıbbi bitki yetiştirdiğini belirtmiştir. Hatay ilinde bireyler; adaçayı, kekik, biberiye, kuşburnu, aloe vera, lavanta, nane, fesleğen, defne, kantaron, çörekotu, sarımsak, dereotu, limon, melisa, maydonoz, rezene ve safran gibi bitkileri yetiştirdiği bildirmiştir. Bireyler baharat, çay, kozmetik, süs bitkisi olarak bu bitkileri yetiştirdiğini; bireylerin %22.1'i tedavi amaçlı kocakarı ilacı yaptığını ve cilt hastalıkları, grip-soğuk algınlığı, kırık-çıkık tedavisinde ve ağrı kesici olarak kullandığını belirtmiştir. Bireylerin tıbbi bitkiler konusunda kendi bilgi düzeyine 10 puan üzerinden ortalama 4.78 puan (St. sapma: 2.510) verdiği tespit edilmiştir. Ancak araştırmaya katılan bireylerin, bölgenizdeki tıbbi bitki farkındalığına yönelik düşüncesine bakıldığında; bireylerin %6.7'si "çok yetersiz", %35.6'sı "yetersiz", %21.4'ü "karasız", %18.7'si "yeterli", %8.5'i "çok yeterli" ve %9.2'si "fikrim yok" olarak bildirmiştir. Ayrıca bireylerin %73.2'si, tıbbi bitkileri ilaç, tedavi vb. amaçlarla tükettiğini; bireylerin %11'i günlük, %30'u haftada birkaç kez %25.5'i ayda birkaç kez, %9.4'ü ayda bir, %16.4'ü yılda birkaç kez ve %7.6'sı yılda bir tıbbi bitki tükettiğini belirtmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bireylerin tıbbi bitki bilgisi ve tüketimi

Değişken	Kategori	Frekans	%
Tıbbi bitkinin anlamını bilmesi	Evet	258	68.6
	Hayır	118	31.4
Tıbbi bitki yetiştirme durumu	Evet	113	29.7
	Hayır	267	70.3
Tedavi amaçlı kocakarı ilacı yapımı	Evet	58	22.1
	Hayır	205	77.9
Tıbbi bitki farkındalığı	Çok yetersiz	27	6.7
	Yetersiz	143	35.6
	Kararsızım	86	21.4
	Yeterli	75	18.7
	Çok yeterli	34	8.5
	Fikrim yok	37	9.2
Tıbbi bitkilerin ilaç, tedavi vb. amaçlarla tüketimi	Evet	267	73.2
	Hayır	98	26.8
Tıbbi bitki tüketim sıklığı	Günlük	37	11.2
	Haftada birkaç kez	99	30.0
	Ayda birkaç kez	84	25.5
	Ayda bir	31	9.4
	Yılda birkaç kez	54	16.4
	Yılda bir	25	7.6

Hatay ilinde araştırmaya katılan bireylere, tıbbi bitki denildiğinde ilk akla gelen bitkiler defne, zeytin, nane, adaçayı, rezene ve kimyon olmuştur. Tıbbi bitki kullanımını artırmak ve geliştirmek için bilgi edinilen kaynakların önem düzeyine göre; üniversiteler/bilimsel araştırma yapan enstitüler (3.96 ± 1.233), eczane (3.90 ± 1.181), tecrübeli kullanıcılar (3.62 ± 1.161), internet (3.51 ± 1.227) ve aktarlar (3.36 ± 1.213) olarak sıralanmıştır. Bireylerin bilgi edindiği diğer kaynakların önem düzeyi Çizelge 2’de verilmiştir. Ayrıca bireylerin kullandığı bilgi kaynaklarının önem düzeyine ilişkin ölçeğin oldukça güvenilir olduğu belirlenmiştir (Cronbach's alpha: 0.822).

Çizelge 2. Bireylerin kullandığı bilgi kaynakları (n=285)

Bilgi Kaynakları	Ortalama	SS	Medyan	Cronbach's alpha
Üniversiteler/Bilimsel çalışmalar yapan enstitüler	3.96	1.233	4.00	0.822
Eczane	3.90	1.181	4.00	
Tecrübeli kullanıcılar	3.62	1.161	4.00	
İnternet	3.51	1.227	4.00	
Aktarlar	3.36	1.213	3.00	
STK, ajanslar vs. gibi yapılanmaların eğitim programları	3.28	1.271	3.00	
Basılı materyaller (gazete, dergi vs.)	3.23	1.254	3.00	
Aile/Komşu/akraba/arkadaş	3.05	1.175	3.00	
Radyo, TV	3.01	1.178	3.00	
Kendi bilgilerim	2.95	1.330	3.00	

Ölçek: 1=Hiç önemli değil, 2=Az önemli, 3=Orta, 4=Önemli, 5= Çok önemli; SS: Standart sapma

Bireyler tıbbi bitkileri genellikle aktarlardan aldığını bildirirken; internette, marketten satın alan ve hatta kendi üreten ve toplayanların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bireylerin %40.8’i tıbbi bitkilerin doğru toplanma zamanını bildiğini, %43.7’si doğru zamanda toplandığını, doğru yöntemlerle kurutulup saklandığını, %52.4’ü tıbbi bitkilerin hangi kısımlarını toplayıp

kullanabileceğini belirtmiştir. Tıbbi bitkiler kurutulmuş olsa da bireylerin %80.8'i tüketim tarihinin önemli olduğunu ve bu tarihe dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca bireylerin %42.5'i tıbbi bitkilerin dolapta muhafaza edilmesi gerektiğini, %43.1'i oda sıcaklığında, %5.7'si plastik poşette ve %8.8'i ise bitkiye ve kullanım şekline göre değişeceğini bildirmiştir. Bireylerin büyük çoğunluğu (%87) tıbbi bitkilerin herhangi bir yan etkisiyle karşılaşmadığı, bireylerin yarısından fazlası tıbbi bitki kullanımına ilişkin dozu/ölçüyü bildiğini ve kullanmadan önce birine danıştığını (%67.4) belirtmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tıbbi bitki toplama ve kullanımına ilişkin bilgiler

Değişken	Kategori	Frekans	%
Tıbbi bitkilerin toplanma zamanını hakkında bilginiz	Evet	158	40.8
	Hayır	229	59.2
Bitkilerin toplama zamanı ve kurutma-muhafaza koşullarının uygunluğu	Evet	152	43.7
	Hayır	196	56.3
Tıbbi bitkilerin hangi kısımlarının toplanacağı bilgisi	Evet	189	52.4
	Hayır	172	47.6
Tüketim tarihinin önemi	Evet	316	80.8
	Hayır	75	19.2
Tüketim süresi	6 aydan az	113	29.3
	6 ay-1 yıl	146	37.8
	1 yıldan fazla	67	17.4
	Gerektiğinde	60	15.5
Tıbbi bitki muhafazası	Dolapta	150	42.5
	Oda sıcaklığında	15	43.1
	Plastik poşette	20	5.7
	Bitkiye ve kullanım şekline göre değişir	31	8.8
Kullandığınız bitkilerin yan etkisini gördünüz mü?	Evet	51	13.0
	Hayır	340	87.0
Kullanılması gereken ölçü/doz bilgisi	Evet	201	51.3
	Hayır	191	48.7
Bitki kullanımından önce danışma (Anne, baba, hekim vb.)	Evet	250	67.4
	Hayır	121	32.6

Bireylerin tıbbi bitkiler hakkındaki düşüncelerine bakıldığında; farklı alanlarda kullanımı ile yeni istihdam alanları yaratması (8.11 ± 2.372), bitkilerin tüketim tarihinin önemli olması (7.71 ± 2.589), bitki ve bitkisel ilaçların belli bir komisyon veya uzman kişiler tarafından onaylanması gerektiği (7.70 ± 2.777), bitkileri kullanmadan önce birine danışılması gerektiği (7.58 ± 2.807), tıbbi bitki kullanımının sektörel ve bölgesel kalkınmayı desteklediği (7.57 ± 2.425), çevre ve insan sağlığı bakımından değerli olduğu (7.55 ± 2.724), bölgemizde yetişen tıbbi bitkilerin yeterince tanınmadığı (7.51 ± 2.623) düşüncesine ilişkin önem düzeyinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Hatay ilinde bireylerin tıbbi bitkiler hakkındaki düşüncelerinin ortaya konması için kullanılan ölçeğin Cronbach's alpha katsayısının 0.836 olduğu ve ölçeğin oldukça güvenilir olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bireylerin tıbbi bitkiler hakkındaki düşünceleri (348)

Düşünceler	Ortalama	SS	Medyan	Cronbach's alpha
Tıbbi bitkilerin farklı alanlarda kullanımı ile yeni istihdam alanları yaratabilir.	8.11	2.372	9.00	0.836
Bitkilerin tüketim tarihi de önemlidir.	7.71	2.589	8.00	

Bitki ve bitkisel ilaçlar belli bir komisyon veya uzman kişiler tarafından onaylanmalıdır.	7.70	2.77	8.00
		7	
Bitkiler kullanılmadan önce birine danışılmalıdır.	7.58	2.80	9.00
		7	
Tıbbi bitkilerin kullanımı sektörel ve bölgesel kalkınmayı destekler.	7.57	2.42	8.00
		5	
Tıbbi bitkiler çevre ve insan sağlığı bakımından çok değerlidir.	7.55	2.72	9.00
		4	
Bölgemizde yetişen tıbbi bitkiler yeterince tanınmamaktadır.	7.51	2.62	8.00
		3	
Tıbbi bitki kullanımı sonbahar ve kış aylarında daha fazladır.	7.34	2.53	8.00
		8	
Tıbbi bitkilerden elde edilen ürünlerin kalite ve güvenilirliğini araştırırım.	7.04	2.80	7.00
		9	
Doğadaki tıbbi bitkiler yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır.	6.95	2.74	8.00
		3	
Tıbbi bitkilerin iyileştirme gücü yüksektir.	6.92	2.72	8.00
		8	
Her hastalığın/rahatsızlığın bitkisel bir çözümü vardır.	6.14	2.92	6.50
		4	
Tıbbi bitki kullanımına yönelik yeterince bilgi sahibi değilim.	5.89	2.81	6.00
		9	
Tıbbi bitkiler daha çok satış/gelir amaçlı kullanılmaktadır.	5.88	2.87	6.00
		7	
Tıbbi bitkilerin her yerde bulunabilme özelliği vardır.	5.71	2.78	6.00
		3	
Konu ile ilgili resmi olarak sınırlı sayıda firma ve teknik eleman var.	5.62	2.71	5.00
		3	
Tıbbi bitki kullanımı çok küçük yaşlarda başlamaktadır.	5.32	2.70	5.00
		2	
Tıbbi bitki kullanımının riskli olduğunu düşünüyorum.	4.82	2.94	5.00
		1	
Sentetik ilaçların tıbbi bitkilere göre yan etkisi daha azdır.	4.72	3.02	4.00
		6	
Bölge iklim itibarıyla yetiştiriciliğe uygun değildir.	4.68	3.04	4.00
		2	
Bitkilerin tedavi edeceğine inanmıyorum	4.57	3.29	4.00
		2	
Tıbbi bitkilerin doğadan toplanılabildiği gibi yetiştiriciliği de mümkündür.	4.24	1.09	9.00
		8	
Tıbbi bitkiler dikkatli kullanılmadığında olumsuz sonuçlar doğurabilir.	4.11	1.16	9.00
		0	

Ölçek: 1=Hiç katılmıyorum....10= Kesinlikle katılıyorum; SS: Standart sapma

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tıbbi bitkiler insan beslenmesi ve sağlığı bakımından önemli bir yere sahip olan ve kullanımı giderek artan ürünler arasındadır. Araştırmaya katılan bireylerin büyük çoğunluğu tıbbi bitkinin ne olduğunu bildiği ve neredeyse 1/3'ünün tıbbi bitki yetiştiriciliği yaptığı belirlenmiştir. Hatay florasında birçok tıbbi bitki türü doğada kendiliğinden var olurken; adaçayı, kekik, biberiye, kuşburnu, aloe vera, lavanta, nane, fesleğen, defne, kantaron, çörekotu, sarımsak, dereotu, limon, melisa, maydonoz, rezene ve safran gibi bitkilerin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bireyler baharat, çay, kozmetik, süs bitkisi olarak bu bitkilerin yetiştiriciliği yaparken ve farklı hastalıkların tedavi etmek amacıyla da kullanılmaktadır. Bireylerin tıbbi bitkiler konusunda kendilerini orta düzeyde bilgili olarak görürken, bölge halkının farkındalık düzeyinin çok yetersiz bulanların sayısı da azımsanmayacak düzeydedir. Tıbbi bitki kullanımını artırmak ve geliştirmek için bilgi edinilen kaynakların önem düzeyi en yüksek olan üniversiteler/bilimsel araştırma yapan enstitüler, eczane, tecrübeli kullanıcılar ve internet olarak belirlenmiştir. Tıbbi bitkiler kurutulmuş olsa da bireylerin büyük çoğunluğu tüketim tarihinin önemli olduğunu tıbbi bitkilerin dolapta muhafaza edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Sonuç olarak, tıbbi bitkilerin farklı alanlarda kullanımı ile yeni istihdam alanları yaratılması, bitki ve bitkisel ilaçların belli bir

komisyon veya uzman kişiler tarafından onaylanması, bitkileri kullanmadan önce bilirkişi/hekime danışılması gerekmektedir. Ayrıca, tıbbi bitki kullanımı, hem sektörel ve bölgesel kalkınmanın desteklenmesi hem de çevre ve insan sağlığının korunması bakımından önemlidir. Hatay ilinin tıbbi bitkiler açısından zengin olması tıbbi bitkilerin faydalarına ve kullanımına ilişkin yayım faaliyetlerini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca bu alanda düzenlenen bilimsel toplantılar artırılmalı, tıbbi bitki kullanımına yönelik eğitim ve seminer gibi faaliyetler ile tüketiciler bilgilendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- [1] Açıkgöz, M.A., Batı, E., Demirkol, G. 2012. *Bitkisel tedavi, halk hekimliği ve aktarlar*. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Bildiri Özet Kitabı, 458-461.
- [2] Altay, V., Karahan, F., Sarcan, Y.B., İlçim, A. 2015. Kırıkhan ilçesi (Hatay)'nin aktarlarında ve semt pazarlarında satılan bitkiler üzerine etnobotanik bir çalışma. *Biological Diversity and Conervations*, 8(2): 81-91.
- [3] Anonim 2012. *Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı Sektör Raporu*. Antalya.
- [4] Anonim, 2024. Hatay. Erişim linki: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Hatay>, Erişim tarihi: 16.04.2024
- [5] Arslan N. Baydar H. Kızıl S. Karik Ü. Şekeroğlu N. Gümüşçü A 2015. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminde Değişimler ve Yeni Arayışlar*. TMMOB Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi.12–16 Ocak. Bildiriler Kitabı–I. Sayfa 483–505. Ankara.
- [6] Arslan. D.. Aydın. M.. Türker. S. 2021. Extraction Methods of Medicinal and Aromatic Plants. Its Use in Foods and Evaluation in Food Supplement Field. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9(5): 926-936. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i5.926-936.4399>
- [7] Asil, H., Taşgın, S. 2018. Hatay İlinde Tıbbi ve Aromatik Bitki Pazarlayan İşletmelerin Değerlendirilmesi ve Aktarların Sosyo-Ekonomik Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(4): 556-562.
- [8] Bakkali F. Averbeck S. Averbeck D. Idaomar M. 2008. Biological effects of essential oils–A review. *Food and Chemical Toxicology*. 46(2): 446–475. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106
- [9] Can. Ş. 2021. Tıbbi ve aromatik bitki üretim miktarını etkileyen faktörlerin istatistik tekniklerle araştırılması ve üretim miktarının tahminlenmesi. *International Review of Economics and Management*. 9(1). 80-92. Doi: <http://dx.doi.org/10.18825/iremjournal.906999>
- [10] Çankaya, İ.T., 2015. *Türkiye Florasında Ekonomik Önemi Olan Bazı Tıbbi Bitkiler*. *Türktarım*. Mayıs-Haziran, 46-49.

- [11] Faydaoğlu. E; Sürücüoğlu. M.S.. 2011. Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkileri Kullanılması ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi. Orman Fakültesi Dergisi 11. (1).; 52- 67.
- [12] İlçim, A. 2014. *Hatay'ın Sessiz Güzelleri. 900 Yabani Çiçek.* Hatay'ın Bitki Envanteri. 996s.
- [13] Kaya. A.. D. Bostan Budak and E. Dağıstan. 2017. *Usage Areas of Some Spice Plants and Evaluation in Terms of Country Economy in Turkey.* I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants "Natural and Healthy Life" Book of Abstracts. Konya. pp. 1432.
- [14] Koçtürk, M.O., Kalafatçılar, Ö.A., Özbilgin, N., Atabay, H. 2009. Türkiye'de bitkisel ilaçlara bakış. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 46(3): 209-214.
- [15] Lubbe A, Verpoorte R. 2011. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants for Specialty Industrial Materials. *Industrial Crops and Products*, 34: 785-801.
- [16] Mert. A.. Dağıstan. E. 2016. *Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Ekonomik Önemi.* XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. 25-27 Mayıs. Isparta.
- [17] Temel, M., Tınmaz, A.B., Öztürk, M., Gündüz, O. 2018. Dünyada ve Türkiye'de Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. *KSÜ Tar Doğa Derg* 21(Özel Sayı): 198-214. DOI: 10.18016/ ksutarimdog. vi.473036
- [18] Tulukçu. E, Sağdıç. O. 2011. Konya'da Aktarlarda Satılan Tıbbi Bitkiler ve Kullanılan Kısımları. *Erciyes Üniversitesi fen Bilimleri Dergisi Cilt 27. Sayı 4. Ekim.* 304-308.
- [19] Yamane, T. 2001. *Temel Örneklem Yöntemleri* (Çeviri: Alptekin Esin, M.Akif Bakır, Celal Aydın, Esen Gürbüzsel). Literatür Yayınları, Birinci Basım, İstanbul.
- [20] Yüzbaşoğlu. R.. Kızıloğlu. S. 2019. Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Satın Alımında Bireylerin Bilinç Düzeyi (Erzurum Merkez İlçeleri Örneği). *Journal of Ağrı İbrahim Çeçen University Social Sciences Institute AİCUSBED* 5/1. 119-132.

TÜRKİYEDE SOYA ÜRETİMİNİN YILLAR İTİBARIYLA DEĞİŞİMİ VE DÜNYADAKİ YERİ

Dr. Öğr. Üyesi Aybüke KAYA

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye
aybukekaya@mku.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-6866-1951

ZM. Merve ATEŞ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye
merveates_1@outlook.com.tr
ORCID ID: 0000-0002-0498-5236

ÖZET

Soya, tarım sektöründe önemli bir yere sahip olan yağlı tohumlu bir bitkidir. Zengin B vitamini içeriği sayesinde besleyici bir gıda olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca soya, pek çok sanayi kolunun hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de soyanın beslenme için önemi göz önüne alındığında, yağlı tohumların tüketiminin giderek arttığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, dünya soya üretiminde Türkiye’nin yerini ve bölgelere göre dağılımını belirlemek ve son yıllardaki değişimini üretim ve dış ticaret bakımından ortaya koymaktır. 2023/24 yılında dünyada yaklaşık 139.4 milyon hektarlık bir alanda 396 milyon tonun üzerinde soya üretimi gerçekleştirilmiştir. Brezilya, ABD ve Arjantin gibi ülkeler dünya soya üretiminde lider konumdadır. 2023/24 pazarlama yılında dünya toplam soya ihracatı yaklaşık 170 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de ise 2023/24 yılında yaklaşık 138 bin ton soya üretimi gerçekleştirilmiş olup; soya üretiminde Adana, Mersin, Kahramanmaraş, Osmaniye, Samsun ve Hatay ili dikkat çekmektedir. Son yıllarda yağlı tohumlara verilen önemin artması ile Türkiye, soya fasulyesi üretimini artırarak hem kendi ihtiyacını karşılayabilecek hem de küresel piyasalarda rekabet avantajı elde edebilecektir. Bu yönde atılacak adımlar, tarım sektörünün sürdürülebilirliği ve ülke ekonomisi için oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Soya, üretim, pazarlama, ticaret, Türkiye.

THE CHANGE OF SOYBEAN PRODUCTION IN TÜRKİYE AND ITS PLACE IN THE WORLD

ABSTRACT

Soybean is an oilseed plant that has an important place in the agriculture sector. Thanks to its rich vitamin B content, it stands out as a nutritious food. Additionally, soybean is also used as a raw material in many industries. Taking into account the nutritional importance of soybean in Türkiye, the consumption of oilseeds is gradually increasing. The aim of this study is to determine the position of Türkiye in world soybean production and its distribution by regions. Besides, it is to reveal the changes in recent years in terms of production and foreign trade. In 2023/24, over 396 million tons of soybean is produced in an area of approximately 139.4 million hectares in the world. Countries such as Brazil, the USA and Argentina are the world leaders in soybean production. In the 2023/24 marketing year, total world soybean exports amounted to 170 million tons. In Türkiye, approximately 138 thousand tons of soybean production was realized in 2023/24. Additionally, the provinces of Adana, Mersin, Kahramanmaraş, Osmaniye, Osmaniye, Samsun and Hatay stand out in soybean production in Türkiye. In recent years, with the increasing importance given to oilseeds, Türkiye will be able to meet its own needs by increasing soybean production. Thus, it will be able to gain a competitive advantage in global markets. As a results, the steps to be taken in this direction are very important for the sustainability of the agricultural sector and the national economy.

Keywords: Soybean, production, marketing, trade, Türkiye.

1. GİRİŞ

Soya (*Glycine max* L.), dünya bitkisel yağ üretim ve tüketiminde ilk sırada yer alan bir yağ bitkisidir. Soya, yüksek protein, karbonhidrat, yağ oranı ve vitamin içeriğiyle insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir kaynaktır. Aynı zamanda soya, endüstride geniş kullanım olanaklarına sahiptir (Güneş, 2006; Uçum, 2016). Ayrıca, dünyada bitkisel yağ, yem sanayi ve endüstri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Türkiye’de soya hayvancılık için oldukça önemli olup yemlerin hammaddesi olarak büyükbaş, kanatlı ve su ürünlerinin yem rasyonlarında tercih edilmektedir (Uçum, 2016). Genellikle ürün rotasyonu olarak ekimi yapılan bu ürün, hem gıda sanayinin hem de karma yem sanayinin önemli bir hammaddesidir (Anonim, 2019). Soya, Doğu Asya kökenli, baklagiller familyasından olan ve 1-1,5 metre boyunda, kısmen sarmaşık şeklinde büyüyen, dallanmış bir bitkidir. Ayrıca, Asya’nın sert iklimine uyum sağlayan, ılıman iklim kuşağında da yetiştirilebilen bu ürün, Türkiye’de Çukurova çevresinde yetiştirilmektedir. Soya, yenilebilir fasulyesi ile Türk yemek kültüründe önemli bir yere sahip olup taze veya kuru olarak tüketilebilmektedir. Soya, yemeklerde doğrudan kullanıldığı gibi, birçok tarifte de ana malzeme olarak yer edinmektedir. Protein içeriği bakımından zengin olan bu ürün, özellikle Asya mutfağında çok yönlü bir şekilde kullanılmaktadır (Anonim, 2024).

Soya bitkisi insanların beslenmesinde ve hayvan yemlerinde protein, yağ ve iyileştirici fitokimyasalların temel kaynağı olan çevre dostu bir bitkidir. Ayrıca, yetiştiği toprakta havadaki serbest azotu bağlayarak, kendisinden sonra ekilecek ürünlerin veriminin artmasına katkı sağlayarak gübre tasarrufu sağlamaktadır. Soya, aynı zamanda bir baklagil bitkisi olduğundan,

iyi bir münavebe bitkisidir. Yaz aylarında ekimi yapılan ve tek yıllık olan soya bitkisinin tohumları, ortalama olarak %36-40 protein, %18-24 yağ (Omega-3 ve benzeri yağ asitleri), B1, B2, K ve E vitaminleri, çinko, demir ve kalsiyum elementleri, %27 karbonhidrat ve %18 madensel maddeler içermektedir (Boydak ve ark., 2018; Okcu, 2020; Kumlay ve ark., 2021).

Dünya soya üretimi 2023/24 üretim sezonunda yaklaşık 397 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup Brezilya, ABD ve Arjantin gibi ülkeler soya üretiminde lider konumdadır. Ayrıca yine aynı dönemde soya dış ticaretinde; en büyük soya ihracatını Brezilya, ithalatını ise Çin gerçekleştirmiştir. 2023/24 üretim sezonunda ortalama 285 kg/da ortalama verim ile 139 milyon hektarın üzerinde soya ekilen alan bulunmaktadır. Ayrıca, dünya toplam soya üretimi yaklaşık 397 milyon ton, tüketimi ise 383.5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (USDA, 2024; FAO, 2024). Türkiye'de ise 2022/23 üretim sezonunda 380 bin dekar alanda, 155 bin ton soya üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin ortalama soya verimi ise 408 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca Adana, Mersin ve Kahramanmaraş illeri Türkiye soya üretiminde önde gelen iller arasındadır (TOB, 2024; TÜİK, 2024). Türkiye'nin soyada kendine yeterlilik seviyesi ise 5.2'dir (Özcan, 2024). Türkiye'de soya üretimi, gerekli ekolojik ve iklim koşullarına sahip olmasına rağmen, diğer alternatif ürünlerle ekonomik olarak rekabet edememektedir. Türkiye'nin yurtiçi soya talebi, daha çok ithalat yoluyla karşılanmaktadır (Anonim, 2019). Ayrıca, ithal edilen bu stratejik ürün, Türkiye'de uzun yıllardır hem 2. ürün üretimini teşvik etmek için hem de bitkisel yağ açığını giderebilmek amacıyla desteklenmektedir (Uçum, 2016).

Bu çalışmanın amacı, dünya soya üretiminde Türkiye'nin mevcut durumunu ve üretimin bölgelere göre dağılımını belirleyerek son yıllardaki değişimini üretim ve dış ticaret değerleri ile ortaya koymaktır.

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın temel verileri, TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) gibi veri tabanlarından elde edilen ikincil verilerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, dünya ve Türkiye'de soya üretimi (ekim alanı, üretim miktarı, verim) ve dış ticaret değerleri (ihracat miktarı, ihracat değeri, ithalat miktarı ve ithalat değeri) incelenmiş olup soyanın yıllara göre değişim ve gelişimi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda veriler, basit indeks yöntemi kullanılarak tablolar aracılığıyla yorumlanmış olup yıllara göre değişim yüzde (%) olarak incelenmiştir. Ayrıca, destekleme politikası kapsamında, Türkiye'de soya yetiştiriciliğinde uygulanan desteklere yer verilerek destek türleri değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Dünyada Soya Üretiminin Mevcut Durumu

Dünya soya üretimine ilişkin değerlerde yıllar itibariyle dalgalanmalar görülmekle birlikte ekim alanı ve üretim değerlerinde artış görülmüş olup verim değerlerinde ise önemli bir değişim bulunmamaktadır. FAO verilerine göre, 2014 yılında 117 732 497 hektar olan ekim alanı, 2022 yılında 133 791 633 hektara yükselerek %14 oranında artış göstermiştir. Soya üretim miktarı 2014-2022 yılları arasında %14 artarak 2022 yılında 348 856 428 tona ulaşmıştır. Dünya

genelinde soya verimi ise 2022 yılında 261 kg/da olarak gerçekleşmiş ve son yıllarda neredeyse hiç değişmemiştir (Çizelge 1). Verimde değişim görülmediğinden soya üretim miktarı üzerinde ekim alanının etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Dünya soya verilerinin yıllar itibariyle değişimi

Yıl	Ekim alanı (ha)	İndeks (2014=100)	Üretim miktarı (ton)	İndeks (2014=100)	Verim (kg/da)	İndeks (2014=100)
2014	117 732 497	100	306 260 567	100	260	100
2015	120 901 834	103	323 266 190	106	267	103
2016	122 048 068	104	335 905 762	110	275	106
2017	125 905 263	107	359 515 843	117	286	110
2018	124 131 656	105	344 809 297	113	278	107
2019	121 360 171	103	335 939 828	110	277	107
2020	127 453 417	108	355 866 427	116	279	107
2021	130 477 261	111	372 853 699	122	286	110
2022	133 791 633	114	348 856 428	114	261	100

Kaynak: FAO, 2024

Dünya soya dış ticaret değerlerinde yıllar itibariyle dalgalanmalar görülmekle birlikte bu değerler önemli ölçüde artış göstermiştir. FAO verilerine göre, 2014 yılında 118 583 000 ton olan ihracat miktarı, 2022 yılında %33 oranında artarak 157 644 000 tona, ihracat değeri de %59 oranında artarak 94 010 134 000 dolar seviyesine ulaşmıştır. Soya ithalat miktarı ise aynı dönemde 116 571 000 tondan 153 414 000 tona yükselerek %32 oranında artış göstermiştir. İthalat miktarındaki artışa bağlı olarak ithalat değeri de %57 oranında artarak 102 736 213 000 dolar seviyesine yükselmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Dünya soya dış ticaretinin yıllar itibariyle değişimi

Yıl	İhracat miktarı (bin ton)	İndeks (2014=100)	İhracat değeri (bin \$)	İndeks (2014=100)	İthalat miktarı (bin ton)	İndeks (2014=100)	İthalat değeri (bin \$)	İndeks (2014=100)
2014	118 583	100	59 001 225	100	116 571	100	65 644 431	100
2015	131 094	111	50 909 599	86	131 042	112	56 594 394	86
2016	136 378	115	52 467 024	89	135 097	116	55 862 274	85
2017	151 750	128	58 081 266	98	149 415	128	62 817 887	96
2018	152 564	129	59 250 639	100	153 276	131	65 700 829	100
2019	156 001	132	55 183 676	94	153 182	131	60 447 932	92
2020	173 354	146	64 080 112	109	167 134	143	66 637 415	102
2021	161 155	136	77 740 027	132	163 238	140	91 123 313	139
2022	157 644	133	94 010 134	159	153 414	132	102 736 213	157

Kaynak: FAO, 2024

3.2. Türkiye’de Soya Üretiminin Mevcut Durumu

Türkiye soya üretim değerlerinde yıllar itibariyle dalgalanmalar görülmekle birlikte, soya ekim alanı ve üretim miktarında bir azalma olduğu, ortalama soya veriminde ise bir miktar artış olduğu görülmektedir. TÜİK verilerine göre, 2014 yılında 343 178 hektar olan ekim alanı, 2023 yılında 326 840 hektar olarak gerçekleşmiş olup son 10 yılda %5 oranında azalmıştır. Aynı dönemde, Türkiye’de soya üretim miktarı %8 oranında azalarak 2023 yılında 137 500 ton olarak

gerçekleşmiştir. Ancak, soya verimi, ekim alanı ve üretim miktarının aksine %8 oranında artarak 2023 yılında 402 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Türkiye’de soya üretiminin yıllar itibariyle değişimi

Yıl	Ekim alanı (ha)	İndeks (2014=2023)	Üretim miktarı (ton)	İndeks (2014=2023)	Verim (kg/da)	İndeks (2011=2023)
2014	343 178	100	150 000	100	371	100
2015	367 323	107	161 000	107	391	105
2016	381 804	111	165 000	110	389	105
2017	316 695	92	140 000	93	394	106
2018	328 483	96	140 000	93	392	106
2019	352 947	103	150 000	100	399	108
2020	351 343	102	155 225	103	394	106
2021	438 917	128	182 000	121	404	109
2022	380 090	111	155 000	103	408	110
2023	326 840	95	137 500	92	402	108

Kaynak: TÜİK, 2024

Türkiye’nin soya üretimine ilişkin değerlerin bölgelere göre dağılımının son 3 yıldaki değişimi Tablo 4’te incelenmiştir. Türkiye’de 2023 yılında soya ekim alanında Akdeniz (301 772 dekar), Batı Karadeniz (13 970 dekar), Güneydoğu Anadolu (10 172 dekar), Batı Anadolu (395 dekar) ve Batı Marmara (280 dekar) önde gelen bölgeler arasındadır. Son 3 yılda soya ekim alanları Akdeniz bölgesinde %7, Batı Anadolu’da %13, Batı Karadeniz’de %23, Batı Marmara’da %15, Doğu Marmara’da %7, Ege’de %62 oranında bir azalış görülürken; Güneydoğu Anadolu’da %15 ve Orta Anadolu’da %7 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Soya üretim miktarına göre yine Akdeniz Bölgesi 130 147 ton ile 1. sırada, Batı Karadeniz 3 820 ton ile 2. sırada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise 3 228 ton ile 3. sırada gelmektedir. Soyada ortalama verimin en yüksek olduğu bölge de Orta Anadolu ve Akdeniz Bölgesi’dir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Türkiye’de soya üretiminin bölgelere göre dağılımı

Bölgeler	Ekim alanı (da)		Değişim (%)	Üretim miktarı (ton)		Değişim (%)	Verim (kg/da)		Değişim (%)
	2020	2023		2020	2023		2020	2023	
Akdeniz	322 991	301 772	-7	146 098	130 147	-11	452	431	-5
Batı Anadolu	456	395	-13	135	111	-18	296	281	-5
Batı Karadeniz	18 108	13 970	-23	6 132	3 820	-38	339	273	-19
Batı Marmara	328	280	-15	175	106	-39	534	379	-29
Doğu Karadeniz	-	20	-	-	5	-	-	250	-
Doğu Marmara	54	4	-93	14	1	-93	259	250	-3
Güneydoğu Anadolu	8 853	10 172	+15	2 468	3 228	+31	279	317	+14
Ege	525	197	-62	200	67	-66	381	340	-11
Orta Anadolu	28	30	+7	3	15	+400	107	500	+367

Kaynak: TÜİK, 2024

Türkiye’de soya dış ticaret değerlerinde yıllar itibariyle dalgalanmalar görülmekle birlikte; 2014-2022 yılları arasında ihracat miktarı %266 oranında artarken ithalat miktarı ise belirtilen yıllar arasında %85 oranında azalmıştır. Türkiye’de 2022 yılında 107 bin ton soya ihracatı, soya ithalatı ise 3 milyon tonun üzerindedir (Çizelge 5). Türkiye’nin soya dış ticaretine ilişkin diğer değerler Çizelge 5’te incelenmiştir.

Çizelge 5. Türkiye soya dış ticaretinin yıllar itibariyle değişimi

Yıl	İhracat miktarı (bin ton)	İndeks (2014=100)	İhracat değeri (bin \$)	İndeks (2014=100)	İthalat miktarı (bin ton)	İndeks (2014=100)	İthalat değeri (bin \$)	İndeks (2014=100)
2014	29	100	2 029	100	20 083	100	1 119 756	100
2015	12	41	7 129	351	2 255	11	968 176	86
2016	184	630	108 362	5341	2 175	11	885 301	79
2017	82	279	44 854	2211	2 341	12	947 920	85
2018	21	73	12 079	595	2 660	13	1 115 398	100
2019	95	325	45 785	2257	2 742	14	1 031 809	92
2020	78	268	37 048	1826	3 040	15	1 206 053	108
2021	98	336	61 677	3040	2 493	12	1 464 087	131
2022	107	366	86 904	4283	3 039	15	2 050 440	183

Kaynak: FAO, 2024

Türkiye'de, 2024 yılında soya üreticilerine dekar başına 172 TL mazot desteği ve 21 TL gübre desteği olmak üzere toplamda 193 TL tarımsal destek sağlanmaktadır. Ayrıca, Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeline göre soya üreticilerine 0.60 TL/kg havza bazlı fark ödemesi ve 58 TL/da sertifikalı tohum kullanımına yönelik tarımsal destek ödemesi yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, yurt içinde sertifikalı tohum üreten ve satışını gerçekleştiren Çiftçi Kayıt Sistemi'ne kayıtlı yetkilendirilmiş tohumculuk kuruluşlarına 2024 yılında ürettikleri sertifikalı tohumluklar için 0.70 TL/kg, sertifikalı kademe için ise 0.35 TL/kg destek ödemesi yapılmaktadır. Türkiye'deki tarımsal desteklerin önemli bir parçası olan bu ödemeler, çiftçilerin üretimlerini sürdürülebilir ve verimli bir şekilde gerçekleştirmelerine katkı sağlamaktadır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Türkiye'de soya tarımı için verilen destekler

Destek türü	₺
Mazot (₺/da)	172
Gübre (₺/da)	21
Toprak analizi (₺/da)	0.5
Fark ödemesi (₺/kg)	0.60
Sertifikalı tohum kullanımı (₺/da)	58
Sertifikalı tohum üretimi (orijinal) (₺/kg)	0.70
Sertifikalı tohum üretimi (sertifikalı kademe)(₺/kg)	0.35

Kaynak: REGA, 2023

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, coğrafi konumu ve özellikleri bakımından yağlı tohumlu bitkilerin yetişebilmesi için uygun koşullara sahiptir. Ancak Türkiye'de ayçiçeği, susam, soya, keten, kenevir, çığit, haşhaş, yer fıstığı, aspir ve kolza gibi yağlı tohumlu bitkilerden yeterince yararlanılamamaktadır. Bu durum, birçok alanda kullanılan soyanın işlenerek mamul ve yarı mamul ürünlere dönüştürülmesi ve katma değer kazandırılması sebebiyle soya işleme tesislerinin artırılmasını gerekli kılmaktadır. Son yıllarda dünyada soya üretimi, ekim alanına bağlı olarak artış göstermiş olup verim ortalaması ise 275 kg/da civarındadır. Türkiye'de son 10 yılda soya ekim alanı ve üretimi bir miktar azalsa da verim ortalaması 400 kg/da ile dünya ortalamasının çok üzerindedir. Türkiye, soya üretiminde ekim alanına bağlı olarak geri planda olmasına karşın soya veriminde dünyada ilk sırada yer almaktadır. Soya, dünya dış ticaretinde de önemli yer tutan bir ürün olarak hem ülke hem de dünya ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır. Ancak yine de Türkiye'nin bu alanda kendine yeterlilik seviyesi düşük olup iç talebi karşılaması oldukça güçtür. Türkiye'de soya iç talebinin karşılanması bakımından çiftçilerin üretime teşvik

edilmesi, artan üretim maliyetlerinin karşılanabilmesi bakımından verilen desteklerin artırılması gerekmektedir. Ayrıca, farklı alanlarda kullanılan soya üretimi, sanayi ve işleme tesisi bakımından düşük faizli, vadesi uzun krediler ve vergi muafiyetleri ile desteklenmelidir. Bitkisel yağ açığının kapatılması bakımından da önemli bir role sahip olan soya, Türkiye’de destekleme politikalarında iyileşmeyi, tesis kurulumunun ve mevcut kapasitenin etkin kullanımını (depolama, kurutma, işleme vb.) zorunlu kılmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Anonim, 2019. Türkiye Soyada Verim Açısından Dünyada İlk Sıralarda. Tarım ve Orman Dergisi, <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/237/turkiye-soyada-verim-acisindan-dunyada-ilk-siralarda->
- [2] Anonim, 2024. Erişim linki: [Soya Fasulyesi Nedir? Nasıl Tüketilir, Nerede Yetiştir? - Nefis Yemek Tarifleri](#) Erişim tarihi: 22.07 2024
- [3] Boydak, E., Kayantaş, B., Acar, F., Fırat, R. 2018. Bazı soya fasulyesi (Glycine max. L.) çeşitlerinin yüksek rakımlarda verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(4), 544-550.
- [4] FAO, 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#data> Erişim Tarihi: 15.07.2024.
- [5] Güneş, A. 2006. İkinci Ürün Soya (Glycine Max (L.) Merrill) Tarımında Farklı Azot Doz ve Uygulama Zamanlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa. 63 sy.
- [6] Kumlay, A.M., Demirel, S., Demirel, F., Yıldırım, B. 2021. Bazı Soya Çeşitlerinin IPBS Markörleriyle Moleküler Karakterizasyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31(1), 11-18.
- [7] Okcu, M. 2020. Farklı Ekim Zamanlarının Soya Fasulyesi Çeşitlerinde Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(4), 972-982.
- [8] Özcan, M. 2024. Soya-Tarım Ürünleri Piyasaları. Temmuz, 2024. Erişim linki: <https://www.tarimorman.gov.tr/> Erişim tarihi: 01.08.2024.
- [9] REGA, (2023). Resmi Gazete, Yılında Yapılacak Tarımsal Desteklemeler ve 2024 Yılında Uygulanacak Sertifikalı Tohum Kullanım Desteğine İlişkin Karar, Sayı: 32310. Erişim linki: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/09/20230915-3.pdf> Erişim tarihi:01.06.2024
- [10] TOB, 2024. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim linki: <https://www.tarimorman.gov.tr/>
- [11] TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr> Erişim Tarihi: 18.07.2024.
- [12] Uçum, U. (2016). ARIMA Modeli ile Türkiye Soya Üretim ve İthalat Projeksiyonu. TEAD, 2(1), 1-8.
- [13] USDA, 2024. U.S Department of Agriculture. Erişim inki: <https://www.usda.gov/>

PASLANMAZ ÇELİĞİN LAZER İLE KESİLMESİNDE GEOMETRİK TOLERANS ANALİZİ

Doç. Dr. Ramazan ÇAKIROĞLU

Gazi Üniversitesi,

rcakiroglu@gazi.edu.tr - 0000-0002-3120-1599

Prof. Dr. Mustafa GÜNAY

Karabük Üniversitesi,

mgunay@karabuk.edu.tr - 0000-0002-1281-1359

ÖZET

Lazer ışını ile kesme metalik sac veya plakalarda karmaşık geometrili profil veya deliklerin oluşturulmasında yaygın olarak kullanılan bir alışılmamış imalat yöntemidir. Bu kesme teknolojisinde gaz türü, odak noktası, gaz basıncı ve kesme hızı gibi birçok işleme parametresi çaptan sapma, diklik, koniklik, dairesellik gibi geometrik toleransları doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, ferritik paslanmaz çeliğin fiber lazer ile delinmesinde odak noktası (Fp), gaz basıncı (P) ve ilerleme hızının (f) çaptan sapma ve diklik toleransı (performans göstergeleri) değişimleri analiz edilmiştir. Fiber lazer ile kesme deneyleri L₉ dikey dizini kullanılarak yapılmıştır. Varyans analizi (ANOVA) ile performans göstergeleri üzerinde işleme parametrelerinin etki düzeyleri ölçülmüştür. Tüm delik çaplarının nominal çaptan fazla olduğu belirlenmiş olup, bu sonuç çoğunlukla yüksek basınçlı kesmede lazer güç yoğunluğunun artmasına atfedilmiştir. Lazer ile sürecinde, çaptan sapma için en etkili parametre %57.53 PCR ile ilerleme hızı olurken, diklik toleransı için bu parametre %49.72 PCR ile odak noktası çıkmıştır. En büyük sapma değeri, -3 mm odak noktası, 2000 mm/dak ilerleme hızı ve 18 bar gaz basıncında oluşurken, en büyük diklik toleransı -4 mm odak noktası, 1200 mm/dak ilerleme hızı ve 15 bar gaz basıncında ölçülmüştür. Bu sonuç, performans göstergeleri için optimum parametrelerin farklı olabileceğini ve dolayısıyla lazer ile kesmede çok değişkenli optimizasyon yönteminin kullanılması gerektiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lazer, Delme, Odak noktası, Geometrik tolerans, Çaptan sapma

1. GİRİŞ

Lazer kesme teknolojisi, çeşitli endüstrilerde metalik ve metalik olmayan malzemelerin kesilmesi ve şekillendirilmesi için yaygın olarak kullanılan bir imalat yöntemidir. Bu teknolojinin en büyük avantajları arasında yüksek hassasiyet, hızlı işleme süreleri, dar kesim genişliği ve minimum termal deformasyon yer almaktadır. Lazer kesme işlemi, özellikle otomotiv, havacılık, tıbbi cihazlar ve elektronik sektörlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [1].

Lazer kesme sürecinde, lazer ışını bir malzeme yüzeyine odaklanarak yüksek enerji yoğunluğu sağlar ve bu enerji malzeme üzerinde lokalize bir erime veya buharlaşma oluşturur. Bu süreçte kullanılan lazer türleri arasında CO₂, Nd ve fiber lazerler bulunmaktadır. Fiber lazerler, yüksek ışın kalitesi, enerji verimliliği ve düşük bakım maliyetleri nedeniyle son yıllarda daha fazla tercih edilmektedir [2].

Lazer kesme işlemi sırasında bir dizi işlem parametresi, kesme kalitesini ve delik geometrisini doğrudan etkilemektedir. Bu parametreler arasında; odak noktası (Fp), gaz basıncı (P) ve ilerleme hızı (f) gibi değişkenler yer almaktadır. Odak noktası, lazer ışınının malzeme yüzeyine en yoğun şekilde odaklandığı noktadır ve bu noktanın doğru ayarlanması, kesim kalitesini artırmak için kritiktir. Gaz basıncı, kesme sürecinde kullanılan destek gazının basıncını ifade eder ve malzemenin kesim bölgesinden uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır. İlerleme hızı ise lazer başlığının malzeme üzerinde hareket hızını belirler ve kesim süresini etkilemektedir [3-4]. Diğer imalat yöntemlerinde olduğu gibi lazer yöntemi ile yapılan imalat işlemlerinde uygun parametrelerin belirlenmesi kesim kalitesi üzerinde doğrudan etkiye sahip olmaktadır. İdeal parametrelerin belirlenmesinde yaygın olarak Taguchi metodu kullanılmaktadır. Bu yöntem deney sayısının azaltılması ile maliyet ve zamandan tasarruf sağlanırken aynı zamanda optimum parametrenin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [5-6].

Taguchi yöntemi ile lazer kesim parametrelerinin kesim yüzeyi kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bazı çalışmalar sunulmuştur. Sharma et al. [7], yumuşak çelik numunelerini darbeli lazerle keserek, ortalama pürüzlülük (Ra) parametresi için en iyi parametre setini elde etmek için bu yöntemi kullanmıştır. Sinyal/Gürültü (S/N) ve varyans analizi (ANOVA) değerlendirmeleriyle, kesme hızı ve darbe frekans hızının farklı seviyelerde kesme yüzeyinin kalitesi için en önemli parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Kesme hızı değeri ne kadar yüksek olursa, yüzey kalitesinin o kadar düşük olduğu belirtilmiştir. Madic vd. [8], AISI 304'ün kesilmesinde en düşük yüzey pürüzlülüğünü bulmak için bir CO₂ lazer kullandı. Kesilen yüzeyde en düşük pürüzlülüğü elde etmek için S/N analizi ve grafiksel değerlendirmeler sonucunda, kesme hızı ve radyasyon gücünün en önemli parametreler olduğu belirtilmiştir. Amaral vd. [9], AISI 316L paslanmaz çelik ve soğuk haddelenmiş St12 çelik malzemeden hazırlanan 2mm kalınlığındaki sacların fiber optik lazer ile kesilmesinde yüzey kalitesini araştırmışlardır. Radyasyon gücü, kesme hızı ve gaz basıncı parametreleri değiştirilerek yapılan deneyler sonucunda, mikroyapısal olarak kayda değer bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Gaz basıncı dışında, makine üreticisi tarafından önerilen lazer kesme parametrelerinin en iyi yüzey kalitesini elde etmek için optimum olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, daha az radyasyon gücü ve daha yüksek kesme hızı değerleri ile lazer kesme işlemi optimize edilebileceği gibi güç tüketiminde azalma ve verimlilikte artış sağlanacağı vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, ferritik paslanmaz çelik üzerinde fiber lazer ile yapılan delme işlemlerinde odak noktası, gaz basıncı ve ilerleme hızının delik geometrisi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürdeki çalışmalar göz önüne alındığında, bu parametrelerin delik çapı ve diklik toleransı üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi gerektiği görülmüştür. Bu bağlamda, fiber lazer ile kesme deneyleri L₉ dikey dizini kullanılarak gerçekleştirilmiş ve varyans analizi (ANOVA) ile performans göstergeleri üzerindeki etki düzeyleri ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyisel çalışmada, iş parçası malzemesi olarak 5 mm kalınlığında AISI 430 ferritik paslanmaz çelik fiber lazer yöntemi kullanılarak delinmiştir. Lazer delme deneyleri 2.4 kW gücündeki Nukon lazer makinesi kullanılmıştır. Deney sonuçların elde edilmesinde işleme parametrelerinin belirlenmesi deney tasarımının önemli bir adımıdır. Literatür incelendiğinde fiber lazer performansını etkileyen çok sayıda değişken olduğu görülmektedir. Bunlardan en yaygın ve en etkili olarak kullanılan odak noktası (Fp), gaz basıncı (P) ve ilerleme hızı (f) deneylerde işleme parametreleri olarak kullanılmıştır. Deneyisel çalışma için kullanılan işleme parametreleri ve seviyelerine bağlı olarak oluşturulan Taguchi L₉ deney tasarımı Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney tasarımı

Deney no	Odak noktası	Gaz basıncı	İlerleme hızı
1	-3	1200	12
2	-3	1600	15
3	-3	2000	18
4	-4	1200	15
5	-4	1600	18
6	-4	2000	12
7	-5	1200	18
8	-5	1600	12
9	-5	2000	15

Deneyler sonrası elde edilen deliklerin ölçümleri Global Classic 091508 model koordinat ölçüm cihazı (CMM) ile yapılmıştır. Ölçümlerden önce A0B0 açısında kalibrasyon işlemi yapılmıştır. İş parçasının üst ve yan yüzeylerinden alınan düzlem, doğru ve nokta ile iş parçasının konumu sabitlenmiştir. Delik yüzeylerden alınan noktalar ile daireler ve silindirler oluşturuldu. Parça üst yüzeyinden alınan düzlem ile diklik kontrolleri yapıldı. Tüm kalibrasyon ve ölçüm işlemleri 21°C’de yapılmıştır.

Ölçümler sonucu elde edilen çaptan sapma ve diklik değerleri Taguchi metodu kullanılarak en ideal parametre kombinasyonunun belirlenmesi yapılmıştır. İstatistiksel analiz değişken parametrelerin ortalama değerleri ve sinyal-gürültü (S/G) oranlarının etki grafikleri analiz edilerek gerçekleştirilmiştir. Taguchi yönteminde deneysel sonuçlar ile optimum değer

arasındaki sapmayı hesaplamak amacı ile bir yaklaşım çeşidi kullanılır. Çaptan sapma ve diklik sonuçlarını minimize etmek amacı ile Taguchi metodolojisinde “En Küçük En İyi” yaklaşımı kullanılmıştır. Değişken parametrelerin sonuç verilerine katkı oranları ve yüzdelerinin hesaplanması için ANOVA (varyans analizi) uygulanmıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

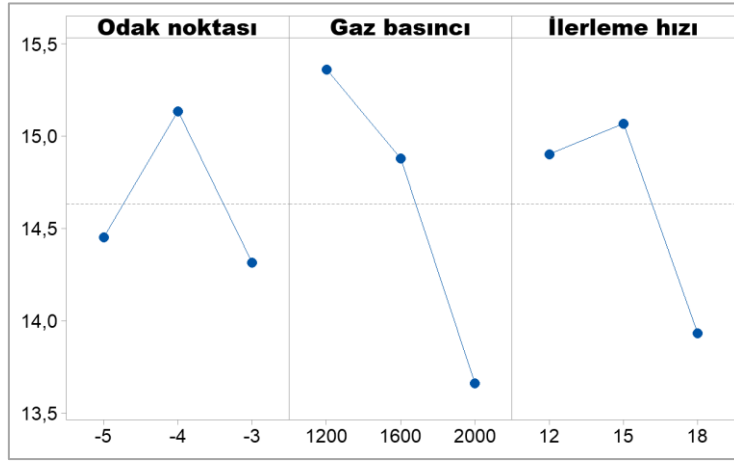
Bu çalışmada, ferritik paslanmaz çeliğin fiber lazer ile delinmesinde odak noktası (Fp), gaz basıncı (P) ve ilerleme hızının (f) çaptan sapma ve diklik toleransı (performans göstergeleri) değişimleri Taguchi L₉ deney tasarımı kullanılarak araştırılmıştır. Çizelge 2’de yapılan deneyler sonucu elde edilen ölçüm değerleri ve optimizasyon sonucu hesaplanan sinyal/gürültü oranları verilmiştir.

Çizelge 2. Deney ve analiz sonuçları

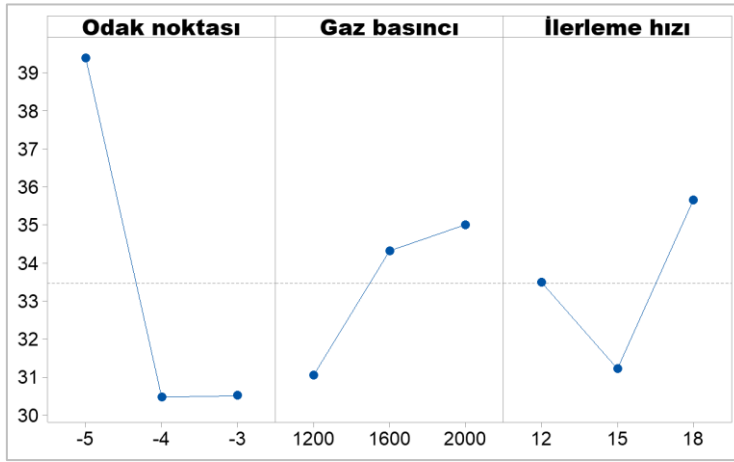
Deney no	Çaptan sapma		Diklik	
	Ölçüm	S/G oranı	Ölçüm	S/G oranı
1	0.172	15.2894	0.054	25.3521
2	0.180	14.8945	0.035	29.1186
3	0.230	12.7654	0.014	37.0774
4	0.151	16.4205	0.037	28.6360
5	0.185	14.6566	0.029	30.7520
6	0.192	14.3340	0.025	32.0412
7	0.191	14.3793	0.011	39.1721
8	0.176	15.0897	0.007	43.0980
9	0.202	13.8930	0.016	35.9176

En büyük sapma değeri, -3 mm odak noktası, 2000 mm/dak ilerleme hızı ve 18 bar gaz basıncında oluşurken, en büyük diklik toleransı -4 mm odak noktası, 1200 mm/dak ilerleme hızı ve 15 bar gaz basıncında ölçülmüştür. Çaptan sapma ve diklik toleransının deneysel sonuçları kullanılarak hesaplanan S/G oranları Görsel 1 ve 2’deki grafiklerde gösterilmiştir. Hesaplanan S/G oranının en büyük değeri çaptan sapma ve diklik toleransı için en etkin deneyi veya en etkin değişken parametre değerlerini göstermektedir. Görsel 1’de verilen çaptan sapmanın S/G oranı grafiği incelendiğinde “En Küçük En İyi” yaklaşımına göre -4 mm odak noktası, 1200 mm/dak ilerleme hızı ve 15 bar gaz basıncı optimum parametre kombinasyonu olarak belirlenmiştir. Görsel 2’de verilen diklik toleransının S/G oranı grafiği incelendiğinde “En Küçük En İyi” yaklaşımına göre -5 mm odak noktası, 2000 mm/dak ilerleme hızı ve 18 bar gaz basıncı optimum parametre kombinasyonu olarak belirlenmiştir.

AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin lazer ile delinmesinde ilerleme hızı, odak noktası ve gaz basıncının çaptan sapma ve diklik toleransı üzerindeki etki oranlarını istatistiksel olarak hesaplamak için %95 güven aralığında yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 3’de sunulmuştur. Burada, her bir parametrenin etki oranını ortaya çıkaran serbestlik derecesi (SD), kareler toplamı (KT), kareler ortalaması (KO), F değerleri ve yüzde etki oranları (PCR) gösterilmiştir.



Görsel 1. Çaptan sapmanın S/G oranları grafiği



Görsel 2. Diklik toleransının S/N oranları grafiği

Çizelge 3. Çaptan sapma ve diklik toleransı için ANOVA sonuçları

Parametre	SD	KT	KO	F	P	PCR (%)
Çaptan sapma						
Fp	2	0.00053	0.000265	85.11	0.012	13.91
P	2	0.002191	0.001095	352.11	0.003	57.53
f	2	0.001082	0.000541	173.82	0.006	28.41
Hata	2	0.000006	0.000003			0.15
Toplam	8	0.003808				
Diklik toleransı						
Fp	2	0.000906	0.000453	3.1	0.244	49.72
P	2	0.000381	0.00019	1.3	0.435	20.91
f	2	0.000243	0.000121	0.83	0.547	13.32
Hata	2	0.000293	0.000146			16.05
Toplam	8	0.001822				

Varyans analizi (ANOVA) ile performans göstergeleri üzerinde işleme parametrelerinin etki düzeyleri ölçülmüştür. Tüm delik çaplarının nominal çaptan fazla olduğu belirlenmiş olup, bu sonuç çoğunlukla yüksek basınçlı kesmede lazer güç yoğunluğunun artmasına atfedilmiştir. Lazer ile sürecinde, çaptan sapma için en etkili parametre %57.53 PCR ile ilerleme hızı olurken, diklik toleransı için bu parametre %49.72 PCR ile odak noktası çıkmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİ

AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin fiber optik lazer ile delinmesinde kesme parametrelerinin (ilerleme hızı, odak noktası ve gaz basıncı) çaptan sapma ve diklik toleransı üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Taguchi optimizasyon metodolojisine göre, AISI 430 sac malzemenin lazerle delinmesinde çaptan sapma için en uygun kesme parametreleri; -4 mm odak noktası, 1200 mm/dak ilerleme hızı ve 15 bar gaz basıncı olarak belirlenmiştir.
- AISI 430 sac malzemenin lazerle delinmesinde diklik toleransı için en uygun kesme parametreleri ise -5 mm odak noktası, 2000 mm/dak ilerleme hızı ve 18 bar gaz basıncı optimum parametre kombinasyonu olarak belirlenmiştir.
- ANOVA sonucuna göre, çaptan sapma için en etkili parametre %57.53 PCR ile ilerleme hızı olurken, diklik toleransı için bu parametre %49.72 PCR ile odak noktası şeklindedir.
- Tekli optimizasyon sonuçlarının farklı çıkması, geometrik analizlerde çok değişkenli optimizasyon metodolojisinin uygulanması gerektiğini göstermiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Steen, W.M., and Mazumder, J., Laser Material Processing, Springer Science & Business Media, 2010.
- [2] Khatak, P., Laser cutting technique: A literature review. Materials Today: Proceedings, 56, 2484-2489, 2022.
- [3] Ürgüplü, M. ve Köksal, S., Lazer ile kesme işlemlerinde kesim kalitesine etki eden parametreler, ISITES, 864-874, 2015.
- [4] Mert, F., Tunç, M., Sur, G., AISI 304 çeliğinin lazer ile kesilmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi, 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Baku, 189-198, 2017.
- [5] Tushar, J., Parameters optimization of laser beam machine, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 3, 801-809, 2017.
- [6] Madíc, M., Radovanović, M., Gostimirović, M., Selection of near optimal laser cutting parameters in CO2 laser cutting by the Taguchi method, Technical University of Ostrava, 59, 99-107, 2013.
- [7] Sharma, V., Chattopadhyaya, S., Hloch, S., Surface quality finish in laser cutting using Taguchi design, Tehnički Vjesnik, 24(1),15-19, 2017.
- [8] M. Madíc, M. Radovanović, M. Gostimirović, Selection of near optimal laser cutting parameters in CO2 laser cutting by the Taguchi method, Technical University of Ostrava 59, 99-107, 2013.
- [9] Amaral, I., Silva, F.J.G., Pinto, G.F.L., Campilho, R.D.S.G., Gouveia, R.M., Improving the cut surface quality by optimizing parameters in the fibre laser cutting process, Procedia Manufacturing, 38, 1111–1120, 2019.

SEMENTE KARBÜRÜN DALMA EROZYONLA İŞLENMESİNDE BOYUTSAL DOĞRULUĞUN ARAŞTIRILMASI

Ahmet Tolunay IŞIK

Karabük Üniversitesi,
a.t.i@windowslive.com- 0000-0003-1598-1828

Prof. Dr. Mustafa GÜNAY

Karabük Üniversitesi,
mgunay@karabuk.edu.tr - 0000-0002-1281-1359

ÖZET

Sement karbürün (WC-Co) geleneksel talaşlı imalat yöntemleri ile işlenmesi çok zordur. Bu nedenle, elektro erozyon ile işleme (EDM), tel erozyon ile kesme gibi geleneksel olmayan talaşlı imalat yöntemleri ile daha kolay şekillendirilmektedir. Bu çalışmada, WC-Co malzemenin EDM ile işlenmesinde ölçü tamlığının işleme parametrelerine göre değişimleri incelenmiştir. Bu bağlamda, silindirik geometrideki tungsten karbür malzeme üzerine EDM ile açılan kama yuvasının ölçüleri kontrol edilerek en uygun işleme şartları araştırılmıştır. İşleme parametresi olarak üç farklı seviyede boşalım akımı (Ip), vurum süresi (Ton) ve vurum aralığı (Toff) seçilmiştir. İşleme deneyleri, Taguchi L9 deney tasarımına göre bakır elektrotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kama yuvası boyutları; derinlik (D), genişlik (W) ve uzunluk (L) ölçümleri bir koordinat ölçüm makinesi ile yapılmıştır. Deneyler sonucunda, derinlikte daha büyük sapmalar oluşurken, genişlik ve uzunluk ölçülerinde en büyük sapma değeri %2.2 ve %0.4 olarak ölçülmüştür. Derinlikteki büyük sapma değeri elektrotun daha çok alın yüzeyinde oluşan aşınmaya bağlanmıştır. Varyans analizine (ANOVA) göre, D ve W ölçülerinde en etkili parametre boşalım akımı olurken, L ölçüsünde bu parametre vurum aralığı olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, özellikle EDM gibi çok karmaşık talaşlı imalat uygulamalarında optimum işleme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla tam faktöriyel deney tasarımları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: WC-Co, EDM, Ölçü tamlığı, ANOVA

1. GİRİŞ

Gelişmiş seramikler arasında yer alan sement karbür (WC-Co), yüksek ergime sıcaklığı, sertlik korozyon direnci, elektriksel ve termal iletkenlik gibi fiziksel ve mekanik özellikleri sayesinde

kalıpcılık, talaşlı imalat vb. birçok endüstriyel alanda en yaygın kullanılan malzemedir [1]. Ancak seramik ve kompozitlerin geleneksel işleme yöntemleriyle şekillendirilmesinde ortaya çıkan hızlı takım aşınması, hurda malzemenin fazla olması, işlenen parça kenarlarında çatlak oluşumu ve ufalanma gibi dezavantajlar bu malzemelerin kullanım alanlarını sınırlamaktadır [2, 3]. Bu nedenle elektrik erozyonla işleme (EDM), lazerle işleme (LBM) ve ultrasonik işleme (USM) gibi geleneksel olmayan işleme yöntemleri, takım-iş parçası teması olmadan çeşitli enerji formlarını kullanarak malzemeleri istenilen geometri ve toleranslarda işlenmesine imkan sağlamaktadır. Karmaşık geometrilerde işlem yapılabilmesi, minimum malzeme israfı ve yüzey hasarı gibi avantajlar göz önüne alındığında EDM yöntemi iletken, sert ve kırılgan malzemelerin işlenmesi için en uygun şekillendirme yöntemidir [4].

EDM yöntemi, iletken bir dielektrik sıvıya batırılmış bir takım (elektrot) ve iş parçası içeren bir elektro-termal malzeme çıkarma işlemidir. Belirli bir akım ve gerilimde elektrot ile iş parçası arasında oluşan kıvılcımlar, iş parçası yüzeyinde yüksek basınç ve sıcaklık oluşturarak malzemenin erimesine ve buharlaşmasına neden olur. Bu süreç, o yüzeyde küçük kraterler oluşturarak malzemenin istenilen geometride işlenmesini sağlar [5]. Ancak işleme sırasında rastgele kıvılcımların kontrol edilmesi zor olduğundan, EDM uygulamalarında kesin parça boyutlarına ulaşmak zordur. Ayrıca geometrik doğruluk, işlenmiş numunenin doğru işlevselliğini sağlamada önemli bir rol oynar. Örneğin, mikrondaki değişim, mikro boşluklar durumunda kesim boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu gereksinimin karşılanmasını daha kritik hale getirir [6]. Öte yandan, klasik EDM, toz karışımli EDM, tel EDM ve μ EDM gibi EDM teknolojileri kullanılarak çeşitli seramik ve seramik kompozitler işlenmektedir. Bu işlemlerde deşarj akımı (I_p), darbe süresi (T_{on}), darbe aralığı (T_{off}), takım polaritesi ve referans voltajı gibi işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranı (MRR), takım aşınma hızı ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmektedir [3, 7]. İşleme çıktıları üzerinde etkili olan temel değişkenlerin I_p ve T_{on}/T_{off} oranı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca geometrik hataları ve yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek için negatif takım polaritesi tavsiye edilmektedir [8].

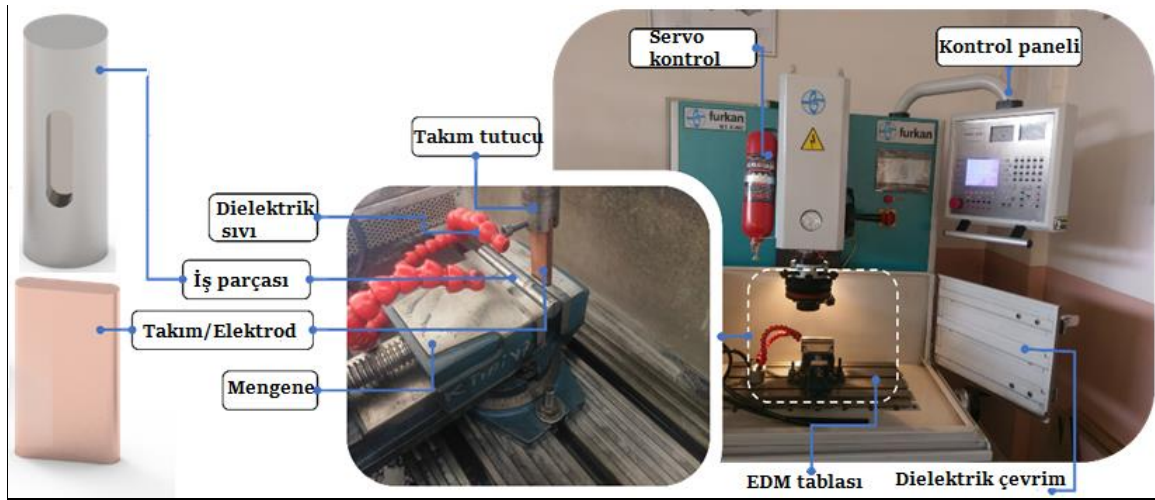
İmalat endüstrisinde, hassas boyutlar ve yüksek geometrik doğruluk için önceden tanımlanmış gereksinimlere uygun bileşenleri makul maliyetle üretmek önemli bir hedeftir. Bu anlamda dairesellik, silindiriklik, diklik vb. geometrik toleransların ve radyal fazla kesmenin sürekli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir [9]. Bu noktada WC-Co EDM gibi alışılmamış üretim süreçleriyle daha verimli şekilde işlenir. Ayrıca, WC-Co malzemesinin EDM prosesinde bakır-tungsten alaşımları erime noktası, elektrik ve ısı iletkenlikleri, ısıl direnç gibi termo-fiziksel özellikleri sayesinde grafit ve bakıra göre daha verimli elektrot malzemeleridir, ancak maliyetleri yüksektir [10]. Carlini vd., farklı Cu-W elektrot kullanarak %10Co içerikli WC-Co'nun EDM'si üzerine bir araştırma gerçekleştirdi. Yazarlar, Cu-W elektrodu iş parçasının pürüzlülüğünü hafifçe etkilerken, deşarj enerjisi arttıkça pürüzlülüğün azaldığını belirtmişlerdir [11]. Selvarajan vd. Cu elektrot kullanarak Si₃N₄-TiN seramik kompozitin EDM'sinde MRR, takım aşınma hızı, yüzey pürüzlülüğü (R_a) ve çeşitli geometrik toleransların değişimini araştırmışlardır. Akım, darbe süresi, dielektrik basınç ve boşluk voltajı arttıkça ve darbe kapanma süresi azaldıkça açılan deliklerin doğruluğu ve yüzey kalitesi iyileştirilirken aynı zamanda yüksek MRR elde edildi [12]. Ishfaq vd. göre üretilen parçaların boyutsal doğruluğunu yöneten kalıp uygulamalarında geometrik doğruluk büyük önem taşımaktadır. Bu

noktada kalıpların boşluklarının karmaşıklığı EDM kullanımını neredeyse zorunlu hale getirmektedir. Araştırmacılar, aksenel hataların ortalama değerinin yanal boyutsal hatalardan 2.5 kat daha az olduğunu belirtmişlerdir. Bakır elektrotun geometrik doğruluk ve yüzey kalitesi açısından grafit ve tungsten elektrottan daha elverişli olduğu vurgulanmıştır [13]. Bu çalışma, bir WC-Co çubuğu üzerinde standart bir kama yuvası oluşturulmasında I_p , Ton ve Toff gibi EDM parametrelerinin boyutsal doğruluk üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Ayrıca sonuçlar, seramiklerin EDM ile endüstriyel işlenmesinde öncülük edecektir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Ekipman

İş parçası malzemesi olarak $\varnothing 16$ mm ve ağırlıkça %15Co içerikli WC çubuklar kullanıldı. DIN6885 standardına uygun olarak seçilen Form A tipi kama yuvası (5x5x20 mm) boyutlarına ulaşmak için gerekli elektrotlar bakır malzemeden tel-EDM ile hazırlandı. Çalışmada kullanılan iş parçası malzemesi, elektrot, EDM makine görüntüleri Görsel 1'de gösterilmektedir. Deneysel çalışmalar Gazi Üniversitesi laboratuvarında bulunan Furkan marka EDM makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde dielektrik olarak yüksek parlama noktasına sahip gazyağı kullanıldı. Dielektrik sıvı, yanal yıkama yöntemiyle 35 KPa basınçla işleme bölgesine kesintisiz olarak gönderildi. İşleme derinliği, her işleme parametresi seti için 3 mm'ye (standartta göre kama derinliği) ayarlandı. EDM makinesinde, açık devre voltajı 130 V, referans voltajı ise 60 V olarak sabitlenmiştir.



Görsel 1. EDM ekipmanları

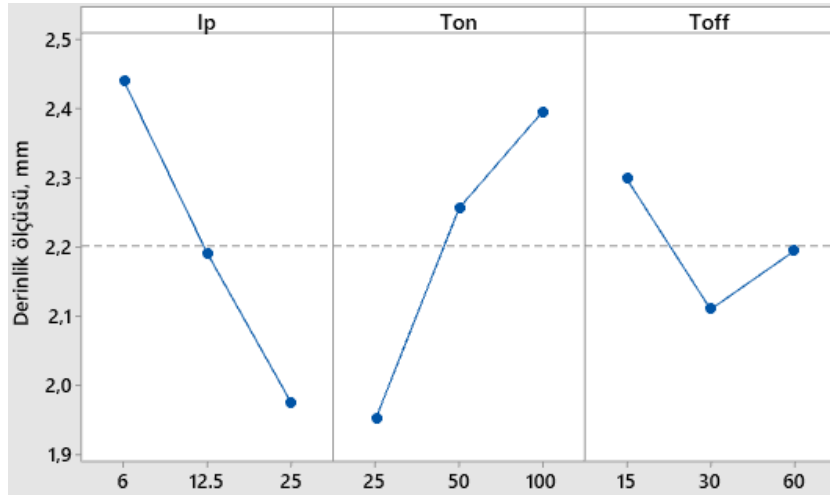
İşleme parametreleri olarak deşarj akımı (I_p), darbe süresi (Ton) ve darbe aralığı (Toff) seçilmiştir. Ön deneyler ve literatür taraması sonucunda bu parametreler için üç farklı seviye belirlendi. Taguchi L_9 deney tasarımına dayalı olarak EDM testleri yapılmış ve performans göstergesi olarak boyutsal doğruluk analiz edilmiştir. EDM deneylerinde elde edilen kama yuvasının boyutsal ölçümleri GLOBAL klasik model koordinat ölçüm makinesi (CMM) ile yapılmıştır. Kama yuvasının derinliği, genişliği ve uzunluğu boyutsal doğruluk kriteri olarak alınmıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE ANALİZ

Dalma EDM ile sementite karbür (WC-Co) malzeme üzerinde yapılan deneyler sonucunda CMM cihazı ile yapılan kama yuvasının boyutsal ölçümleri DIN 6885 normuna göre kontrol

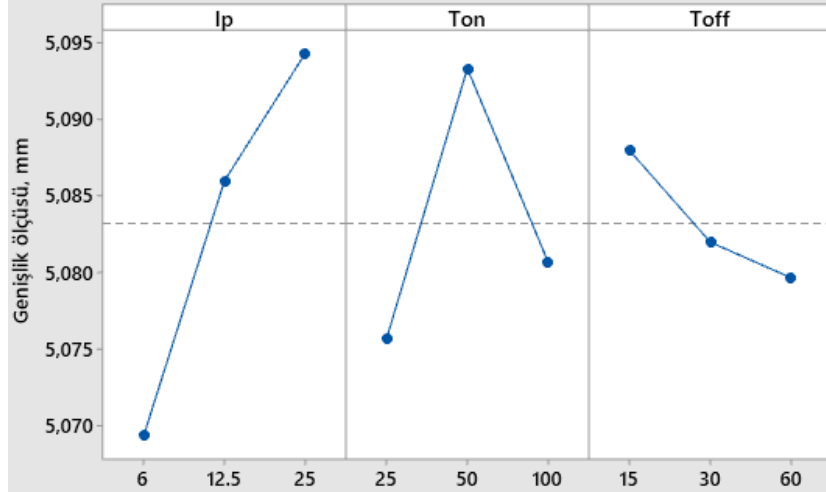
edilmiştir. Bu bağlamda, kama kanalına ait uzunluk, genişlik ve derinlik ölçüm sonuçlarının grafikleri Görsel 2-4'te verilmiştir.

Deneylerde kullanılan WC-Co çubuğa göre seçilen kama yuvası boyutlarına göre derinlik (D) toleransı DIN6885 standardında +0.1 olarak belirtilmiştir. Görsel 2'de her işleme parametresi seti için hedef değere (3 mm) ulaşamadığı görülmektedir. Bu derinlik sapmalarının işleme proses çıktılarından (döküntü, yapışma, sert tabaka vb.) ve/veya işleme parametrelerine bağlı olarak değişen takım aşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Darbe süresindeki artışın elektrot aşınmasını önleyen karbon tabakasının oluşumuna yardımcı olduğu bilinmektedir. Darbe aralığı ise işleme sırasında dielektrik içerisine karışan elektrot partiküllerini ve kalıntıları temizleyerek stabil bir işleme koşulu sağlar [14]. Ancak deşarj akımı yüksek olduğunda darbe enerjisi artar ve işleme yüzeyindeki yüksek sıcaklık ve elektron hareketliliği daha hızlı takım aşınmasına neden olur [15]. Sonuç olarak standart kama yuvası derinliğine en yakın değer $I_p=6A$, $T_{on}=100\mu s$, $T_{off}=60\mu s$ deney setinde 2.484 mm olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer ile hedeflenen kama yolu genişliği arasındaki fark %17.2 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlendirmelere göre istenilen derinlik değerine ulaşabilmek için takım aşınma miktarının ölçülmesi ve fark değeri kadar derinlik uygulanarak EDM işleminin tekrar yapılması gerekmektedir.



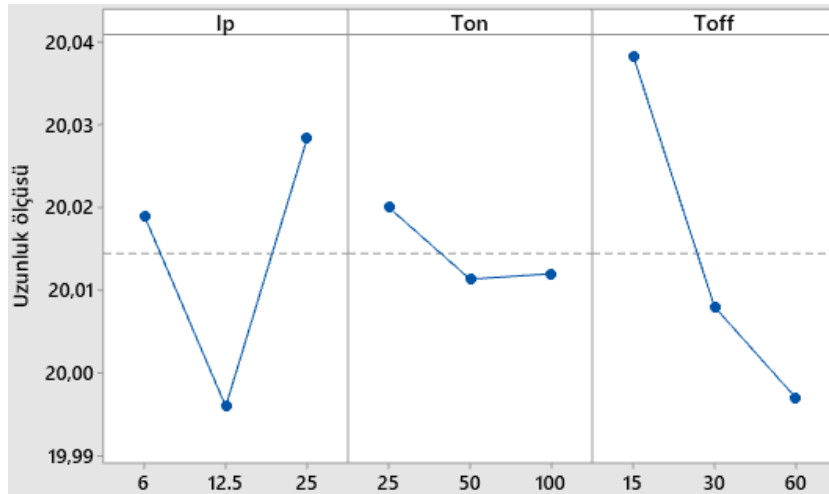
Görsel 2. Derinlik için etki grafiği

İkinci aşamada, kama yuvası genişliğinin (W) işleme parametrelerine göre değişimi analiz edilmiştir. WC-Co çubuk çapına bağlı olarak kama genişliği DIN6885-1 normunda belirtilen Js9 toleransına göre şekillendirilir. Görsel 3 incelendiğinde, kama genişliğinin istenilen değerde (5 mm) elde edilemediği görülmektedir. Hedeflenen kama yuvası genişliğine en yakın değer $I_p=6A$, $T_{on}=100\mu s$, $T_{off}=60\mu s$ deney setinde 5.068 mm olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer ile hedeflenen kama yolu genişliği arasındaki fark %1.36 olarak hesaplanmıştır. Hedeflenen genişlikten sapma %1.36-2.28 aralığında değişmektedir. Hedef ve ölçülen genişlikler arasındaki farklar, elektro-erozyon mekanizmasının genel prensiplerinden biri olan plazma kanalı genişlemesine bağlanmaktadır [16]. Görsel 3'te görüldüğü gibi yüksek darbe süresi ve deşarj akımı değerlerinde artan plazma kanalı (boşluk) çapına paralel olarak kama yuvası genişliği artmıştır. Öte yandan, darbe aralığı arttıkça kama yuvası genişliği azalmış olup, bu talaşların daha iyi uzaklaştırılmasıyla istikrarlı ark oluşumuna atfedilmiştir.



Görsel 3. Genişlik için etki grafiği

Son olarak kama yuvası uzunluğu (L) incelenmiş olup, işleme parametrelerine göre değişimi Görsel 4'te verilmiştir. Seçilen kama yuvası boyutu için standarda göre uzunluk toleransı +0.2-0.0 mm aralığındadır. Görsel 4'ten görülebileceği gibi, L değerleri işleme setinin büyük bir kısmında toleranslar dahilindedir. Hedeflenen kama yuvası uzunluğuna en yakın değer $I_p=12.5A$, $Ton=100\mu s$, $Toff=15\mu s$ deney setinde 19.99 mm olarak ölçülmüştür. Hedeflenen uzunluktan en büyük sapma %0.44 olarak hesaplanmış olup, bu değer işleme parametrelerinin en küçük olduğu seviyelerde ölçülmüştür. Bu, kama yuvası genişliğini oluşturan geniş takım yüzey alanı nedeniyle kıvılcım miktarındaki artışa ve yoğun döküntü oluşumuna bağlanmaktadır [17]. Öte yandan L'nin bazı işleme koşullarında 20 mm'den az olduğu ölçülmüştür. Bu sonucun nedeni, düşük darbe süresi ve yüksek darbe aralığında iş parçası yüzeyinde birim zamandaki kıvılcım yoğunluğunun azalmasıdır. Böylece daha az erime ve buharlaşma işlemleri, çıkarılan malzeme miktarının azalmasına bağlı olarak boyutlarda sapmalara neden olmuştur. Bu sonuçlar, elektrot geometrisi ve dolayısıyla boşalım yüzey alanına göre aşınma miktarlarının değiştiğini göstermektedir.



Görsel 4. Uzunluk için etki grafiği

İşleme parametrelerinin boyutsal tamlik kriterleri üzerindeki etki seviyelerini belirlemek için varyans analizi uygulanmıştır (Çizelge 1). Çizelge 1'e göre, D ve W ölçülerinde en etkili parametre boşalım akımı (I_p) olurken, L ölçüsünde bu parametre vurum aralığı (Toff) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. İşleme çıktıları için ANOVA

Parametre	DF	SS	MS	F	PCR
Derinlik					
Ip	2	0.32866	0.16433	1.92	38.03
Ton	2	0.31076	0.15538	1.82	35.96
Toff	2	0.05396	0.02698	0.32	6.24
Hata	2	0.17089	0.08545		19.77
Total	8	0.86427			100
Genişlik					
Ip	2	0.000972	0.000486	2.54	49.50
Ton	2	0.000498	0.000249	1.3	25.35
Toff	2	0.000111	0.000055	0.29	5.65
Hata	2	0.000383	0.000191		19.50
Total	8	0.001964			100
Uzunluk					
Ip	2	0.001662	0.000831	0.24	14.32
Ton	2	0.00014	0.00007	0.02	1.21
Toff	2	0.00275	0.001375	0.39	23.7
Hata	2	0.007052	0.003526		60.77
Total	8	0.011602			100

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Semente karbür malzemeye EDM ile açılan kama yuvası ölçülerine işleme parametrelerinin etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- İstatistiksel analizler sonucunda, derinlikte oluşan sapma değerleri, genişlik ve uzunluk ölçülerindeki sapma değerlerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, elektrotun alın yüzeyden daha fazla aşınmasına atfedilmiştir.
- ANOVA sonuçlarına göre, D ve W ölçülerinde sırasıyla %38.03 ve %49.5 PCR değeriyle en etkili parametre boşalım akımı (Ip) olurken, L ölçüsünde bu parametre vurum aralığı (Toff) olarak belirlenmiştir.
- EDM uygulamalarında elektrot profili yüzeylerine göre aşınma miktarlarının değiştiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü (KBÜBAP-21-YL-038) tarafından desteklenmiş olup, yazarlar bu destekten dolayı teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- [1] Carter, C.B. and Norton, M.G., Ceramic Materials: Science and Engineering, Springer-Verlag, New York, 2013.
- [2] Rakshit, R. and Das, A.K., A review on cutting of industrial ceramic materials, Precision Engineering, 59, 90–109, 2019.
- [3] Bilal, A., Jahan, M.P., Talamona, D., Perveen, A., Electro-discharge machining of ceramics: A review, Micromachines, 10, 10, 2019
- [4] Klocke, F., Chrubasik, L., Klink, A., and Hensgen, L., Analysis of fundamental process characteristics for sinking-EDM of cemented carbides as a function of polarity, Procedia CIRP, 68, 313–318, 2018.

- [5] Chaudhury, P. and Samantaray S., Multi-optimization of process parameters for machining of a non-conductive SiC ceramic composite Manufacturing Rev., 7,32 2020.
- [6] Ishfaq, K., Maqsood M.A., Anwar, S., Alfaify, A., Zia, A.W., Analyzing micromachining errors in EDM of Inconel 600 using various biodegradable dielectrics, J Braz Soc Mech Sci Eng., 44, 249, 2022.
- [7] Bhadauria, G., Jha, S.K., Roy, B.N., Dhakry, N.S., Electrical-discharge machining of tungsten carbide (WC) and its composites (WC-Co)-A review, Materials Today: Proceedings, 5, 24760–9, 2018.
- [8] Ahmed, N., Anwar, S., Ishfaq. K., The potentiality of sinking EDM for micro-impressions on Ti-6Al-4V: keeping the geometrical errors (axial and radial) and other machining measures (tool erosion and work roughness) at minimum, Sci Rep 9(1):1–18, 2019.
- [9] Senthilkumar, T.S. and Muralikannan, R., Enhancing the geometric tolerance of aluminium hybrid metal matrix composite using EDM process, J Braz Soc Mech Sci Eng., ;41,1-15, 2019.
- [10] Klocke, F., Zeis, M., Klink, A., Veselovac, D., Technological and economical comparison of roughing strategies via milling, sinking-EDM, wire-EDM and ECM for titanium- and nickel-based blisks, CIRO J Manuf Sci Technol., 6,198-203, 2013.
- [11] Carlini, G.C., Moura, C.R., Amorim, F.L., On geometrical characteristics of WC-Co round cavities after ED-machining with different grades of CuW electrodes, Materials Research, 23(2), 2020.
- [12] Selvarajan, L., Sathiya Narayanan, C., Jeyapaul, R., Manohar, M., Optimization of EDM process parameters in machining Si₃N₄–TiN conductive ceramic composites to improve form and orientation, Measurement, 92,114–129, 2016.
- [13] Ishfaq, K., Farooq, M.U., Pruncu, C.I., Reducing the geometrical machining errors incurred during die repair and maintenance through electric discharge machining (EDM), The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,117,3153–3168, 2021.
- [14] Kunieda, M. and Kobayashi, T., Clarifying mechanism of determining tool electrode wear ratio in EDM using spectroscopic measurement of vapor density, Journal of Materials Processing Technology, 149 (1),284–288,2004.
- [15] Kumar, M., Datta, S., Kumar, R., Electro-discharge machining performance of Ti–6Al–4V alloy: studies on parametric effect and phenomenon of electrode wear, Arabian Journal For Science And Engineering, 44 (2), 1553–1568, 2019.
- [16] Perumal, A., Kailasanathan, C., Stalin, B., Rajkumar, P. R., Gangadharan, T., Venkatesan, G., Evaluation of EDM process parameters on titanium alloy through Taguchi approach, Materials Today: Proceedings, 45, 2394–2400,2021.
- [17] Çakıroğlu, R. and Günay, M., Comprehensive analysis of material removal rate, tool wear and surface roughness in electrical discharge turning of L2 tool steel, Journal of Materials Research and Technology,9,7305–17, 2020.

YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (HDPE) PLASTİK ATIKLARIN SERYUM DİOKSİT İLE YENİ BİR POLİMER NANOKOMPOZİT OLARAK YENİDEN KULLANILMASI

Prof. Dr. DELİA TERESA SPONZA

Dokuz Eylül Üniversitesi,
delya.sponza@deu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4013-6186

Post. Dr. RUKİYE ÖZTEKİN

Dokuz Eylül Üniversitesi,
rukiyeoztekin@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-1910-7348

ÖZET

Yeni bir polimer nanokompozit üretmek için yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) plastiğin seryum dioksit (CeO_2) ile yeniden kullanımı gerçekleştirildi. Bu nanokompozit bazı ambalaj malzemelerinin üretiminde bileşen olarak kullanıldı. HDPE-CeO nanokompozitinin mikro yapısı, taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi, enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS) analizi ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi ve Termogravimetrik analiz (TGA) ile karakterize edildi. HDPE ve CeO konsantrasyonlarının, zaman, sıcaklık ve nanokompozit konsantrasyonlarının ambalaj malzemesinin fiziksel ve termal özelliklerine etkisi araştırıldı. Artan güneş ışığı gücünün (9, 15, 25, 30 ve 40 W/m^2), fotooksidasyon süresinin (10 dk, 20, 30 ve 40 dk), pH'nın (6.0, 7.0 ve 8.0), sıcaklığın (22°C, 35°C ve 45°C) etkileri, seryum dioksit (2, 4, 6, 8 ve 10 mg/l) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) (100, 200, 500, 800, 1000, 1200 ve 1400 mg/l) konsantrasyonlarının fotodegradasyona etkisi HDPE verimleri araştırıldı. Nanokompozitin yüzey özellikleri XRD, SEM ve FTIR analizleri ile araştırıldı. HDPE'nin maksimum ışıkla bozunma verimi (%99) için optimum çalışma koşulları 30 W/m^2 UV gücü, 30 dakika ışıkla bozunma süresi, pH=8.0, 35°C sıcaklık, 2 mg/l CeO_2 nanokompozit ve 1200 mg/l HDPE konsantrasyonuydu.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Yoğunluklu Polietilenin (HDPE) Geri Dönüşümü, Plastik atıklar, Seryum dioksit, Polimer nanokompozit.

REUSE OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PLASTIC WASTES WITH CERIUM DIOXIDE AS A NEW POLYMER NANOCOMPOSITE

Prof. Dr. DELİA TERESA SPONZA

Dokuz Eylül University,
delya.sponza@deu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4013-6186

Post. Dr. RUKİYE ÖZTEKİN

Dokuz Eylül University,
rukiyeoztekin@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-1910-7348

ABSTRACT

Reuse of high-density polyethylene (HDPE) plastic with cerium dioxide (CeO_2) was performed to produce a new polymer nanocomposite. This nanocomposite was used as a component in the producing of some packaging materials. The microstructure of the HDPE-CeO nanocomposite was characterized by scanning electron microscopy (SEM) analysis, energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) analysis and X-ray diffraction (XRD) analysis and Thermogravimetric analysis (TGA). The effects of HDPE and CeO concentrations, time, temperature and nanocomposite concentrations on the physical and thermal properties of the packaging material was investigated. The effects of increasing sun light power (9, 15, 25, 30 and 40 W/m^2), photooxidation time (10 min, 20, 30 and 40 min), pH (6.0, 7.0 and 8.0), temperature (22°C, 35°C and 45°C), cerium dioxide (2, 4, 6, 8 and 10 mg/l) and high-density polyethylene (HDPE) (100, 200, 500, 800, 1000, 1200 and 1400 mg/l) concentrations on the photodegradation yields of HDPE was investigated. The surface properties of the nanocomposite was investigated by the XRD, SEM and FTIR analysis. For maximum photodegradation yields of HDPE (99%) the optimum operational conditions were 30 W/m^2 sun light power, 30 min photodegradation duration, pH=8.0, 35°C temperature, 2 mg/l CeO_2 nanocomposite and 1200 mg/l HDPE concentration.

Keywords: Recycling of High-density Polyethylene (HDPE), Plastic wastes, Cerium dioxide, Polymer nanocomposite.

1. INTRODUCTION

Environmental sustainability is very important to protect the natural resources and meet the quality standards given by authorities (Goodland, 1995). Sustainability is utilized while a resource is depleted or damaged. There are a lot of procedures providing the sustainability ratio or percentages (Vezzoli, 2018). Three main sustainability procedures are extensively used namely reducing, reusing and recycling. These main rules is used to detect and plan the priorities to protect the environment and natural sources. It is very important to minimize the wastes generated from municipalities and from industries. Therefore, the aim should be to produce the minimal waste by by reusing of raw materials with high economical merits. By reusing the wastes energy can be saved. This lowered the greenhouse emissions to the environment. By developing renewable energy procedures and technologies the wastes should be reused again to minimize the treatment cost. Recycling is a procedure containing removing of waste it is generated, unless it can be reusing. Recycling waste which is going to be sent to landfill can be converted into new or raw substances. An effective recycling can be carried out by grouping of wastes according to raw substances. The waste of a treated substance can be transformed into a completely new version of the used substrate. For example, from used glass reactors new glass reactors can reused or recycled (Mayr and Varvakis, 2008; Veiga et al., 2008; Kumar et al., 2011; Mahat et al., 2016; Palmeira and Musso, 2020).

Plastic materials can be extensively used in every field (Yang et al., 2005; Mayr and Varvakis, 2008). Plastic were advantageous raw material which can be easily processed and can be converted into many products (Dinesh et al., 2016; Botha et al., 2023). The plastic materials can be used as co-material in the building and construction industries. Plastic wastes not only harmful to the environment they also cause adverse health problems by affecting the residents, touristic and rainwater distributing processes (Abota, 2012; Kumi-Larbi Jnr et al., 2018). Therefore, it is very important to prevent plastic pollutions from uncontrollable limits. A current and utilizable "plastic waste management system" must be taken into consideration (Khangale et al., 2020). The problems cause to the environmental and health problems originated from plastic wastes was increased in world wide (Adeniran and Shakantu, 2022). Approximately 12,000 m³ tonnes of plastic waste will be generated by 2050. Now, the plastic wastes was disposed inappropriately in landfills and in environments (Geyer et al., 2017). This indicates that a very important environmental problem was detected in a global scale due to accumulation of plastics and not biologically degradable plastics (Godfrey and Oelofse, 2017; Godfrey and Oelofse, 2017). Disposal of plastic waste causes air pollution since they cannot biodegraded in the environment and can emit toxic gases when burned. This cause to serious environmental problems ending with a life-threatening risk to living organisms and humans (Verma et al., 2016; Jain et al., 2020).

High-density polyethylene (HDPE) polymer is extensively used due to its structure, durability and versatile utilization in different applications (Saiprasad and Nagendra, 2019). The thermoplastic HDPE is used extensively at different sites like plastic bottles, shampoo bottles, cutting boards and pipes. Many researchers mentioned that the modification of HDPE plastics using different metal oxides such as CaCO₃ (Gorna et al., 2008; Sahebian et al., 2009; Yuan et

al., 2010; Mohamed et al., 2011), clay (Minkova and Filippi, 2011; Moussa et al., 2021), fiber (Yemele et al., 2010), rice (Ahmad et al., 2012), Cu-nanofiber (Grigoriadou et al., 2013), titanium dioxide (TiO₂) (Olmos et al., 2009; Dong et al., 2011), and nickel (Ni) (Krupa et al., 2013). Thermoplastic plastics due to their special properties like resistance to corrosion, low density and high strength they are more advantageous compared to aluminum (Al) and other metals (Mano, 2003; Mishra et al., 2005; Schulz, 2006; Van Krevelen and TeNijenhuis, 2009; Turi, 2012). Plastic waste generates high environmental pollution and contributes affect negatively the aquatic ecosystem (Derraik, 2002; Silviyati et al., 2020; Elloumi et al., 2018). Incorporation of recycled HDPE plastics into buildings and construction contributes significantly to mechanical strength (Grady, 2021; Silviyati et al., 2020). By binding of these plastics to nanocomposites provides good disposal and minimize the plastic pollution (Suganya et al., 2018).

Cerium oxide (CeO₂) is a ionic semiconductor with a band gap energy of 3.12 eV (Prabaharan et al., 2016). CeO₂ is a promising sensing material with significant advantages such as large surface area, redox properties, chemical inertness, non-toxic and biocompatibility advantageous (Irinel et al., 2013; Sangili et al., 2018). The strongly acidic regions on the surrounding of CeO₂ nanoparticles provides their use extensively in catalytic and photocatalytic proceseses (Manoj et al., 2021). CeO₂ nanocrystal has the fluorite crystal structure with space group *Fm3m* and the cell parameters of 0.5411 nm ($a = b = c$). In the CeO₂ unit cell, each Ce⁴⁺ is coordinated with eight adjacent O²⁻ to form an octahedral interstitial, and each O²⁻ is coordinated with four adjacent Ce⁴⁺ to form a tetrahedral unit (Aneggi et al., 2020). The unfilled 4f orbital and abundant electronic energy levels endow CeO₂ to have a great potential in catalysis. The electronic structure of Ce is [Xe] 4f¹5d¹6s², where Ce³⁺ and Ce⁴⁺ are able to exist steadily and convert to each other easily. The multivalence property of CeO₂ will offer the opportunity to generate strong interactions with other components in catalysts and thereby enhance the performance of electrocatalysts and photocatalysts (Bellardita et al., 2020). In addition, the unique crystal structure and reversible valence characteristics of CeO₂ enable the formation of oxygen vacancies to generate a defect-rich structure, which determines the excellent catalytic performance. Oxygen vacancy, derived from Ce⁴⁺ to Ce³⁺ reduction conversion or lattice oxygen migration, has a great influence on the electronic and chemical properties of CeO₂. In the catalysts, oxygen vacancy not only anchors active component nanoparticles or clusters but also regulates the electronic structure of catalysts (Kabir et al., 2020). It also has impact on the bandgap, light-harvesting, and electron-hole pair recombination of catalysts, which closely related to photocatalytic activity. Moreover, the high stability of CeO₂ in both acidic and alkaline environments is also favored to electrocatalytic process. Based on the unique physical and chemical properties of CeO₂, tuning the size, structure, and exposed crystal planes is a promising strategy to construct the high-efficient CeO₂-based electrocatalysts and photocatalysts. This field is developing rapidly and a timely review on both electrocatalysts and photocatalysts in energy conversion is great of meaningful (Huang et al., 2020). In photocatalysis, holes (h⁺) and electrons (e⁻) are separated to drive oxidation and reduction independently. The fast recombination of the h⁺ and e⁻ has become a major challenge to provide effective materials in photocatalysis. To overcome this, defects in materials have been helpful

and showed excellent responses (Castano et al., 2020; Finny et al., 2020; Shcherbakov et al., 2020).

HDPE has very important application areas as an engineering material due to its excellent properties such as very low relative permittivity ($\epsilon_r \approx 2.6$ at 1 MHz), low dielectric loss ($\tan \delta \approx 10^{-4}$ at 1 MHz), good chemical resistance, and insulating properties. HDPE plastic materials appear in a wide variety of usage areas in our daily lives. It can be produced in a wide variety of features depending on the place of use; It further increases the use of HDPE materials. One of the advantages of HDPE materials is; They have higher chemical resistance compared to metals. On the other hand, some change in mechanical properties can be observed as a result of thermal effects. Detecting and revealing these mechanical properties is also of great importance. Ghanadi and Padhye, (2024) investigated the effect of boron nitride content, particle size of HDPE and temperature on the thermal conductivity of HDPE-boron nitride nanocomposites (NCs). Wan et al., (2023) reported the influence of material parameters and processing conditions on the foam morphologies and mechanical properties of HDPE clay NCs. However, in electrical applications, Ceria (CeO_2) has been observed to have good dielectric and thermal properties (Golmohammadi et al., 2023). CeO_2 has a relative permittivity of 23, dielectric loss is less than 0.0001 at 7 GHz, and has polymer NCs. CeO_2 -filled HDPE for high frequency applications; The possibility of using it as a substrate material was investigated for the first time (Golmohammadi et al., 2023).

In this study, the reuse of HDPE plastics with CeO_2 was examined to produce a new polymer nanocomposite. The microstructure of the HDPE/ CeO_2 NCs was characterized by SEM, EDS, XRD and TGA analyses. The effects of increasing sun light power (9, 15, 25, 30 and 40 W/m^2), photooxidation time (10 min, 20, 30 and 40 min), pH (6.0, 7.0 and 8.0), temperature (22°C, 35°C and 45°C), CeO_2 (2, 4, 6, 8 and 10 mg/l) and HDPE (100, 200, 500, 800, 1000, 1200 and 1400 mg/l) concentrations on the photodegradation yields of HDPE was investigated. The surface properties of the HDPE/ CeO_2 NCs was investigated by the XRD, SEM and FTIR analysis.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

2.1. Preparation of HDPE/ CeO_2 NCs

HDPE particles were mixed with CeO_2 under a pressure of 10 MPa and at a temperature of 240°C for 20 min. The dimensions of the disk samples are 32 mm in diameter and 9 mm in height, respectively. All disk samples were polished before the test in order to obtain a smooth surface with a roughness of about 109 nm (VK-X1000, KEYENCE, Japan). The Si_3N_4 ball with 10 mm diameter was chosen as a friction pair in this study because it has excellent wear resistance compared with softer materials during friction and has few effect on the tribological performances of polymers. The Si_3N_4 ball had a mean S_a of approximately 40 ± 10 nm (VKX1000, KEYENCE, Japan).

2.2. Aging Treatment

Disc samples subjected to aging after production; surface polishing process was applied. The samples were placed in the incubator and the aging temperature was set at 80°C (Dai et al., 2017). After aging treatment, the HDPE before and after aging was tested by XRD.

2.3. Experimental Apparatus and Sliding Wear Tests

All sliding friction tests were carried out on a commercial wear test apparatus (MFT-5000, RTEC, USA). CeO₂ ball was maintained stationary at top, the specimens were driven with 10 mm reciprocating stroke by a reciprocating motor. The constant load of 40 N and constant reciprocating frequency of 1 Hz (0.021 m/s) were set. The modified HDPE with 0.0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% and 1.0% CeO₂ were chosen to investigate the effects of mass content of CeO₂ on HDPE tribological properties under waterlubricated conditions, and the experimental period was 1200 seconds (20 min). To investigate the dependence of aging time on wear behavior; Different aging periods of 0 days, 5 days, 10 days, 15 days, 20 and 25 days were set. All tests were repeated three times to ensure the universality of the experimental results, and the new CeO ceramic ball and disk sample were used before each new test.

2.4. Photodegradation Measurements

The samples were equipped with an AM 1.0 global (G) air mass filter to remove infrared radiation; then irradiated with a sunlight simulator (Newport/Oriel Sol3A Class AAA Solar Simulator, Model 94043A, 150 mW/cm²) equipped with a water filter.

2.5. Physicochemical Characterization

The surface topographies of the tested samples were examined using Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM) (VX-X1000, KEYENCE, Japan) and the micromorphology of the samples was examined and observed. The morphological features and structure of the synthesized catalyst were investigated by SEM (FESEM, Hitachi S-4700). To investigate the composition of the elements, present in the synthesized HDPE/CeO₂ NCs; SEM images were used. To investigate the morphological properties and structure of the synthesized catalyst and the composition of the elements present in the synthesized catalyst; an EDS spectrometry instrument (TESCAN Co., Model III MIRA) was used. Powder XRD patterns were recorded on a Shimadzu XRD-7000, Japan diffractometer using Cu K α radiation ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$, 40 kV, 40 mA) at a scanning speed of 1°/min in the 10-80° 2 θ range. Raman spectrum was collected with a Horiba Jobin Yvon-Labram HR UV-Visible NIR (200-1600 nm) Raman microscope spectrometer, using a laser with the wavelength of 512 nm. The Raman spectrum was collected from 10 scans at a resolution of 2 /cm. The zeta potential was measured with a SurPASS Electrokinetic Analyzer (Austria) with a clamping cell at 300 mbar. The FTIR spectra of samples was recorded using the FT-NIR spectroscope (RAYLEIGH, WQF-510). Experimental HDPE/CeO₂ NCs samples were scanned using infrared light, and their chemical properties were measured in FTIR spectra. HDPE/CeO₂ NCs were examined by TGA and DSC analyzes performed using a Mettler TGA/SDTA 851e (Columbus, Ohio, OH, USA) instrument. 5 mg samples were heated from room temperature (25°C) to 700°C in an N₂(g) atmosphere at heating rates of 10°C/min., 15 and 20°C/min. Then, TGA and DSC analyzes were performed simultaneously. TGA was conducted on the samples to observe the mass loss with an increase

in temperature, utilizing a ramping rate of $10^{\circ}/\text{min}$ with $\text{N}_2(\text{g})$ as the test environment. DSC was employed to quantify the energy absorbed or dissipated during the testing of the samples. Mettler Toledo Star Software was used for evaluating the data. The experiments were repeated three times and the average values of the parameters were taken to ensure the best fit and standard deviations.

3. RESULTS AND EVALUATION

3.1. Coefficients of friction (COF) of HDPE/CeO₂ NCs

Image 1(a) displayed the COF curves of the HDPE composites with different mass contents of CeO nano-fillers at 1 Hz and 40 N for 1200 s. While the COF of pure HDPE was around 0.056, after changing the COF curve with 0.1% CeO₂, the COF of HDPE decreased to about 0.05. Besides, with the mass content of CeO₂ increased, the composite's COF values fell down and reached to 0.039 in 0.5% modification of CeO₂, but the COF marginally climbed to 0.041 since be added 1% CeO₂. In addition, the average COF results were displayed in Image 1(b) by averaging the whole COF values in the testing period. It was observed that the average COF of HDPE composites decreased to the minimum value at 0.039 at 0.5% CeO₂ modification, then showed a slight increase and increased up to 0.042 at 1% CeO₂ modification. The results shown here can prove that the addition of CeO₂ will sharply reduce the COF behaviors of HDPE composite; Here, it was observed that there was a maximum COF reduction of 33% compared to the COF value of pure HDPE.

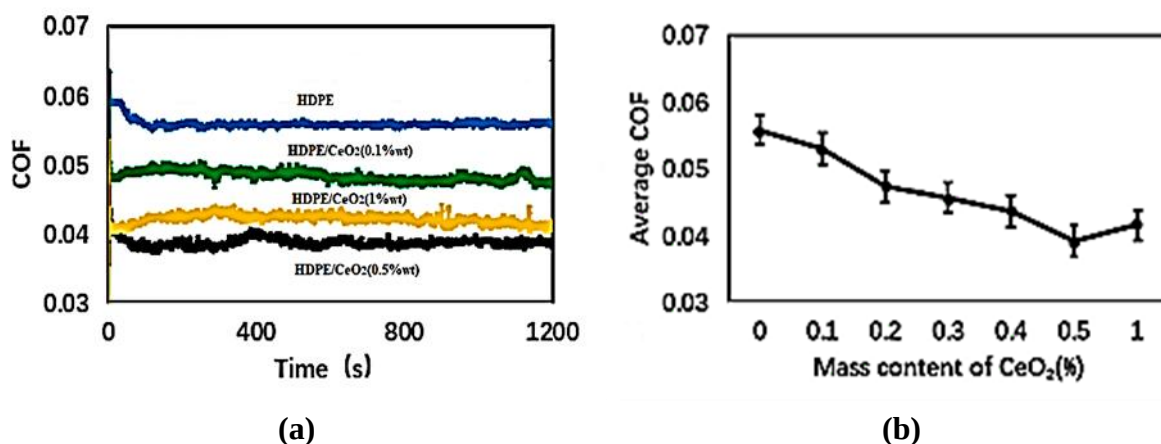


Image 1. The results of COF curves of (a) four different HDPE composites [pure HDPE, HDPE/CeO₂(0.1%wt), HDPE/CeO₂(0.5%wt), HDPE/CeO₂(1%wt), and (b) Average COFs of modified HDPE composites with different mass contents of CeO₂.

3.2. SEM Analysis Results

Image 2(a) showed that after 10 min of photooxidation time, the wear surface of the composite modified with 1% CeO₂ had obvious wear and deformation on the surface. In Image 2(b), it is seen that after 20 min of photooxidation time, the wear and deformation on the wear surface of the composite modified with 1% CeO₂ became more obvious. When the photooxidation time reached 30 min, the crack and deformation on the surface of the 1% CeO₂ modified composite were very severe, as shown in Image 2(c). As a result, the COF value also increased. When the

photooxidation time reached 40 min, the plough on the surface became more obvious as shown in Image 2(d), resulting in the COF increasing slightly further. It can be seen from Image 2 that the surface deformation of the material was alleviated by the modification treatment to a certain extent, but the plough on the material surface increased. An appropriate modification ratio could reduce the wear degree of friction surface.

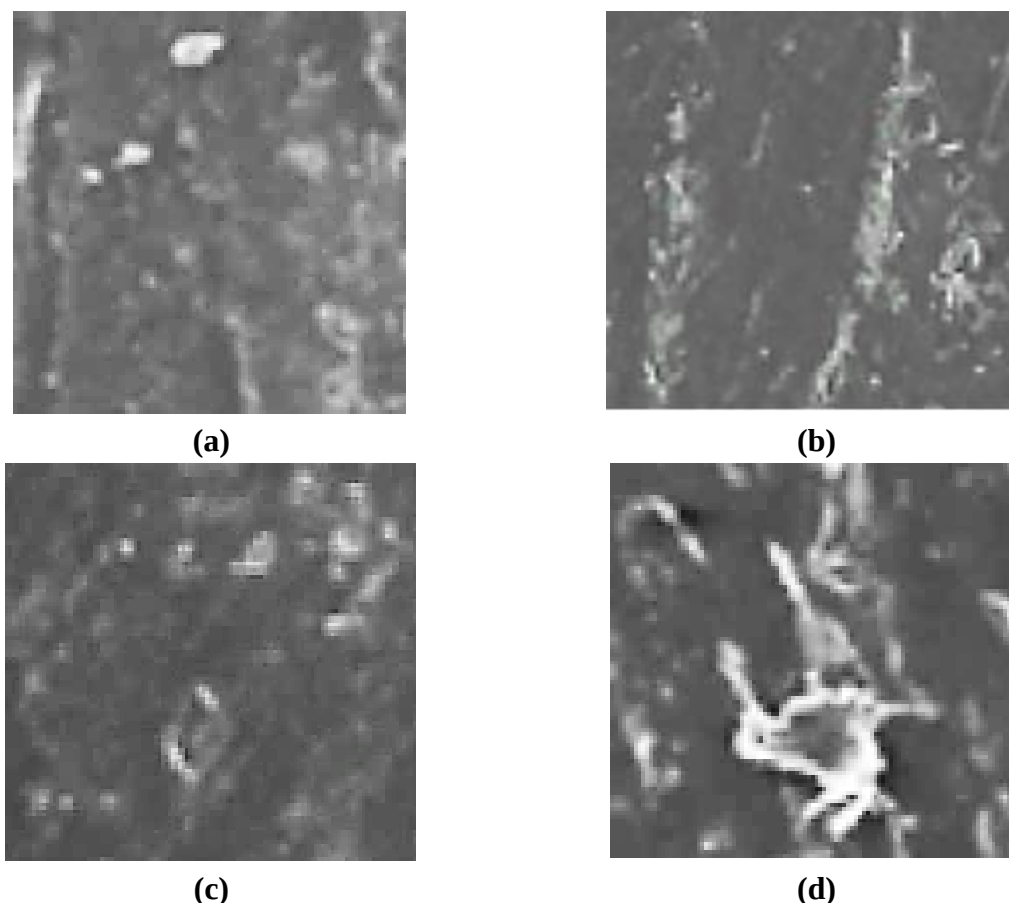


Image 2. SEM Results of HDPE/CeO₂ NCs for the Surface Deformation of the Material after (a) 10 min, (b) 20 min, (c) 30 min, and (d) 40 min Photooxidation Times, respectively. (SEM image size: 100 μm).

HDPE composites composed with CeO₂ were manufactured and tested on a commercial tribometer. The results showed that the CeO₂ NPs had a significant effect on the anti-aging property of HDPE and affected its tribology properties. Compared with the pure HDPE, CeO₂ NPs could reduce the COF after aging, and the COF reduction rate reached maximum to 60% after aging for 25 d. CeO₂ NPs reduced the internal molecular chain breaks of the modified polymer under aging conditions, which also slowed down the decreasing trends of the typical physical properties of the polymer. The tribology properties of the modified polymer were improved by CeO₂ NPs compared to pure HDPE and were finally described as reinforcement model.

3.3. EDS Analysis Results

The EDS analysis was used to confirm the presence of CeO_2 in the HDPE composite and the result is shown in Image 3. The EDS curves shown in Image 3 could be used as supplement to prove the above results, in which displayed the typical elemental peaks of Ce and O on the curve.

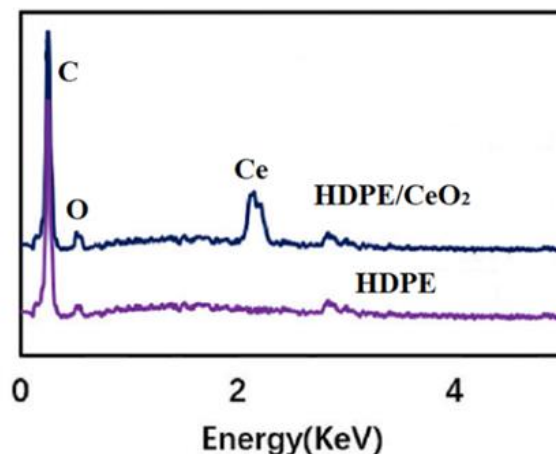


Image 3. EDS Spectra of HDPE- CeO_2 NCs and HDPE composites

3.4. XRD Analysis Results

Image 4 proved that the typical peak (111) in XRD curve individually belonged to the CeO_2 in the HDPE composite. The characterization peaks were measured at 2θ values of 29.70° and 36.82° , respectively, corresponding to the (120) and (102) planes of implying HDPE composite with photodegradation process for HDPE removal after 30 min photooxidation time (Image 4). The characterization peaks were obtained at 2θ values of 28.08° , 30.22° , and 37.75° , respectively, corresponding to the (110), (021), and (220), respectively, implying CeO_2 NPs with photodegradation process for HDPE removal after 30 min photooxidation time (Image 4). The characterization peaks were found at 2θ values of 28.27° , 30.36° , and 38.11° , respectively, corresponding to (011), (111), and (202), respectively, implying HDPE/ CeO_2 NCs with photodegradation process for HDPE removal after 30 min photooxidation time (Image 4). Above tested results could verify that the CeO_2 NPs existed in the HDPE composite (Image 4).

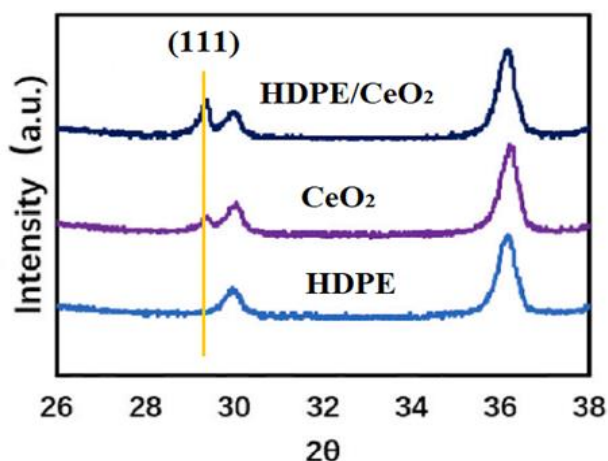


Image 4. XRD Patterns of HDPE/CeO₂ NCs, CeO₂ NPs and HDPE composites

3.5. TGA and DSC Analyses Results

The recycled HDPE composites appeared to be thermally stable in its structure and weight until 390°C in Image 5. The HDPE composites began to lose weight gradually after 390 until 450°C. There was a sudden and significant decrease in weight from 450 to 500°C. The major loss of weight in HDPE composites was noticed in the temperature range of 390–500°C where over 90% of its weight was decomposed (Image 5). One of the reasons for this change could be the burning of the HDPE composites. Two main endothermic peaks were identified at 135 and 485°C due to the plastic melting and burning (Image 5). These observations were similar to the studies conducted by Sustaita-Rodríguez et al. (2019) and Chrysafi et al. (2022).

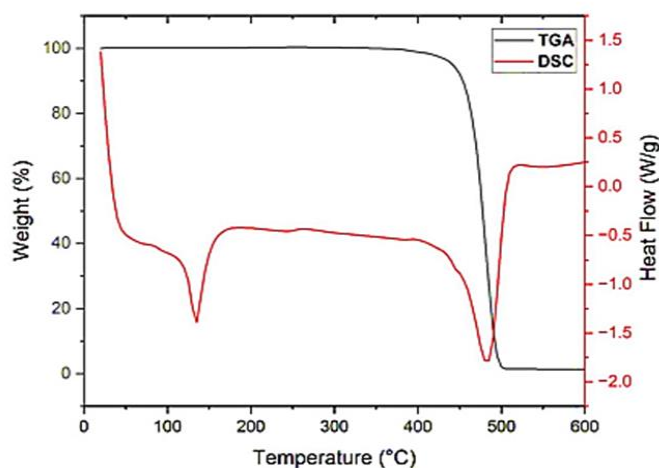


Image 5. TGA and DSC Analyses Result of HDPE composites

Image 6 shows the thermal profile of the CeO₂ NPs which was conducted at 1000°C. A small percentage (0.16%) mass of CeO₂ NPs was lost between 0°C and about 125°C as a result of water evaporation. The greatest loss of weight in the CeO₂ NPs of 0.31% was recorded in the temperature range of 230–660°C and a clear multistage decomposition process was noted (Image 6). This may have resulted due to some impurities in the CeO₂ NPs for example salts,

and organic matter. At nearly 665°C, the weight of the CeO₂ NPs began to stabilize and lose weight slowly as the temperatures increased. The CeO₂ NPs was thermally stable up to 1000°C since only 0.53% of its mass was lost (Image 6). It was observed that there was one endothermic reaction at 45°C which could be as a result of water vapor (Meradi et al., 2015).

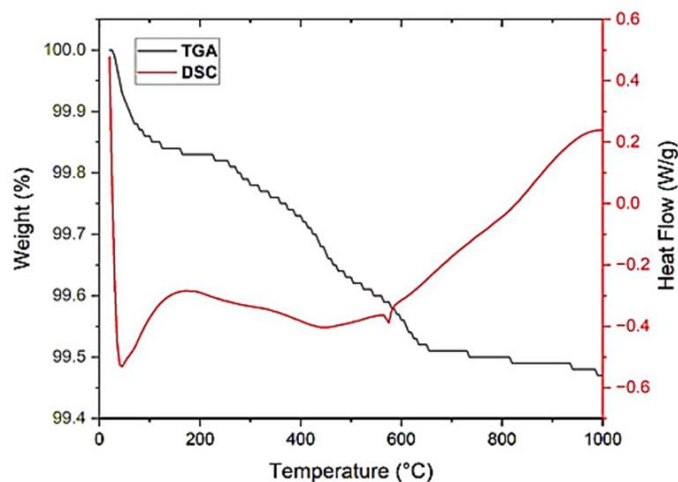


Image 6. TGA and DSC Analyses Result of CeO₂ NPs

Both TGA and DSC analysis measurements provide valuable and guiding information about specific end-use application, predict product performance, and improve product quality. This technique is mainly used to estimate the thermal stability and to estimate the lifetime of the product (El-shazly et al., 2020).

3.6. FTIR Analysis Results

The FTIR spectrum of HDPE/CeO₂ NCs were determined after photodegradation process for HDPE composites removal (Image 7). The main peaks of FTIR spectrum for CeO₂ NPs was observed at 3654 cm⁻¹, 1633 cm⁻¹, 1325 cm⁻¹ and 617 cm⁻¹ wavenumber, respectively, after 30 min photooxidation time for HDPE composites removal (Image 7a). The main peaks of FTIR spectrum for HDPE/CeO₂ NCs was obtained at 3657 cm⁻¹, 2980 cm⁻¹, 1620 cm⁻¹, 1250 cm⁻¹, 1129 cm⁻¹, 1050 cm⁻¹, 816 cm⁻¹ and 613 cm⁻¹ wavenumber, respectively, after 30 min photooxidation time for HDPE composites removal (Image 7b).

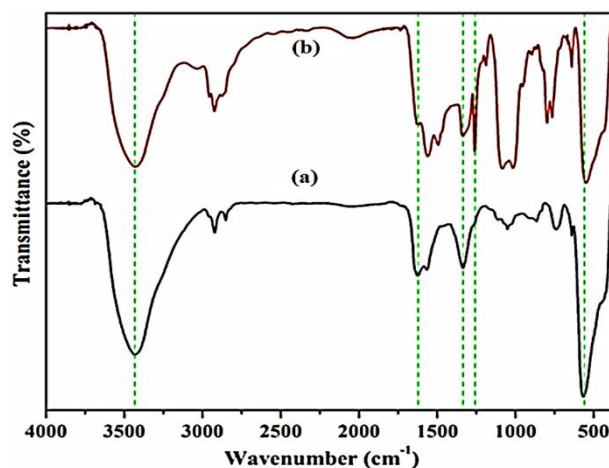


Image 7. FTIR spectrums of (a) CeO₂ NPs and (b) HDPE/CeO₂ NCs

3.7. Effect of some Operational Conditions on the Removal HDPE under Photodegradation Process

The effects of increasing sun light power, photooxidation time, pH, temperature, CeO₂ and HDPE concentrations on the photodegradation yields of HDPE was investigated with HDPE/CeO₂ NCs under photodegradation process (Chart 1).

Chart 1. Operational Conditions with HDPE/CeO₂ NCs under Photodegradation Process

Parameters	Operational Conditions							
	Units	Values						
Sun light power	W/m ²	9	15	25	30	40		
Photooxidation time	min	10	20	30	40			
pH		6.0	7.0	8.0				
Temperature	T ^o (C)	22	35	45				
Cerium dioxide (CeO ₂) conc.	mg/l	2	4	6	8	10		
HDPE conc.	mg/l	100	200	500	800	1000	1200	1400

3.8. Effect of Sun Light Power on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing sun light powers (9, 15, 25, 30 and 40 W/m²) on the HDPE photodegradation yields were examined with HDPE/CeO₂ NCs (Chart 2). 54%, 72%, 80% and 97% HDPE photodegradation yields were detected with HDPE/CeO₂ NCs for 9 W/m², 15 W/m², 25 W/m² and 40 W/m² sun light powers, respectively (Chart 2). Maximum 99% HDPE photodegradation removal efficiency was observed under photodegradation process with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs at 30 W/m² sun light power (Chart 2).

Chart 2. Effect of Sun Ligth Power on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Sun Light Power (W/m ²)	HDPE Removal Efficiency (%)
9	54
15	72

25	80
30	99
40	97

The performance of photocatalytic degradation of HDPE plastics with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs significantly depends on the energy provided by irradiation of light. As a result of energy provided by irradiation, positive holes and electrons are formed in the valence band and conduction band of the photocatalysts. The formation of positive holes and electrons can only be produced when the energy of radiations is greater than or equal to the band gap energy of the photocatalysts. The intensity of radiation plays an important role in photocatalytic performance. In our study, the maximum 99% HDPE photodegradation yields was detected under photodegradation process with HDPE/CeO₂ NCs at a sun light power of 30 W/m² (Chart 2).

3.9. Effect of Photooxidation Time on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing photooxidation times (10 min, 20 min, 30 and 40 min) on the photodegradation yields of HDPE was investigated with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs (Chart 3). 80%, 95% and 98% HDPE photodegradation yields were obtained with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs for 10 min, 20 min and 40 min photooxidation times, respectively (Chart 3). 99% maximum HDPE photodegradation removal efficiency was observed HDPE/CeO₂ NCs at 30 min photooxidation time (Chart 3).

Chart 3. Effect of Photooxidation Times on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Photooxidation Time (min)	HDPE Removal Efficiency (%)
10	80
20	95
30	99
40	98

It has been found that during the first 10 min irradiation, the degradation rate was not high, reaching 99% after 30 min irradiation. Then, the degradation rate remained as in at 30 min. The large degradation rate at the start of the process is caused by the optimum amount of the HDPE/CeO₂ NCs (2 mg/l) on the surface of the nanocomposite. The photodegradation rate is then reduced after 40 min irradiation time because of photocatalyst consumption.

3.10. Effect of pH on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing pH values (6.0, 7.0 and 8.0) on the photodegradation yields of HDPE with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs was investigated (Chart 4). 76% and 85% HDPE photodegradation yields were measured with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs at pH=6.0 and pH=7.0, respectively (Chart 4). 99% maximum HDPE photodegradation removal yield was obtained with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs at pH=8.0 (Chart 4).

Chart 4. Effect of pH on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

pH Values	HDPE Removal Efficiency (%)
6.0	76
7.0	85
8.0	99

The pH of HDPE plastics is also an important factor affects the photodegradation performance. The pH of HDPE plastics significantly affects the electrostatic interactions between HDPE/CeO₂ NCs and HDPE plastics during photodegradation process. The maximum HDPE photodegradation yield was detected at pH=8.0 as 99% with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs (Chart 4). The effect of pH on the photocatalytic reaction can be explained by the surface charge of HDPE/CeO₂ NCs. Under acidic conditions, surface of HDPE/CeO₂ NCs is positively charged. HDPE plastics were adsorbed to the surface of HDPE/CeO₂ NCs, thus strongly allowing hydroxyl radicals (OH[•]) to more easily attack the HDPE plastics. The higher HDPE yield was obtained at a pH of 6.0. This result could be attributed to more HDPE molecules adsorbtion on the surface of HDPE/CeO₂ NCs and reacting with free radicals at lower pH level.

3.11. The Effect of Temperature on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing reaction temperatures (22°C, 35°C and 45°C) were examined to HDPE photodegradation yields with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs (Chart 5). 82% and 95% HDPE photodegradation yields were obtained with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs at 22°C and 45°C, respectively (Chart 5). 99% maximum HDPE photodegradation removal yield was found with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs at 35°C (Chart 5).

Chart 5. Effect of Temperature on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Temperature (°C)	HDPE Removal Efficiency (%)
22	82
35	99
45	95

The photodegradation process is very sensible to changes in temperature. This correlates with the results of this study, which shows that high temperature positively affects the photodegradation yield. The highest temperature did not corresponds to the optimal degradation rate. For maximum HDPE photodegradation yields the optimum temperature was found to be as 35°C. This is due to the fact that optimal thermal energy is available for molecules at optimum temperatures, as well as sufficient energy to react.

3.12. Effect of CeO₂ NPs Concentrations on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing CeO₂ NPs concentrations (2 mg/l, 4 mg/l, 6 mg/l, 8 and 10 mg/l) on the HDPE photodegradation yields was examined with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs (Chart 6). 95%,

86%, 75% and 61% HDPE photodegradation yields were measured 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs for 4 mg/l, 6 mg/l, 8 mg/l and 10 mg/l CeO₂ NPs concentrations, respectively (Chart 6). 99% maximum HDPE photodegradation removal yield was observed with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs (Chart 6).

Chart 6. Effect of CeO₂ NPs Concentrations on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

CeO ₂ NPs Concentration (mg/l)	HDPE Removal Efficiency (%)
2	99
4	95
6	86
8	75
10	61

The concentration of CeO₂ NPs greatly affects the performance of photocatalytic degradation of HDPE plastics. Generally, the rate of a reaction increases with an increase in the concentration of reactants but the performance of photocatalytic degradation of HDPE decreases with an increase in the initial concentration of CeO₂ NPs due to the following reasons: As the concentration of CeO₂ NPs is increased, the ratio of the active sites of the photocatalyst to the HDPE/CeO₂ NCs molecules decreases. As the concentration of CeO₂ NPs is increased, the ratio of OH[•] radicals to HDPE molecules decreases. The increased concentration of CeO₂ NPs results in absorption of light rather than its penetration to the surface of the catalyst. The maximum HDPE photodegradation yield was detected as 99% at a constant CeO₂ NPs concentration of 2 mg/l with HDPE/CeO₂ NCs (Chart 6).

3.13. Effect of HDPE Concentrations on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

Effect of increasing HDPE concentrations (100 mg/l, 200 mg/l, 500 mg/l, 800 mg/l, 1000 mg/l, 1200 and 1400 mg/l) were examined for HDPE photodegradation yields with HDPE/CeO₂ NCs (Chart 7). 46%, 57%, 71%, 84%, 92% and 98% HDPE photodegradation yields were obtained under photodegradation process with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs for 100 mg/l, 200 mg/l, 500 mg/l, 800 mg/l, 1000 mg/l and 1400 mg/l HDPE concentrations, respectively (Chart 7). 99% maximum HDPE photodegradation removal yield was measured with 2 mg/l HDPE/CeO₂ NCs for 1200 mg/l HDPE concentration (Chart 7).

Chart 7. Effect of HDPE Concentrations on HDPE Photodegradation Yields with HDPE/CeO₂ NCs

HDPE Concentration (mg/l)	HDPE Removal Efficiency (%)
100	46
200	57
500	71
800	84
1000	92
1200	99

The photodegradation process is very sensible to the changes in HDPE concentrations. High HDPE concentrations positively affects the degradation rate. The highest HDPE concentration did not corresponds to the optimal degradation rate. For maximum HDPE photodegradation yields the optimum HDPE concentration was found to be as 1200 mg/l. This is due to the fact that optimal thermal energy is available for molecules at optimum HDPE concentrations, as well as sufficient energy to react.

3.14. Photodegradation Kinetic Mechanisms

In general, the photodegradation reaction followed the Langmuir–Hinshelwood mechanism and the reaction was apparently first-order kinetic model. This proposed mechanism was confirmed by the linear plots of $1/R$ vs. $1/C_0$: (Equation 1):

$$r_o = \frac{-dC}{dt} = kC \quad (1)$$

where; r_o : denotes the initial photodegradation reaction rate (mg/l.min), and k : denotes the rate constant of a first-order reaction. At the beginning of the reaction, $t = 0$, $C_t = C_0$, the equation can be obtained after integration as following (Equation 2):

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad (2)$$

where; C_0 and C : are the initial and final concentration (mg/l) of samples; the solution at t (min) and k (1/min) are the rate constant.

The pollutants photodegradation rate was found using a pseudo first-order reaction kinetic equation (Equation 3):

$$r = \frac{dC}{dt} = K_{app} t \quad (3)$$

where; K_{app} : is the apparent rate constant, C_0 : is the pollutant concentration before illumination and C_t : is the final concentration of the pollutant at time t .

where, r_o is the initial rate of reaction, K_{app} is the apparent rate constant for the process, and k is the photodegradation rate coefficient. A plot of reciprocal initial rate against the reciprocal of initial concentration gave a straight line.

4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In this study, the reuse of HDPE plastic with CeO_2 was carried out to produce a new polymer nanocomposite namely HDPE/ CeO_2 NCs to photodegrade HDPE plastics to product a packaging material. The microstructure of the HDPE/ CeO_2 NCs was characterized by SEM, EDS, XRD, FTIR and TGA analyses. Higher HDPE removal rates were obtained at acidic pH

values during photodegradation. At high HDPE, and low CeO₂ NPs concentrations results with low OH[•] productions. This inhibits the electron-hole recombination and it could not act as an alternative electron acceptor. For 99% maximum HDPE photodegradation yields the optimum operational conditions were measured as 30 W/m² sun light power, pH=8.0, 35°C temperature, 2 mg/l CeO₂ NPs and 1200 mg/l HDPE concentration after 30 min photodegradation duration, respectively. The results showed that the addition of CeO₂ NPs will sharply reduce the COF behaviors of HDPE/ CeO₂ NP composite. A maximum COF reduction of 33% was detected in HDPE/CeO₂ NCs compared to the COF value of pure HDPE composites. The photodegradation kinetic data was explained well with first-order rate reaction kinetic. The R² values was greater than 0.90 and the first-order rate constants (k) were determined from the slope of the linear plots between 1/R vs. 1/C₀. Both TGA and DSC analysis measurements showed that the recycled HDPE composites structure were thermally stable. HDPE/CEO₂ NCs is very durable, can be applied easily, is cost-effective and obtained high photocatalytic efficiencies. It can be recommended to be used as a potential nanocomposite to reuse the microplastics.

REFERENCES

1. Abota, C.A. *Recycling of Plastics Waste in Ghana: A Way to Reduce Environmental Problems/Pollutions*, Arcada University of Applied Sciences, Environmental Sciences, Plastics Technology Programme, Degree Thesis, Identification number: 12033, 42 pages, Helsinki, Finland, May 8, 2012.
2. Adeniran, A.A., Shakantu W. The Health and Environmental Impact of Plastic Waste Disposal in South African Townships: A Review, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 779, 2022.
3. Ahmad, I., Lane, C.E., Mohd, D.H., Abdullah, I. Electronbeam-irradiated Rice Husk Powder as Reinforcing Filler in Natural Rubber/High-Density Polyethylene (NR/HDPE) Composites, *Composites, Part B*, 43, 3069–3075, 2012.
4. Aneggi, E., de Leitenburg, C., Boaro, M., Fornasiero, P., Alessandro Trovarelli, A. 3- *Catalytic Applications of Cerium Dioxide*, In Book: *Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides*, 45-108, 2020.
5. Bellardita, M., Fiorenza, R., Palmisano, L., Scire, S. 4- *Photocatalytic and Photothermocatalytic Applications of Cerium Oxide-Based Materials*, In Book: *Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides*, 109-167, 2020.
6. Botha, N., Coetzer, R., Inglis, H.M., Labuschagne, F. Statistical Analysis of the Effect of Varying Material and Manufacturing Conditions on the Mechanical Properties of High-Density Polyethylene/Layered Double Hydroxide Composites, *SPE Polymer*, 4(4), 156-174, 2023.
7. Castano, C.E., Fahrenholtz, W.G., O'Keefe, M.J. 6- *Ceria-based Coatings and Pigments*, In Book: *Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides*, 211-257, 2020.
8. Chrysafi, I., Asimakidou T., Michailidou, G., Xanthopoulou E., Tziamtzi C.K., Zamboulis A., Bikiaris D. eds. *Characterization of the Thermal, Structural, and Mechanical Properties of Recycled HDPE*, *Macromolecular Symposia*, John Wiley & Sons, Wiley Online Library, vol.405, no.1, ISSN:1022-1360, Article number: 2100224 (3 pages), Greece, 2022.

9. Dai, J., Yan, H., Guo, J.J., Sang, L.Y., Wang, X.M. Effects of Crystallinity on Degradation Properties of Polyethylene by Thermo-Oxidation Aging, *Chinese Journal of Materials Research*, 31, 41–48, 2017.
10. Derraik, J.G. The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review, *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852, 2002.
11. Dinesh, S., Dinesh, A., Kirubakaran, K. Utilisation of Waste Plastic in Manufacturing of Bricks and Paver Blocks, *International Journal of Applied Engineering Research*, 2(4), 364-368, 2016.
12. Dong, C.X., Zhu, S.J., Mizuno, M., Hashimoto, M. Fatigue Behavior of HDPE Composite Reinforced with Silane Modified TiO₂, *Journal of Materials Science & Technology*, 27, 659–667, 2011.
13. Elloumi, A., Makhlof, M., Elleuchi, A., Bradai, C. The Potential of Deinking Paper Sludge for Recycled HDPE Reinforcement, *Polymer Composites*, 39(3), 616-623, 2018.
14. El-shazly, R.I., Kamal, R.S., Nassar, A.M., Ahmed, N.S., Sayed, G.H. The Behavior of Some Terpolymers as Lubricating Oil Additives, *Applied Petrochemical Research*, 10, 115–123, 2020.
15. Finny, A.S., Othman, A., Andreescu, S. 7- *Cerium Oxide Nanoparticles for Chemical and Biological Sensors: Properties, Sensing Designs, and Applications*, In Book: *Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides*, 259-277, 2020.
16. Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L. Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made, *Science Advances*, 3(7), e1700782, 2017.
17. Ghanadi, M., Padhye, L.P. Revealing the Long-Term Impact of Photodegradation and Fragmentation on HDPE in the Marine Environment: Origins of Microplastics and Dissolved Organics, *Journal of Hazardous Materials*, 465, 133509, 2024.
18. Godfrey, L., Oelofse, S. Historical Review of Waste Management and Recycling in South Africa, *Resources*, 6(4), 57, 2017.
19. Golmohammadi, M., Musavi, S.F., Habibi, M., Maleki, R., Golgoli, M., Zargar, M., Dumee, L. F., Baroutian, S., Razmjou, S. Molecular Mechanisms of Microplastics Degradation: A Review, *Separation and Purification Technology*, 309, 122906, 2023.
20. Goodland, R. The Concept of Environmental Sustainability, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 26, 1–24, 1995.
21. Gorna, K., Hund, M., Vucak, M., Gröhn, F., Wegner, G. Amorphous Calcium Carbonate in Form of Spherical Nanosized Particles and its Application as Fillers for Polymers, *Materials Science and Engineering*, 477, 217–225, 2008.
22. Grady, B.P. Waste Plastics in Asphalt Concrete: A Review, *SPE Polymer*, 2(1), 4-18, 2021.
23. Grigoriadou, I., Paraskevopoulos, K.M., Karavasili, M., Karagiannis, G., Vasileiou, A., Bikiaris, D. HDPE/Cu-nanofiber Nanocomposites with Enhanced Mechanical and UV Stability Properties, *Composites Part B*, 55, 407–420, 2013.
24. Huang, W., Zhang, Y., Li, Y., Zeng, T., Wan, Q., Yang, N. Morphology-controlled Electrochemical Sensing of Environmental Cd²⁺ and Pb²⁺ Ions on Expanded Graphite Supported CeO₂ Nanomaterials, *Analytica Chimica Acta*, 1126, 63–71, 2020.
25. Irinel, B.D., Veronica, L.L. *Transport Properties of Cerium Oxide Pure Non Doped*, In: *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, p. 2, 2013.
26. Jain A, Siddique S, Gupta T, Sharma RK, Chaudhary S. Utilization of Shredded Waste Plastic Bags to Improve Impact and Abrasion Resistance of Concrete, *Environment, Development and Sustainability*, 22(1), 337-362, 2020.

27. Kabir, A., Zhang, H., Esposito, V. 5- *Mass Diffusion Phenomena in Cerium Oxide*, In Book: Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides, 169-210, 2020.
28. Khangale, U.B., Ozor, P.A., Mbohwa, C. *Plastic Waste Management in South Africa*, In: Proceedings of the 2nd African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2020.
29. Krupa, I., Cecen, V., Boudenne, A., Prokes, J., Novák, I. The Mechanical and Adhesive Properties of Electrically and Thermally Conductive Polymeric Composites Based on High-Density Polyethylene Filled with Nickel Powder, *Materials & Design*, 51, 620–628, 2013.
30. Kumar, S., Panda, A.K., Singh, R.K. A Review On Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel, *Resources, Conservation & Recycling*, 55, 893–910, 2011.
31. Kumi-Larbi Jnr, A., Yunana, D., Kamsouloum, P., Webster, M., Wilson, D.C., Cheeseman, C. Recycling Waste Plastics in Developing Countries: Use of Low-Density Polyethylene Water Sachets to Form Plastic Bonded Sand Blocks, *Waste Management*, 80, 112-118, 2018.
32. Mahat, H., Yusri, M.S., Ngah, C. *3R Practices Among Moe Preschool Pupils Through the Environmental Education Curriculum*, SHS Web of Conferences. EDP Sciences, p 04002, 2016.
33. Mano, J.F., Koniarova, D.; Reis, R. L. Thermal Properties of Thermoplastic Starch/Synthetic Polymer Blends with Potential Biomedical Applicability, *Journal of Materials Science-Materials in Medicine*, 14, 127– 135, 2003.
34. Manoj, D., Manigandan, R., Rajendran, S., Cornejo Ponce, L. Self-assembled Dendrite-like 3D-CeO₂ Nanostructures for Nonenzymatic Vitamin B2 Sensor, *Materials Letters*, 295, 12983, 2021.
35. Mayr, L., Varvakis, G. *In 3Rs Principles on the Improvement of Existing Buildings*, 2008 World Sustainable Building Conference Proceedings, Melbourne, Australia, 2008.
36. Meradi, H., Bahloul, L., Boubendira, K., Bouazdia, A., Ismail, F. Characterization by Thermal Analysis of Natural Kieselguhr and Sand for Industrial Application, *Energy Procedia*, 74, 1282-1288, 2015.
37. Minkova, L., Filippi, S. Characterization of HDPE-g-MA/Clay Nanocomposites Prepared by Different Preparation Procedures: Effect of the Filler Dimension on Crystallization, Microhardness and Flammability, *Polymer Testing*, 30, 1–7, 2011.
38. Mishra, J.K., Hwang, K.J., Ha, C.S. Preparation, Mechanical and Rheological Properties of a Thermoplastic Polyolefin (TPO)/Organoclay Nanocomposite with Reference to the Effect of Maleic Anhydride Modified Polypropylene as a Compatibilizer, *Polymer*, 46(6), 1995–2002, 2005.
39. Mohamed, M.A., Shaltout, N.A., El Miligy, A.A. The Effect of Gamma Irradiation and Particle Size of CaCO₃ on the Properties of HDPE/EPDM Blends, *Arabian Journal of Chemistry*, 4, 71–77, 2011.
40. Moussa, G.S., Abdel-Raheem, A., Abdel-Wahed, T. Effect of Nanoclay Particles on the Performance of High-Density Polyethylene Modified Asphalt Concrete Mixture, *Polymers*, 13(3), 434, 2021.
41. Olmos, D., Dominguez, C., Castrillo, P.D., Gonzalez-Benito, J. Crystallization and Final Morphology of HDPE: Effect of the High Energy Ball Milling and the Presence of TiO₂ Nanoparticles, *Polymer*, 50, 1732–1742, 2009.
42. Palmeira, M., Musso, F. *3Rs of Sustainability Values for Retailing Customers as Factors of Influence on Consumer Behavior*, In Handbook of Research on Retailing

- Techniques for Optimal Consumer Engagement and Experiences; Palmeira, M., Musso, F., Eds., IGI Global: Hershey, PA, USA, pp. 421–444, 2020.
43. Prabakaran, D.M., Manoharadoss, D., Mahendran, M., Sagadeva, S. Structural, Optical, Morphological and Dielectric Properties of Cerium Oxide Nanoparticles, *Materials Research*, 19 (2), 478–482, 2016.
 44. Sahebhan, S., Zebarjad, S.M., Khaki, J.V., Sajjadi, S.A. The Effect of Nano-sized Calcium Carbonate on Thermodynamic Parameters of HDPE, *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 1310–1317, 2009.
 45. Saiprasad, M.K., Nagendra, N. Feasibility Study on Plastic-Soil Brick As a Construction Material, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(11), 89-91, 2019.
 46. Sangili, A., Annalakshmi, M., Chen, S.-M., Chen, T.-W., Kumaravel, S., Govindasamy, M. A Facile Synthesis of Ultra-Small Cerium Oxide Nanoparticles for Enhanced Electrochemical Detection of Nitrobenzene in Water Samples, *International Journal of Electrochemical Science*, 13, 6135–6143, 2018.
 47. Schulz, U. Review of Modern Techniques To Generate Antireflective Properties on Thermoplastic Polymers, *Applied Optics*, 45, 1608–1618, 2006.
 48. Shcherbakov, A.B., Zholobak, N.M., Ivanov, V.K. 8 - *Biological, Biomedical and Pharmaceutical Applications of Cerium Oxide*, In Book: *Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications: Metal Oxides*, 279-358, 2020.
 49. Silviyati, I., Zubaidah, N., Amin, J.M., Supraptiah, E., Utami, R.D., Ramadhan, I., eds. *The Effect of Addition of High-Density Polyethylene (HDPE) as Binder on Hebel Light Brick (Celcon)*, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1500, Issue 1, article id. 012083, IOP Publishing, 2020.
 50. Suganya, M., Sathyan, D., Mini, K. Performance of Concrete Using Waste Fiber Reinforced Polymer Powder as a Partial Replacement for Fine Aggregate, *Materials Today: Proceedings*, 5(11), 24114-24123, 2018.
 51. Sustaita-Rodríguez, J.M., Medellín-Rodríguez, F.J., Olvera-Mendez, D.C., Gimenez, A.J., Luna-Barcenas, G. Thermal Stability and Early Degradation Mechanisms of High-Density Polyethylene, Polyamide 6 (Nylon 6), and Polyethylene Terephthalate, *Polymer Engineering & Science*, 59(10), 2016-2023, 2019.
 52. Turi, E.A. *Thermal Characterization of Polymeric Materials*; In Turi, E.A., Ed.; Elsevier, Academic Press Inc.111 fifth Avenue, Elsevier, New York, New York, USA, 972 pages, 2012.
 53. Van Krevelen, D.W., Te Nijenhuis, K. *Properties of Polymers: Their Correlation with Chemical Structure; Their Numerical Estimation and Prediction from Additive Group Contributions*, Fourth Ed., Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2009.
 54. Veiga, L.E., Magrini, A., Szklo, A.S. Eco Industrial Parks: a Tool Towards the Reduction, Reuse and Recycling (3Rs) of By-Products and Wastes: Case Study in Paracambi EIP, Rio de Janeiro State, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 109, 395–404, 2008.
 55. Verma, R., Vinoda, K.S., Papireddy, M., Gowda, A.N.S. Toxic Pollutants from Plastic Waste – a Review, *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708, 2016.
 56. Vezzoli, C.A. *Design for Environmental Sustainability: Life Cycle Design of Products*, Springer: London, UK, 330 pages, 2018.
 57. Wan, Y., Wang, H., Liu, J., Liu, X., Song, X., Zhou, W., Zhang, J., Huo, P. Enhanced Degradation of Polyethylene Terephthalate Plastics by CdS/CeO₂ Heterojunction Photocatalyst Activated Peroxymonosulfate, *Journal of Hazardous Materials*, 452, 131375, 2023.

58. Yang, R., Yu, J., Liu, Y., Wang, K. Effects of Inorganic Fillers on the Natural Photo-oxidation of High-Density Polyethylene, *Polymer Degradation and Stability*, 88, 333–340, 2005.
59. Yemele, M.C.N., Koubaa, A., Cloutier, A., Soulounganga, P., Wolcott, M. Effect of Bark Fiber Content and Size on the Mechanical Properties of Bark/HDPE Composites, *Composites Part A*, 41, 131–137, 2010.
60. Yuan, Q., Yang, Y., Chen, J., Ramuni, V., Misra, R.D.K., Bertrand, K.J. The Effect of Crystallization Pressure on Macromolecular Structure, Phase Evolution, and Fracture Resistance of Nano-calcium Carbonate-Reinforced High-Density Polyethylene, *Materials Science and Engineering: A*, 527, 24-25, 6699–6713, 2010.

DEPREM ÖNCESİ VE SONRASI UYDU VERİLERİ KULLANILARAK DEPREM HASARLARININ TESPİTİ

Dr.Öğr.Üyesi ÖMER FARUK NEMUTLU

Bingöl Üniversitesi

ofnemutlu@bingol.edu.tr- 0000-0001-7841-3911

ÖZET

Depremder sonrasında meydana gelen hasarların belirlenmesi ve hızlı bir şekilde müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle araştırmacılar hızlı bir şekilde hasar tespiti yapılabilmesi için farklı yöntemler üzerine çalışmalar yapmışlardır. Uydu görüntüleri kullanılarak yapay zekâ yardımıyla bölgenin hasar dağılımının belirlenmesi bu yöntemlerden biridir. Deprem öncesi ve sonrasındaki uydu görüntüleri arasındaki değişimler yardımıyla depremin meydana geldiği bölgedeki hasar durumları hızlı bir şekilde belirlenebilir. Hasar tespitinin böyle yöntemlerle hızlı bir şekilde yapılabilmesi, deprem sonrası müdahalenin süresini kısaltmaktadır. Bu çalışmada 6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş depremleri sonrasındaki hasarların belirlenebilmesi için uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Çalışma sahası olarak depremde etkilenen şehirlerden biri olan Hatay ili Antakya ilçesi belirlenmiştir. Antakya için deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri alınarak yapay zekâ yardımı ile hasarlı bölgeler ve hasar oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı tarihlerdeki uydu görüntüleri üzerinden değerlendirilmiştir. Depremin hemen sonrasında alınan uydu görüntüleri ile 1 yıl sonrasında alınan uydu görüntüleri arasında tespit edilen yapısal hasar oranları arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bunun nedeninin deprem sonrasında süre geçtikçe acil yıkılması gereken veya ağır hasarlı binaların bölgeden temizlenmesi olduğu görülmüştür. Ayrıca elde edilen sonuçlar saha taraması sonucunda elde edilen hasar tespit oranları ile karşılaştırılmıştır. Tamamen yıkılmış veya acil yıktırılması gereken binaların toplam bina sayısına oranı depremin hemen sonrasındaki uydu görüntüleri sonuçları ile örtüşürken, ağır, orta, acil yıktırılması gereken ve tamamen yıkılmış binaların sayısının toplam bina sayısına oranı ise depremde 1 yıl sonra elde edilen uydu görüntüleri ile yüksek uyum sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hasar Tespiti, Uydu Görüntüleri, Yapay Zekâ, Deprem.

DETECTION OF EARTHQUAKE DAMAGE USING PRE AND POST EARTHQUAKE SATELLITE DATA

Assist. Prof. Dr. ÖMER FARUK NEMUTLU

Bingöl University

ofnemutlu@bingol.edu.tr- 0000-0001-7841-3911

ABSTRACT

Damages occurring after earthquakes need to be identified and intervened quickly. For this reason, researchers have studied different methods to quickly detect damage. Determining the damage distribution of the region with the help of artificial intelligence using satellite images is one of these methods. With the help of changes between satellite images before and after the earthquake, damage conditions in the region where the earthquake occurred can be quickly determined. Damage assessment can be done quickly using such methods, which shortens the duration of post-earthquake intervention. In this study, satellite images were used to determine the damages after the Kahramanmaraş earthquakes that occurred on February 6, 2023. Antakya district of Hatay province, one of the cities affected by the earthquake, was determined as the study area. Satellite images were taken for Antakya before and after the earthquake and damaged areas and damage rates were determined with the help of artificial intelligence. The results obtained were evaluated on satellite images of different dates. Differences were detected between the structural damage rates detected between the satellite images taken immediately after the earthquake and the satellite images taken 1 year later. It was observed that the reason for this was that as time passed after the earthquake, buildings that needed to be urgently demolished or heavily damaged were removed from the region. Additionally, the results obtained were compared with the damage detection rates obtained as a result of field scanning. While the ratio of buildings that have been completely demolished or need to be demolished urgently to the total number of buildings matches the results of satellite images immediately after the earthquake, the ratio of the number of heavy, medium, buildings that need to be demolished urgently and completely collapsed to the total number of buildings is in high agreement with the satellite images obtained 1 year after the earthquake.

Keywords: Damage Detection, Satellite Images, Artificial Intelligence, Earthquake.

1. GİRİŞ

Depremler sonrasında acil müdahale gerektiren durumlar mevcuttur. Bunlardan ilki insanların hayatlarının öncelikli olması nedeniyle arama kurtarma faaliyetleridir. Ancak bunun yanında şehirlerin eski kullanımına devam edebilmesi için, mevcut yapı stokunun hızlı bir şekilde incelenmesi ve kullanım durumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle hasar tespiti hızı ve bu alanda uzman ekipler tarafından yapılması gereklidir. Genelde bu bölümde bahsedildiği gibi saha taramasına dayanan hasar tespitleri, yeni araştırmalarla farklı alanlarda değerlendirilmeye başlanmıştır. Gelişen teknolojiler ve bu teknolojilerin yapay zekâyla harmanlanabilmesi bu alanda da fayda sağlamaya başlamıştır. Farklı yapay zekâ araçları ile hasar tespiti yapılabilmesi geçmişte meydana gelmiş depremler üzerinde değerlendirilmiştir. Gelişen teknolojileri mevcut bilgi birikim ile bir arada kullanarak deprem sonrası müdahalenin hızı ve kalitesini artırmak mümkündür. Gelecekte bu tarz teknolojilerin daha fazla entegre edilerek deprem sonrası hasar tespit çalışmalarının uygulama şeklinin tamamen değişeceği beklenmektedir.

Saha taramasından sonra en hızlı ve güncel yaklaşımlardan biri uydu görüntüleri üzerinden hasar tespiti yapılmasıdır. Uydu görüntülerinin deprem öncesi ve sonrası için elde edilmesi ile depremin seçilen bölge için nasıl bir değişim yarattığı görülebilir. Bu alanda geçmiş depremlerin verileri kullanılarak birçok araştırma yapılmıştır. Büyük ölçekli görüntü verisiyle hasar tespiti yapılması, Haiti depreminin etkisinin uydu görüntüleri ile incelenmesi, yüksek çözünürlüklü SAR verisiyle hasar tespiti yapılması üzerine birçok çalışma mevcuttur[1], [2], [3], [4].

Uydu görüntülerinin yapay zekâ yardımıyla değerlendirilmesi ile görüntüler arasındaki farklılıklar üzerinden hasar tespiti yapılabilmektedir. Öyle ki, hasar tespiti daha yüksek çözünürlüklü görüntüleri ve daha çok uydu görüntüsü verisi kullanılarak çok detaylı hasar tespiti yapılmaktadır. Hasar tespiti bu yöntemle hasarlı hasarsız ayrımının yanı sıra farklı hasar seviyelerine göre sınıflandırılması bu yöntemle mümkündür[5].

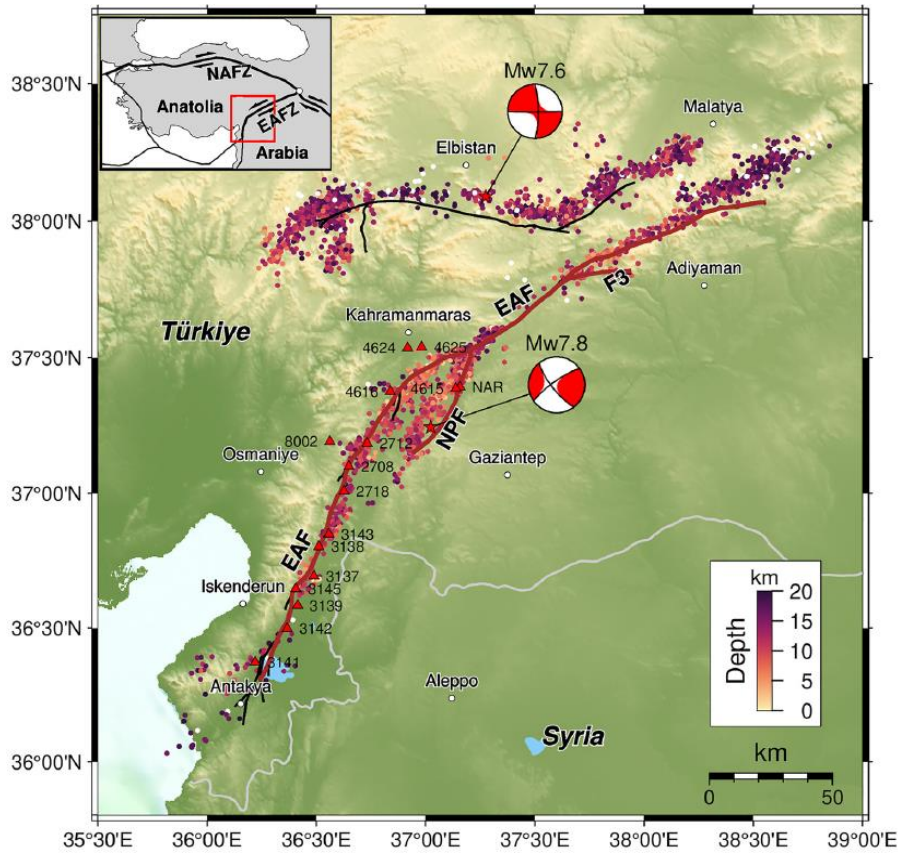
Bu durum son yılların en büyük depremi olan Kahramanmaraş depremleri sonrasında da uygulanmıştır. 6 Şubat 2023 tarihinde 9 saat ara ile meydana gelen 2 büyük deprem Türkiye'nin Güneyi ve Güneydoğusunda toplamda 11 ili etkilemiştir. Etkilenen şehirlerde ülke nüfusunun yaklaşık 5'te 1'i yaşamaktadır. Depremden etkilenen nüfus yaklaşık 14 milyon civarlarındadır. Deprem sonrası yapılan arama kurtarma sonrasında elde edilen sonuçlara göre 50000'in üzerinde deprem kaynaklı kayıp meydana gelmiştir[6]. Bölgede incelenen binaların yaklaşık 2 milyon dolaylarında olduğu ve bu yapıların 300000 civarındaki kadarı depremde ya tamamen yıkılmış ya da kullanılamaz hale gelmiştir. Deprem büyük bir alana yayılı olması hasar tespit çalışmalarını ve arama kurtarma faaliyetlerini zor bir hale getirmiştir. Bu deprem sonrasında da çalışmalar sırasında uydu görüntüleri ve yapay zekâ uygulamaları sıklıkla kullanılmıştır. Çalışmacılar uydu görüntüleri kullanarak hızlı müdahale gerektiren hasar tespiti, fay kırıklarının değerlendirilmesi gibi alanlarda uydu görüntülerinden faydalanmışlardır. Deprem sonrası meydana gelen kırığın gerçeğe en yakın tahmini uydu görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir[7].

Bu çalışma kapsamında Kahramanmaraş depremleri sonrasında depremde etkilenen 11 şehirden biri olan Hatay ilinin Antakya ilçesinin uydu görüntüleri yardımıyla hasar dağılımının değerlendirilmesi yapılmıştır. Farklı tarihlere ait uydu görüntüleri ile deprem öncesi

durumun karşılaştırılması bu çalışmada değerlendirilmiştir. Ayrıca, uydu görüntülerinden elde edilen hasar oranları saha taraması sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar gerekçeleri ile değerlendirilmiştir.

2. 06 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ

6 Şubat 2024 günü, Türkiye’de 9 saat aralıkta iki büyük deprem meydana gelmiştir. Depremlerin ilki Kahramanmaraş’ın Pazarcık ilçesinde yerel saat ile 4.17’de; ikincisi yine aynı gün öğlen saatlerinde 13.24’te Kahramanmaraş’ın Elbistan ilçesinde meydana gelmiştir. Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD)’ın açıkladığı bilgilere göre depremin büyüklükleri sırası ile 7.7(Mw) ve 7.6(Mw)’dir[8]. USGS’e göre büyüklükler sırasıyla 7.8 Mw ve 7.6 Mw olarak açıklanmıştır. Aşağıda verilen Görsel 1’de depremlerin merkez üssü ve bu depremler sonrasında gelen artçı şok aktiviteleri verilmiştir.



Görsel 1. Depremin merkez üssü ve artçı şok aktiviteleri

Depremler, Türkiye’nin Güney-Doğu doğrultusunda uzanan ve oldukça sismik açıdan aktif bir fay hattı olan Doğu Anadolu Fayı(DAF) üzerinde meydana gelmiştir. İlk deprem DAF ve Ölüdeniz Fay hattının birlikte kırılması ile meydana gelmiştir. İkinci deprem ise DAF’ın yan kollarından biri olan Çardak Fayı üzerinde meydana gelmiştir[9], [10]. İlk depremde yaklaşık 300 km civarında bir yüzey kırığı meydana gelmiştir. Bu durum depremin büyüklüğünü ve yarattığı etkiği gözler önüne sermektedir[7].

Depremler meydana geldikten sonrasında Türkiye’nin büyük bir bölümünde hissedilen depremler 11 ili doğrudan etkilemiştir. Etkilenen illerde yaklaşık 14 milyon vatandaş depremden etkilenerek zarar görmüştür. Hayatını kaybedenlerin sayısı resmi verilere göre

50000’ın biraz üzerindedir[11]. Bu değerlendirmeler literatürde farklı yaklaşımlar ile değerlendirilmiş ve kayıplar resmi verilere yakın değerlerde çıktığı görülmüştür[6].

Çizelge 1. Depremden etkilenen binaların hasar seviyelerine göre dağılımı

Cities/Damage States	Number of Building	No damage	Low Damage	Medium Damage	Heavy Damage	To be demolished Urgently	Collapsed
HATAY	342531	140337	103549	12874	64283	8038	13450
KAHRAMANMARAŞ	225230	93168	79027	5987	35229	4423	7396
ADIYAMAN	110354	38666	38576	4629	20201	2329	5953
MALATYA	155204	60825	48690	2783	36046	1810	5050
GAZİANTEP	282693	188639	68429	5524	14047	1994	4060
ŞANLIURFA	321065	195565	112690	3192	7706	740	1172
OSMANİYE	133992	87674	35006	1094	9010	530	678
KİLİS	34346	20188	11191	486	1867	151	463
ELAZIĞ	27760	11767	7945	506	7441	48	53
ADANA	324345	276691	39541	5118	2923	37	35
DİYARBAKIR	183730	129986	45602	3355	4708	59	20
Total	2141250	1243506	590246	45548	203461	20159	38330

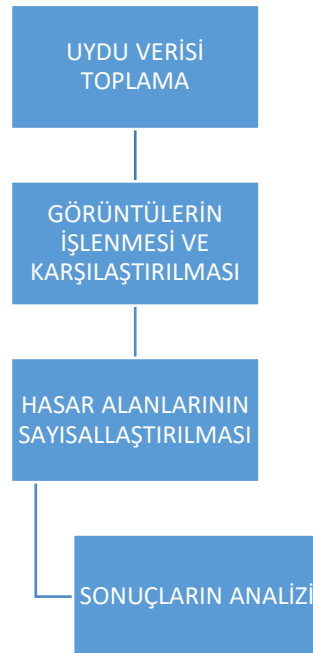
Çizelge 1, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın resmi hasar tespit sonuçlarını içermektedir. Bu verilere bakıldığında Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman ve Malatya depremden en çok etkilenen illerdir. Bu illerde yıkımın ileri derecede olması can kayıplarının da fazla olmasına neden olmuştur. Örneğin Hayat ili incelendiğinde mevcut yapı stokunun neredeyse 3’te 1’lik bölümü ya tamamen yıkılmış ya da kullanılamaz hale gelmiştir. Kahramanmaraş depremleri sonrasında yapısal hasar kaynaklı maliyet yaklaşık olarak 100 milyar dolar olması beklenmektedir[12].

3. UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE HASAR TESPİTİ

Günümüzde gelişen teknolojiler, bilgisayar kapasitelerinin büyümesi, yapay zeka araçlarının araştırma alanlarına entegresinin ilerlemesi deprem mühendisliği alanında da avantaj sağlar hale gelmiştir. Deprem mühendisliğinin önemli alanlarından biri olan deprem sonrası hasar tespiti, depremlerin zararlarının bir an önce tespitini ve bununla birlikte acil müdahale gerektiren bölgelerin belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Geleneksel olarak bu alanda yetkin bir ekip, depremin olduğu bölgede sahaya çıkarak görsel muayene ile binaların hasar tespitini

yapmaktadır. Ancak bu hasar tespit yöntemi artık eski kalmaktadır. Kahramanmaraş depremleri gibi sahanın çok büyük olduğu depremlerde kalifiye eleman eksikliği ve hasar tespit yorumlamalarının subjektif olması bu yöntemin eksik yanlarından biridir. Ayrıca saha çalışanlarının kullandığı formlar tam anlamıyla hasar tespitlerinin güvenilirliğini tartışılır hale getirmektedir. Bu nedenle bu alanda da yapay zeka tabanlı hasar tespit metodolojileri geliştirilerek daha tarafsız ve yoruma kapalı tespitler yapılabilir. Tabi böylesi durumda yapay zeka araçlarında durumun çok kapsamlı bir şekilde tanıtılması gerekmektedir.

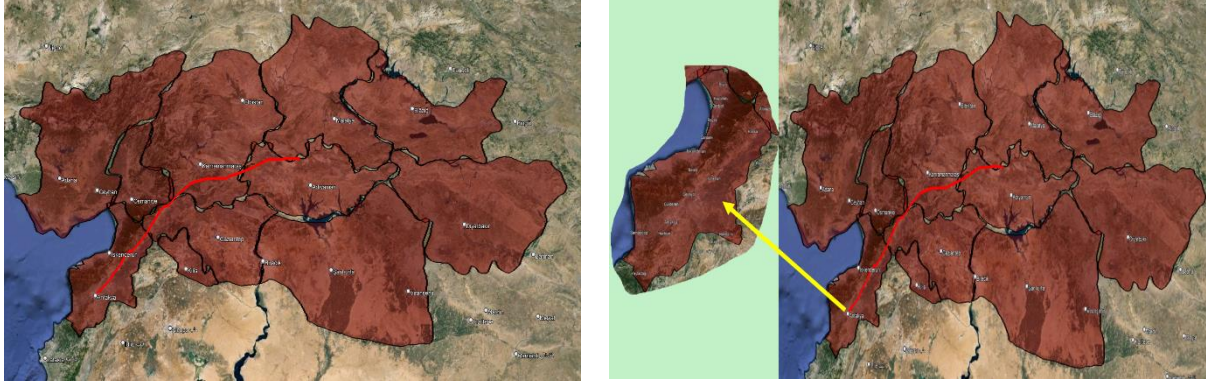
Bu alanda en yaygın kullanılan yöntemlerden biri uydu görüntülerinin kullanılmasıdır. Uydu görüntülerinin depremler meydana gelmeden ve geldikten sonraki durumlarının farklılıkları yardımıyla binaların hasar seviyeleri tespit edilebilmektedir. Bu yöntem aşağıda verilen Görsel 2'deki işlem aşamaları ile gerçekleştirilmektedir. İlk olarak uydu verisi elde edilmelidir. Uydu verisi elde edilirken değişikliklerin iyi şekilde yansıtılabilmesi için görüntü kalitelerinin yüksek olması ve alınan görüntü sıklığı önemli etkenlerdir. Sonrasında alınan bu görüntüler işleme aşamasında kullanılmaktadır. Görüntülerin işlenmesi U-Net gibi görüntü işleme üzerine kullanılan yapay zeka dilleriyle gerçekleştirilebilir. Görüntülerin işlenmesi aşamasında, görüntülerin boyutları, renklerin düzenlenmesi, grid boyutlarının seçimi gibi aşamalar ile, görüntüler analiz edilebilir forma getirilmektedir. Bu çalışmada Phyton yazılımı içerisinde bulunan OpenCV kütüphanesi ile görüntü işleme aşamaları gerçekleştirilmiştir[13]. Belirlenen görüntülerin renk ve boyut ayarları yapıldıktan sonra hasar alanları sayısallaştırılarak hasarlı bölge oranları elde edilmektedir. Bu aşamada kullanılan uydu görüntüleri matrislerdeki farklı renk tonlarına atanmış sayıların farklılıklarından yola çıkarak hasarlı bölgelerin belirlenmesi prensibine dayanır. En son aşamada ise elde edilen görsellerin farklılıkları görüntüler üzerinde işaretlenir ve hasarlı bölge alanları tespit edilir. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek uydu görüntülerinden hasar tespitinin aşamaları tamamlanmış olur.



Görsel 2. Uydu görüntülerinden hasar tespiti aşamaları

Bu çalışma kapsamında depremden etkilenen 11 şehir içerisinde en fazla etkilenen şehir olan Hatay ili değerlendirilmiştir. Hatay ilinin merkez ilçesi olan Antakya ilçesinin uydu görüntüleri elde edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Görsel 3, çalışma sahasını ve Kahramanmaraş

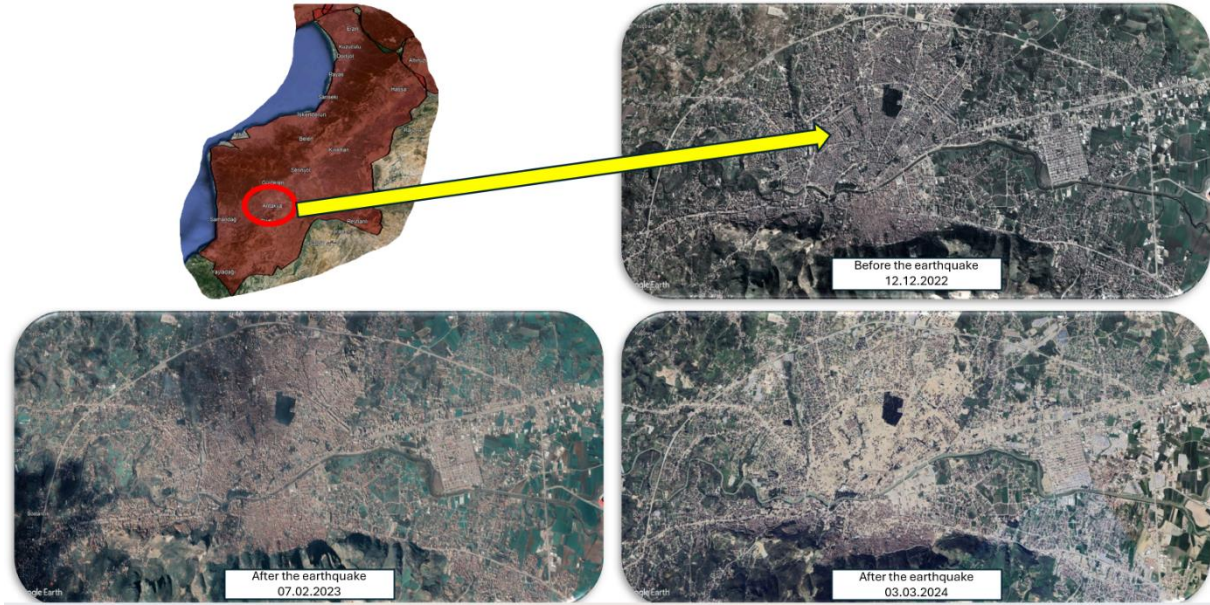
depremlerinden etkilenen 11 ili harita üzerinde göstermektedir. Depremden etkilenen bölgelerin toplamı Avrupa'daki birçok ülkenin yüz ölçümünden fazladır.



Görsel 3. Çalışma sahası ve depremten etkilenen şehirler

Yapılan çalışmada kullanılmak üzere farklı tarihlere ait uydu görüntüleri Google Earth Pro uygulamasından elde edilmiştir. Antakya ilçesine ait 12.12.2022 yani depremden önceki durumu yansıtan, 07.07.2023 tarihli yani depremten hemen sonraki durumu gösteren ve 03.03.2024 tarihli deprem bölgesinin son durumunu gösteren uydu görüntüleri çalışmada kullanılmıştır (Görsel 4). Depremden sonra alınan görüntülerin farklı tarihlerde alınmasının nedeni depremten etkilenen binaların ilk aşamada temizlenmemesi ve sonrasında bölgedeki hasarlı yapıların tamamen kaldırılması ile ortaya çıkan durumu farklı farklı değerlendirilmek istenmesinden kaynaklanmaktadır.

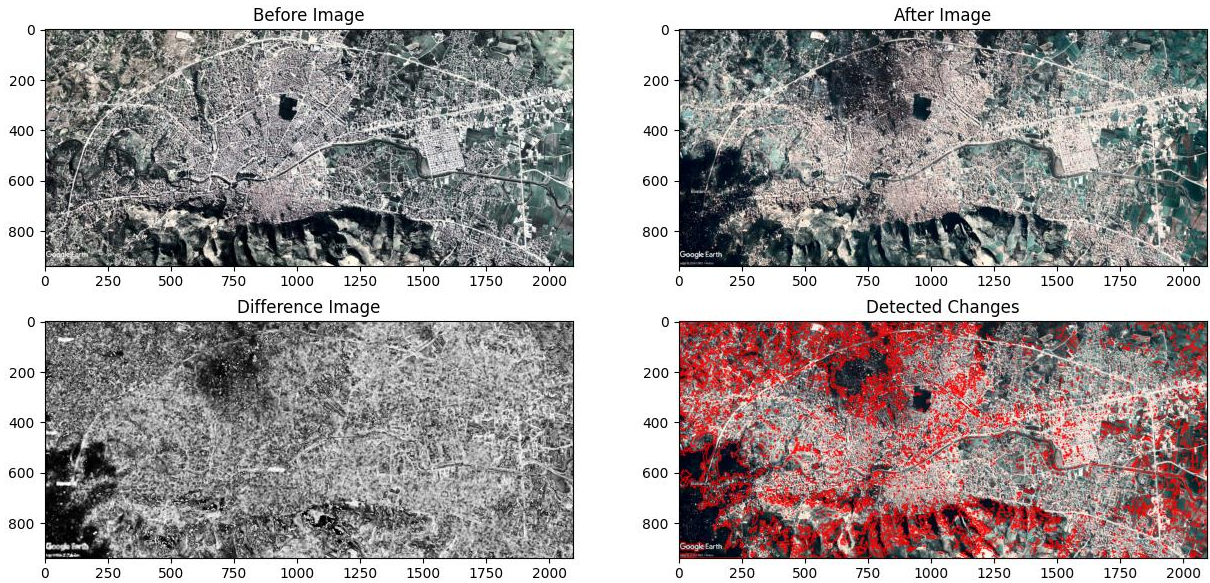
Elde edilen görüntüler birbiri arasında depremten önceki ve sonraki durumlar için değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılabilmesi için Phyton yazılımında OpenCV[13] kütüphanesi kullanılmıştır. İlk aşamada görüntülerin boyutlandırılması, renklendirilmesi, gridlendirilmesi ve sayısallaştırılması için işlemler yapılmış ve görüntüler analize hazırlanmıştır. Sonrasında görüntülerin sayısallaştırılması aşaması ile farklılıklar görseller üzerinde işaretlenerek hasarlı yapı oranları işaretli bölgeler üzerinden hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara ait yorumlar gelecek bölümde verilmiştir.



Görsel 4. Çalışma sahasının deprem öncesi ve sonrası harita görüntüleri

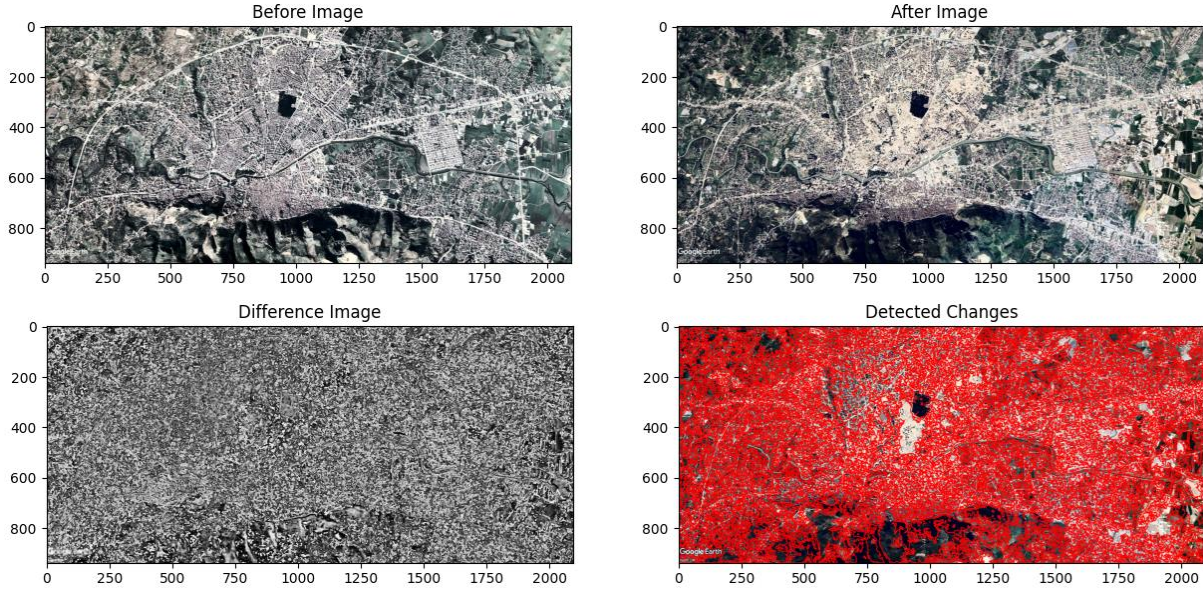
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında kullanılan deprem sonrası görseller, iki farklı tarihte elde edilen uydu görüntüleridir. Bunlardan ilki 7 Şubat 2023 tarihli uydu görüntüsü ve depremden yaklaşık bir yıl sonra alınan 3 Mart 2024 tarihli uydu görüntüsüdür. Uydu görüntüleri Google Earth yazılımından elde edilmiştir.



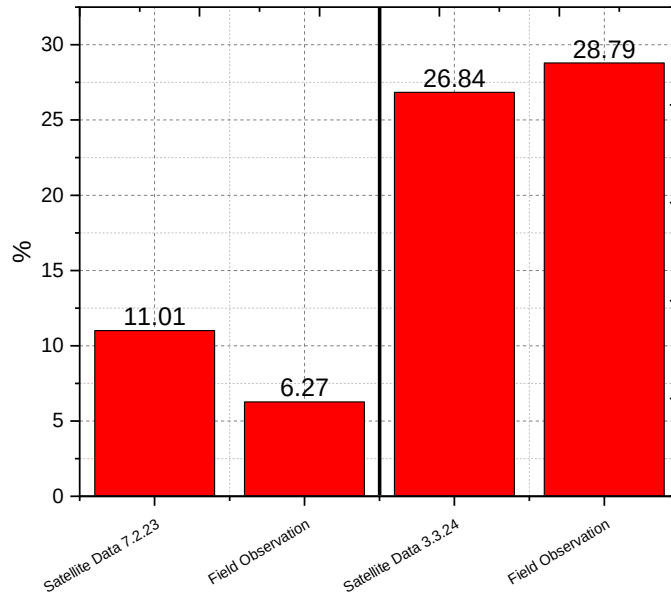
Görsel 5. Uydu görüntülerinden hasar tespiti-I (7 Şubat 2023 tarihli görsel)

Görsel 5 ve Görsel 6 çalışmada kullanılan kod yardımıyla elde edilen analiz sonuçlarını içermektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde; before image olarak isimlendirilen görsel depremden önceki durumu, after image ise depremden sonraki durumu göstermektedir. Difference map isimli görüntü iki farklı uydu görüntüsü arasındaki farklılıkları gösterirken detection changes görüntüsü bu değişikliklerin kırmızı renkte işaretlendiği durumu ifade etmektedir. Kırmızı ile işaretli noktalar üzerinden değişiklikler bu çalışmada tespit edilmeye çalışılmıştır.



Görsel 6. Uydu görüntülerinden hasar tespiti-II (3 Mart 2024 tarihli görsel)

Değişiklikler belirlendikten sonra hasar görüntüleri üzerinden hasarlı alanlarda hesaplanmıştır. Uydu görüntüleri kullanılarak hesaplanan hasarlı alanlar 7 Şubat 2023 tarihli uydu görüntüsü için %11.01, 3 Mart 2024 tarihli uydu görüntüsü için %26.84 olarak elde edilmiştir. Bu hasarlı alanlar görüntülerdeki değişim gösteren piksellerin toplam piksellere oranı üzerinden hesaplanmıştır. Bu değerlendirmeyi valide edebilmek için saha taraması sonuçlarından bölgedeki hasarlı yapı oranları elde edilerek karşılaştırma yapılmıştır. 7 Şubat tarihli görsele denk gelen oran %6.27, 3 Mart 2024 tarihli görsele denk gelen hasarlı yapı oranı saha taraması sonuçlarına göre %28.79 olarak hesaplanmıştır. İki farklı tarihte farklı hasar oranlarının dikkate alınmasının bir nedeni vardır. Bu karşılaştırmaların doğru yapılabilmesi için bir yaklaşım belirlenmiştir. Depremden hemen sonra alınan uydu görüntüleri ile saha taraması sonuçlarından yalnızca tamamen göçmüş ve acil yıkılması gereken bina sayıları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Depremden 1 yıl sonraki uydu görüntüleri ile yapılan değerlendirmede bu iki hasar seviyesinin yanında ağır hasar ve orta hasarlı yapı sayıları da eklenmiştir. Karşılaştırmaya ait grafik Görsel 7’de verilmiştir.



Görsel 7. Uydu görüntüsü ile saha gözlemlerinin karşılaştırılması

Görsel 7 incelendiğinde çalışmadaki yaklaşımın tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Grafiğin sol tarafındaki sütunlar 7 Şubat tarihli uydu görüntüsü ile saha taraması sonuçlarını, sağ taraftaki sütunlar 3 Mart tarihli uydu görüntüsü ile saha taraması sonuçlarının karşılaştırılmasını ifade etmektedir. Grafiğe göre 3 Mart tarihli uydu görüntüsü ile saha sonuçları, 7 Şubat tarihli uydu görüntüsü sonuçlarına göre daha yakın değerler almaktadır. Bunun nedeni, depremde hemen sonra elde edilen 7 Şubat tarihli uydu görüntüsünde yıkımın net olarak belirgin olmamasıdır. 3 Mart tarihli görüntüde hasar tespit çalışmalarının tamamlanması, enkazların büyük oranda kaldırılması, bölgenin temizlenmesi gibi nedenlerle uydu görüntüsündeki farklılıklar daha fazla belirginleşmektedir. Bu sonuçla birlikte uydu görüntülerinin hassasiyetinin sonuçları etkilediği görülmektedir. Bu nedenle uydu görüntülerinin sayısal olarak artırılması ve yüksek çözünürlükte olması deprem hasar tespitinde hassasiyeti artıracaktır. Ayrıca, deprem sonrası elde edilecek uydu görüntüsü sayısındaki artış deprem hasar tespitinin daha detaylı yapılabilmesine olanak sağlar. Bu çalışmada hasarlı-hasarsız ayrımı yapılmıştır. Ancak ilerleyen çalışmalarda uydu görüntülerinin sayısı artırılarak hasar seviyelerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Önceki çalışmalarda elde edilen kayıp modellerine uydu görüntüleri entegre edilerek kayıpların boyutu ve acil müdahale edilmesi gereken alanlar hızlı bir şekilde belirlenebilir.

5. SONUÇLAR

Depremler meydana geldikten sonra ilk yapılması gereken işlerden biri hasar tespitidir. Teknik eleman sayısının yeterli gelmediği durumlarda yapay zekâ tabanlı uydu görüntüleri ile bu süreci hızlı bir şekilde tamamlamak mümkündür. Bu çalışmada, son yılların en büyük depremlerinden biri olarak kabul edilen 6 Şubat Kahramanmaraş Depremleri sonrasında elde edilen uydu görüntüleri kullanılarak hasar seviyeleri değerlendirilmiştir. Uydu görüntülerinin farklı tarihlerde alınması ile meydana gelen farklılıklar değerlendirilmiştir. Saha taraması sonuçları ile karşılaştırılan sonuçlar irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında; depremde hemen sonraki uydu görüntüleri ile belirli bir süre sonraki uydu görüntüleri arasında hasar oranı bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Bunun nedeni farklı hasar seviyelerindeki yapıların bölgeden kaldırılması ve bölgenin temizlenmesidir. Diğer yandan saha taraması sonuçları depremin üzerinden belirli bir süre geçmesiyle alınan uydu görüntüleri ile daha yüksek uyuma sahiptir. Depremde hemen sonra kullanılması amaçlanan uydu görüntüleri ile hasar tespitinin hassasiyetinin artırılabilmesi için, yüksek çözünürlükte ve sayı olarak daha fazla sayıda uydu görüntüsünün kullanılması gereklidir. Son olarak daha detaylı hasar seviyeleri belirlenebilmesi için uydu görüntülerinin çözünürlüklerinde ve sıklıklarında artışa gidilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] J. Z. Xu, W. Lu, Z. Li, P. Khaitan, ve V. Zaytseva, “Building Damage Detection in Satellite Imagery Using Convolutional Neural Networks”, 14 Ekim 2019, *arXiv*: arXiv:1910.06444. doi: 10.48550/arXiv.1910.06444.
- [2] T. Balz ve M. Liao, “Building-damage detection using post-seismic high-resolution SAR satellite data”, *Int. J. Remote Sens.*, c. 31, sy 13, ss. 3369-3391, Tem. 2010, doi: 10.1080/01431161003727671.
- [3] F. Yamazaki, K. Kouchi, M. Kohiyama, N. Muraoka, ve M. Matsuoka, “Earthquake damage detection using high-resolution satellite images”, içinde *IGARSS 2004. 2004 IEEE*

- International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Eyl. 2004, ss. 2280-2283 c.4. doi: 10.1109/IGARSS.2004.1369739.
- [4] L. Gueguen ve R. Hamid, “Large-Scale Damage Detection Using Satellite Imagery”, program adı: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015, ss. 1321-1328. Erişim: 28 Temmuz 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2015/html/Gueguen_Large-Scale_Damage_Detection_2015_CVPR_paper.html
- [5] K. A. Korkmaz ve M. Abualkibash, “Earthquake Damage Detection Using Before and After Earthquake Satellite Images”, içinde *2018 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, May. 2018, ss. 0615-0619. doi: 10.1109/EIT.2018.8500225.
- [6] Ö. F. Nemutlu, A. Sari, ve B. Balun, “06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde (Mw 7.7-Mw 7.6) Meydana Gelen Gerçek Can Kayıpları Ve Yapısal Hasar Değerlerinin Tahmin Edilen Değerler İle Karşılaştırılması”, *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.*, c. 23, sy 5, ss. 1222-1234, Eki. 2023, doi: 10.35414/akufemubid.1302254.
- [7] E. Hussain, S. Kalaycıoğlu, C. W. Milliner, ve Z. Çakir, “Preconditioning the 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) earthquake disaster”, *Nat. Rev. Earth Environ.*, c. 4, sy 5, ss. 287-289, 2023.
- [8] AFAD, “<https://www.afad.gov.tr/>”. 2021. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/>
- [9] AFAD, “06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan (Kahramanmaraş) Mw: 7.7 – Mw: 7.6 Depremleri Raporu”, AFAD, 2023.
- [10] A. A. ve A. D. Başkanlığı, “06 Şubat 2023 Pazarcık(Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elibstan(Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu”. s. 11, 2023.
- [11] Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, “csb.gov.tr”, *Basın Bülteni*. 2023.
- [12] S. Şen, “Kahramanmaraş depremlerinin ekonomiye etkisi”, *Diplomasi Ve Strat. Derg.*, c. 4, sy 1, ss. 1-55, 2023.
- [13] S. Gollapudi, “OpenCV with Python”, içinde *Learn Computer Vision Using OpenCV: With Deep Learning CNNs and RNNs*, S. Gollapudi, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2019, ss. 31-50. doi: 10.1007/978-1-4842-4261-2_2.

DEPRESYONUN ELEKTROENSEFALOGRAFİ SİNYALLERİ KULLANARAK SINIFLANDIRILABİLMESİ İÇİN SİNYAL İŞLEME VE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ İÇEREN BİR YAKLAŞIM

Fatma LATİFOĞLU

Erciyes Üniversitesi, Biyomedikal Müh. Böl. Kayseri, TÜRKİYE
flatifoglu@erciyes.edu.tr - 0000-0003-2018-9616

Sabrina TURTUROVA

Erciyes Üniversitesi, Biyomedikal Müh. Böl. Kayseri, TÜRKİYE
sabrina.tur.01@mail.ru- 0000-0002-1570-791X

ÖZET

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre depresyon gibi ruhsal bozukluklar küresel sağlık problemlerinin önde gelen sebeplerinden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, EEG sinyallerinden elde edilen özellikler ve makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak depresyonlu ve sağlıklı bireylerin sınıflandırma performansı analiz edilmiştir. Bu amaçla, dinlenme ve görev durumunda kaydedilen 128 kanallı EEG verilerinin analizi için sinyallerin zaman, frekans, doğrusal ve doğrusal olmayan özellikleri elde edilmiştir. Veri ön işleme aşamasında Sonlu Dürtü Yanıtlı (Finite Impulse Response, FIR) süzgeçler kullanarak filtreleme işlemleri ve Bağımsız Bileşenler Analizi (Independent Component Analysis, ICA) gibi tekniklerin uygulanması ile sinyallerdeki gürültüler ortadan kaldırılmıştır. Özellik seçimi için En Küçük Mutlak Büzülme ve Seçim Operatörü (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO) yöntemi kullanılmış ve toplam 4191 öznelik arasından en bilgilendirici olanları belirlenmiştir. Sınıf dengesizliği için Uyarlamalı Sentetik Örnekleme Yöntemi (Adaptive Synthetic Sampling Method , ADASYN) ile sentetik veri üretilmiş ve eğitim veri seti dengelenmiştir. Makine öğrenimi algoritmaları olan Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network, ANN), Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine, SVM) ve K En Yakın Komşular (K-Nearest Neighbors, KNN) yöntemleri kullanarak sınıflandırma modelleri oluşturularak performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, SVM ve ANN modelleri kullanılarak %100 doğruluk, hassasiyet, seçicilik ve kesinlik değerleri ile EEG sinyalleri yüksek performansla sınıflandırmıştır. Böylece bu çalışma ile depresyonun EEG sinyallerinden sınıflandırılmasına yönelik yüksek performanslı bir model ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Depresyon, Yapay Zeka, Elektroensefalografi, Özellik Seçme, Makine Öğrenimi Algoritmaları, Sinyal İşleme

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ruhsal bozukluğu olan hastaların, özellikle depresyon hastalarının sayısı hızla artmaktadır. Bu durum, küresel hastalık yükünün önde gelen bir nedeni haline gelmiştir. Nüfusun tahmini % 3,8'i, yetişkinlerin % 5'i (ve 60 yaşın üzerindeki yetişkinlerin ise % 5,7'si) depresyon ile mücadele etmektedir. Her yıl dünyada 700.000'den fazla insanın intihar sonucu yaşamını yitirmesi, depresyonun olası sonuçları arasında yer almaktadır. İntihar, 15-29 yaş aralığında dördüncü sıradaki ölüm nedeni olarak öne çıkmaktadır.

Bu sebeplerle, depresyon teşhisinin zamanında yapılması ve hastaların gerekli yardımı alması hayati önem taşımaktadır. Ancak mevcut teşhis yöntemleri, doktorlar tarafından yapılan görüşmelere ve klinik ölçeklere dayanmaktadır. Bu süreç sadece yoğun emek gereksinimiyle kalmamakla birlikte zaman alıcıdır. Bu durumun temel sebeplerinden biri, zihinsel bozukluklar için belirgin fizyolojik göstergelerin bulunmamasıdır.

Veri madenciliği ve yapay zeka gibi teknolojilerin gelişmesi, ruhsal bozuklukların olası yeni fizyolojik göstergelerini araştırmak için fizyolojik verilerin kullanılmasını ve yeni teşhis uygulamalarının geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Elektroensefalografi (EEG) sinyalleri, depresyon, anksiyete gibi ruhsal bozuklukların araştırılması ve bazı durumlarda tedaviye yanıtın izlenmesinde giderek daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır. EEG, beyin aktivitesini ölçmek için kullanılan non-invaziv bir yöntemdir. Bu yöntemde, beyin korteksindeki elektriksel aktivite yüzey düzeyinde kaydedilerek beyin dalgaları analiz edilir.

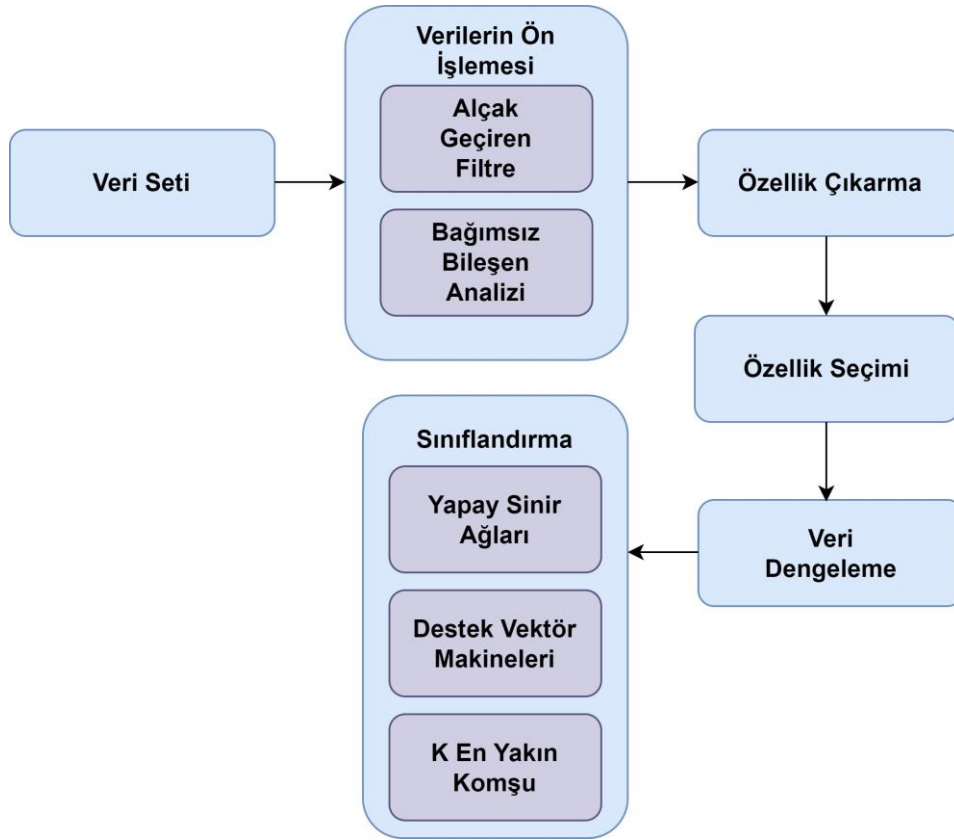
N. Bashir ve arkadaşları (2023), EEG sinyallerini kullanarak Makine Öğrenimi yöntemi ile Major Depresif Bozukluk (MDB) hastalığının tespiti için bir yöntem önermişlerdir. KNN ve uzun kısa süreli bellek ağları (LSTM) gibi algoritmalarla %87.5 ve %83.3 doğruluk elde etmişlerdir(N. Bashir ve ark.,2023). Murat Topal'ın çalışmasında (2022) ise Evrişimli Sinir Ağları (CNN) ile %99.6, Karar Ağacı (DT) ile %98.4, SVM ile %95.7 doğruluk sağlanmıştır(Murat Topal,2022).

Min Xia ve diğerleri (2023) MDB hastaları ve sağlıklı bireylerin dinlenme durumundaki EEG verileri ile sınıflandırma yapabilmek için Uçtan-uca bir Derin Öğrenme modeli önermişlerdir. Elde edilen sınıflandırma çalışmasının sonucunda %91.06 doğruluk elde etmişlerdir (Min Xia ve ark., 2023). Gang Li ve arkadaşları (2023), depresyonlu hastalarda çok kanallı EEG sinyallerinden özellik çıkarak makine öğrenme algoritmaları ile sınıflandırma çalışması gerçekleştirmiştir. Elde edilen 86 özellik içeren bir öznetelik setinin sınıflandırılması ile yüksek doğruluğa ulaşılmıştır (Gang Li ve ark., 2023). B. Tejaswi Reddy ve diğerleri (2023), CNN tabanlı hibrit bir model geliştirerek %90 doğrulukla, SVM ile yapılan çalışmada ise %60 doğrulukla sınıflandırma performansı elde etmişlerdir (B. Tejaswi Reddy ve ark.,2023).

Bu çalışma kapsamında, sağlıklı bireylerin ve depresyon teşhisi konulan bireylerin EEG sinyalleri kullanılarak sinyal işleme, özellik çıkarma ve makine öğrenimi algoritmaları içeren bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Bu amaç kapsamında hem dinlenme durumunda hem de görev durumunda bireylerden kaydedilen 128 kanal EEG sinyalleri kullanılmıştır. EEG sinyallerinin zaman, frekans, doğrusal ve doğrusal olmayan çok yönlü özellikleri analiz edilmiştir. Bu çalışmada depresyonun sınıflandırılması için kullanılan özellikler veri setinin niteliği ve elde edilen sonuçlar ile literatüre katkı sağlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

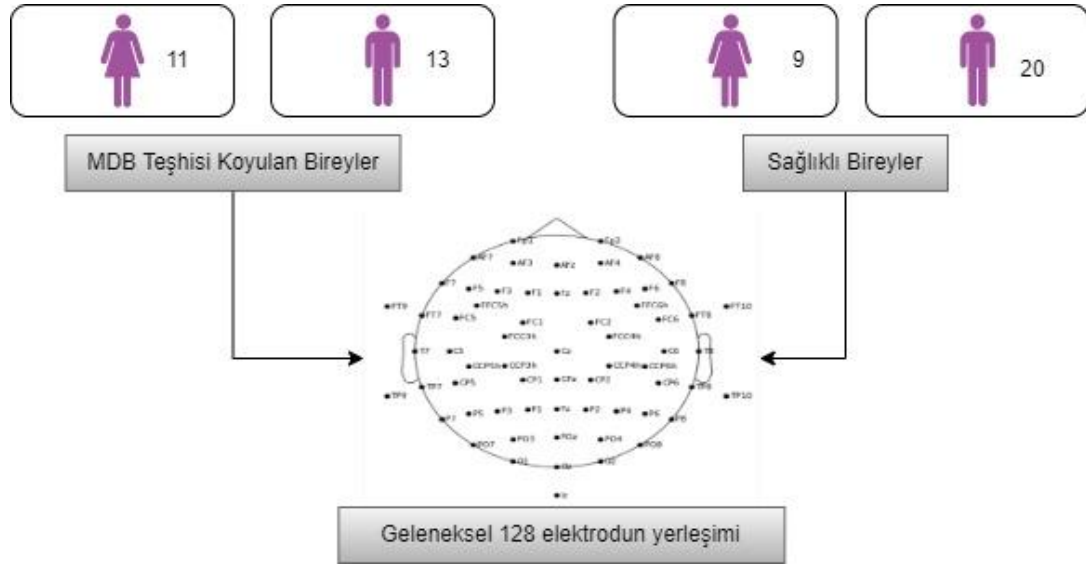
Bu çalışmada gerçekleştirilen işlem adımları Görsel 1'de verilen akış şemasında görülmektedir.



Görsel 1. Çalışmaya ait Akış Şeması

2.1 Veri Seti

Bu çalışmada, EEG sinyalleri ile depresyonun sınıflandırılması için Çin’de bulunan Lanzhou Üniversitesi açık erişim veri seti kullanılmıştır (Hu, Bin 2022). Veri seti, klinik olarak depresyon teşhisi konulan 24 adet hastanın ve 29 adet sağlıklı bireylerin EEG sinyallerini içermektedir. Depresyon teşhisi koyulan 24 bireyin 13’ü erkek, 11’i kadındır (Görsel 2). Sağlıklı bireylerin ise 20’si erkek 9’u kadındır. Her iki grubun yaş aralıkları 18-55’dir. Sınıflandırmada kullanılan EEG veri seti, geleneksel 128 elektrotlu elastik başlık kullanılarak elde edilmiştir. Sinyaller iki aşamada, güçlü elektromanyetik girişimin olmadığı, sessiz, ses geçirmez, iyi havalandırılan bir odada toplanmıştır. Verinin birinci kısmı dinlenme durumunda; bireylerin gözleri kapalı ve vücutları hareketsiz bir şekilde alınan sinyallerden oluşmaktadır. Bireyler bir süre dinlendikten sonra kaydın ikinci kısma geçilmiştir. Burada görsel bir uyarı olarak bireylere nötr bir yüz ifadesi ve daha sonra gri ekranda nokta gösterilmiştir. Bireylerden, noktayı gördükleri zaman yanlarında bulunan butona basmaları istenmiştir (Hanshu Cai ve ark. 2022). Böylece veri seti dinlenme durumunda ve görev tabanlı olmak üzere kaydedilen iki tür EEG sinyallerden oluşmaktadır.



Görsel 2. Veri Seti

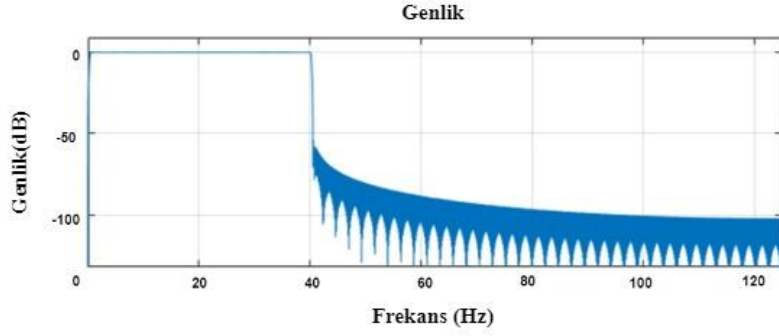
2.2 Verilerin ön işleme

Bu çalışmada, sinyallerin ön işleme aşamasında EEG sinyalleri filtrelenerek ICA yöntemi uygulanmıştır. Sinyallerin ön işlenmesi MATLAB yazılımı ile birlikte EEGLAB kullanılarak gerçekleştirilmiştir. EEG sinyalleri öncelikle 0.5-40 Hz kesim frekanslarına sahip bant geçiren filtreden geçirilmiştir.

EEG sinyalleri kaydedilirken insan vücudunun hareketleri veya çevrenin etkisinden dolayı gürültü meydana gelmektedir ve bu istenmeyen gürültüler sinyalleri etkilemektedir. Bundan dolayı gürültüleri yok etmek için sinyalin ön işleme aşamasında FIR filtre kullanılmıştır. FIR filtre yapısı birim geciktirme elemanı, çarpıcı ve toplayıcı olmak üzere üç temel elemandan oluşmaktadır. Birim geciktirme elemanlarının sayısı darbe cevabının sonlu süresini tanımlamaktadır. FIR filtrenin giriş çıkış ilişkisini veren Eşitlik 1'deki denklemde görüldüğü gibi N-1 adet birim geciktirme elemanların sayısı filtrenin derecesini belirlemektedir. Çarpıcı elemanlar ise bağlı oldukları giriş işaretini ilgili filtre katsayısı ile çarpmaktadır. Yani, k. geciktiricinin çıkışını temsil eden $x(n-k)$ girişine karşılık çarpıcının çıkışı üretilmektedir. Toplayıcılar ise, çarpıcı çıkışlarını birbiri ile toplayarak filtreye ait toplam çıkışın eldesini sağlamaktadır.

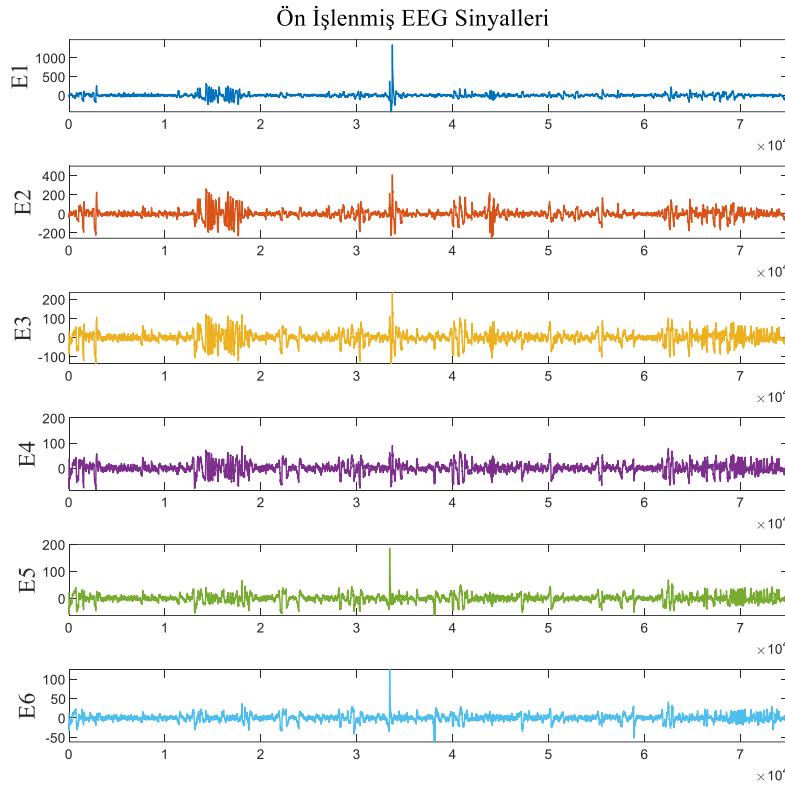
$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} b_k x(n-k) \quad 1$$

Bu çalışmada EEG sinyallerin filtrelenmesi için kullanılan filtrenin frekans yanıtı Görsel 3'de görülmektedir.



Görsel 3. Tasarlanan Fitrenin Frekans Yanıtı

Önişlenmiş EEG sinyalleri örnek olarak Görsel 4'te gösterilmektedir.



Görsel 4. Örnek Ön işlenmiş EEG sinyalleri

Bağımsız Bileşenler Analizi (Independent Component Analysis, ICA), FastICA algoritmasını kullanan doğrusal veri ayrıştırma yöntemlerinden biridir. ICA, göz kırpması, yatay göz hareketleri, kas aktivitesi, köleer implant gürültüsü gibi EEG verileri ve olaya ilişkin potansiyeller açısından gürültü olarak kabul edilen sinyallerin ayrıştırılmasında sıklıkla

kullanılmaktadır. ICA yöntemini uygulamak için bazı varsayımların yapılması gerekmektedir. Bu varsayımlar maddeler halinde sıralanmıştır:

- Ölçülen her sinyal, kaynak sinyalin doğrusal bir kombinasyonudur.
- Sinyaller istatistiksel olarak birbirinden bağımsızdır.
- Tüm sinyallerin değerleri Gaussian olmayan dağılıma sahiptir.

Mekansal ve zamansal özelliklerine göre ayrıştırma yapan ICA'nın EEG verilerinin fizyolojik ve fonksiyonel farklı bileşenlerini çıkarabileceği de literatürde ortaya konulmuştur (Zhukov, Weinstein ve Johnson, 2000).

Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada çok kanallı EEG verilerinin, zamansal ve mekansal istatistiksel özelliklerini göz önüne alınarak BBA ile tüm kanallarına etki eden gürültüler yok edilmiştir.

2.3 Özellik Çıkarma İşlemleri

Biyomedikal sinyallerin sınıflandırılmasında daha iyi performans elde etmek için özellik çıkarma ve boyut küçültme işlemleri önemlidir. Özellik çıkarmanın amacı, sınıflandırıcının verimliliğini artırmak için en sıkıştırılmış ve bilgilendirici özellikler kümesini bulmaktır. Bu çalışmada; aritmetik ortalama, maksimum, minimum, Hjorth parametreleri, alfa, beta, gamma, delta bantlarının gücü, ortalama enerji, enerji entropisi, Shannon entropisi, varyans, kurtosis gibi toplam 30 adet öznelitik tüm EEG kanallarından çıkarılmıştır. Elde Edilen özellikler Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Çıkarılan Özellikler

Zaman Özellikleri	Frekans Özellikleri
Ortalama Değer	Delta Bandı Gücü
Maksimum Değer	Teta Bandı Gücü
Minimum Değer	Alfa Bandı Gücü
Ortanca Değer	Beta Bandı Gücü
Mutlak farkların ortalamasının logaritması	Gamma Bandı Gücü
Ortalama Enerji	Alfa Bandı Gücü/Beta Bandı Gücü Oranı
Ortalama Teager Enerjisi	Doğrusal Özellikler
Logaritmik Enerji	Özyinelemeli(Autoregressive,AR) model parametresi (4 adet)
Birinci Türev	Doğrusal Olmayan Özellikler
İkinci Türev	Hjorth Parametreleri(3 adet)
Birinci türevin Normali	Renyi Entropi
İkinci türevin Normali	Shannon Entropi
Çarpıklık	Tsallis Entropi
Basıklık	
Standart Sapma	
Varyans	

Ortalama Eğri Uzunluğu

2.4 Öznitelik Seçme İşlemi

Özellik seçimi, bir veri kümesini modellemede en iyi tahmin gücünü sağlayan bir özellik alt kümesini seçen, boyut küçültme tekniğidir. Özellik seçimi aşırı öğrenmeyi azaltmakla beraber yorumlanabilirliği artırmaktadır. Bu çalışmada öznitelik seçme işlemi gerçekleştirilmek için LASSO tekniği kullanılmıştır. LASSO, en küçük kareler yöntemine alternatif yanlı tahmin yöntemlerinden biridir. Çoklu doğrusal bağlantı ve aşırı öğrenme sorunları için kullanılabilir. LASSO yöntemi, hem değişken seçiminin hem de regularizasyonun aynı anda gerçekleştiği bir regresyon tekniğidir. Bu yöntemde bir ceza terimi kullanılarak (L1 tipi cezalandırma) katsayılar sıfır olmaya doğru zorlanır. Bu ceza teriminin değeri regresyon katsayılarına uygulanacak büzülme miktarını belirler. Bu şekilde öznitelik seçimini gerçekleştirir (Hikmet Orhan, Merve Vergili, 2022).

Bu çalışmada her bir bireyden 127 kanaldan 33 özellik ile toplam 4191 öznitelik hesaplanmıştır. Hesaplanan özniteliklere uygulanan LASSO yöntemi ile elde edilen özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. LASSO yöntemi ile elde seçilen özellikler

Kanal İsmi	Hesaplanan Özellik	Kanal İsmi	Hesaplanan Özellik
E54	Delta Bandı Gücü (Bpd)	E113	Özyinelemeli modelin ikinci parametresi (ar2)
E53	Mutlak farkların ortalamasının logaritması (Lrsv)	E115	Renyi Entropi (Re)
E52	Beta Bandı Gücü (Bpb)	E2	Ortanca Değer (Md)
E53	Ortalama Teager Enerjisi (Mte)	E115	Minimum Değer (Min)
E51	Delta Bandı Gücü (Bpd)	E1	Ortalama Teager Enerjisi (Mte)
E54	Birinci Türevin Normali (n1d)	E124	Ar tmetik Ortalama (Am)
E52	Hjorth Mobilit Parametresi (Hm)	E124	Varyans (Var)
E54	Birinci Türev (1d)	E89	Özyinelemeli modelin dördüncü parametresi (ar4)
E54	Özyinelemeli modelin ikinci parametresi (ar2)	E30	Özyinelemeli modelin dördüncü parametresi (ar4)
E51	İkinci Türev (2d)	E99	Mutlak farkların ortalamasının logaritması (Lrsv)

E54	Aritmetik Ortalama (Am)	E70	Basıklık (Kurt)
E115	Delta Bandı Gücü (Bpd)	E105	Gamma Bandı Gücü (Bpg)
E127	Hjorth Aktivite Parametresi (Ha)	E67	Özyinelemeli modelin birinci parametresi (ar1)
E114	Hjorth Karmaşıklık Parametresi (Hc)	E14	Beta Bandı Gücü (Bpb)
E2	Özyinelemeli modelin dördüncü parametresi (ar4)	E17	Alfa Bandı Gücü/Beta Bandı Gücü Oranı (Rba)
E4	Beta Bandı Gücü (Bpb)	E55	İkinci Türev (2d)
E4	Özyinelemeli modelin üçüncü parametresi (ar3)	E14	Maksimum Değer (Max)
E53	Birinci Türev (1d)	E15	Alfa Bandı Gücü (Bpa)
E1	Özyinelemeli modelin ikinci parametresi (ar2)	E57	Varyans (Var)
E112	Minimum Değer (Min)	E13	Özyinelemeli modelin üçüncü parametresi (ar3)

2.5 Veri Dengeleme İşlemi

Veri setinde, sınıfların sıklığı veya sayısı arasında eşitsizlik bulunmaktadır. Bu duruma sınıf dengesizliği adı verilmektedir. Diğer sınıfa göre fazla sayıda olan sınıf çoğunluk sınıfı, daha az sayıda olan sınıf ise azınlık sınıfı olarak adlandırılır. Bu dengesizliği çözmek için ADASYN algoritması kullanılmaktadır. ADASYN algoritması, azınlık sınıflarını daha iyi temsil etmek için sentetik veri üretme stratejisi üzerine kuruludur (Haibo He ve ark., 2008). Bu strateji, azınlık sınıflarından örnekler çıkartır ve bu örneklerin çoğunluk sınıfı örneklerine yakın olan bölgelerde yeni sentetik örnekler üretir. Algoritma, her azınlık sınıfı örneği için bir ağırlık hesaplar. Bu ağırlık, bu örneklerin çevresindeki komşu örneklerin yoğunluğuna dayanır. Daha az temsil edilen azınlık örneklerine daha fazla ağırlık verilir, böylece bu örneklerin sentetik örneklerle güçlendirilmesi sağlanır. Bu çalışmada 24 depresyonlu, 29 adet sağlıklı bireye ait EEG sinyallerinden özellik çıkarılmıştır. Elde edilen özellikler kullanarak dengeleme işlemi yapılmıştır ve 29 depresyonlu 29 sağlıklı bireye ait dengelenmiş özellik veri seti oluşturulmuştur.

2.6 Çalışmada Kullanılan Sınıflandırma Algoritmaları

2.6.1 Yapay Sinir Ağları Yöntemi

Yapay sinir ağları, insan nöronun modellenmesiyle birlikte öğrenme metodunu taklit eden algoritma veya fiziksel araç olarak tanımlanmaktadır. Giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanından oluşur (Övünç Polat, 2007). Hatayı minimize ederek, öğrenme sürecinde verilen giriş ve çıkışlar arasındaki bağlantıyı bulmaya çalışır.

Bu çalışmada, sınıflandırma amaçlı olarak ileri beslemeli yapay sinir ağı (Feedforward Neural Network, FFNN) modeli oluşturulmuştur. FFNN, yapay sinir ağlarının temel ve en yaygın türlerinden biridir. Bu ağ türü, bilgi işleme için bir dizi katman içeren ve verinin bu katmanlardan ileriye doğru (feedforward) aktığı bir yapıya sahiptir.

Bu çalışmada modelin performansını optimize etmek için hiperparametreler Bayesian optimizasyon yöntemi ile belirlenmiştir.

2.6.2 Destek Vektör Makineleri Yöntemi

Destek Vektör Makineleri, yapısal risk minimizasyonu prensibine göre çalışan dışbükey optimizasyona dayalı makine öğrenmesi algoritmasıdır (Sevgi Ayhan ve Şenol Erdoğan, 2014). Söz konusu algoritma, veriye ilişkin herhangi bir birleşik dağılım fonksiyonu bilgisine ihtiyaç duymadığı için dağılımdan bağımsız öğrenmeyi temel almaktadır. (Mustafa Üstüner, 2013). SVM, örüntü tanıma ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için Vapnik tarafından geliştirilmiştir. SVM'in temelleri istatistiksel öğrenme teorisine diğer bir ifadeyle Vapnik-Chervonenkis (VC) teorisine dayanmaktadır.

2.6.3 K En Yakın Komşu Yöntemi

K En yakın komşu yönteminde, sınıflandırma yapılacak verilerin öğrenme kümesindeki normal davranış verilerine benzerlikleri hesaplanarak; en yakın olduğu düşünülen k verinin ortalamasıyla, belirlenen eşik değere göre sınıflara atamaları yapılmaktadır. K değeri sınıflandırma yapılacak verinin kaç veri ile yakınlığının ölçüleceğini belirlememizi sağlamaktadır (Hasan Demir ve ark., 2018).

ANN sınıflandırma modelinde olduğu gibi, SVM ve KNN modellerinin gerçekleştirilmesi aşamasında hiperparametreler Bayesian optimizasyon yöntemi ile optimize edilerek belirlenmiştir.

2.7 Performans Ölçütleri

Bu çalışmanın sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi için kullanılan ölçütler aşağıda sıralanmıştır:

Doğruluk (Accuracy) Duyarlılık ve özgüllük birleştirilerek tek bir ölçü elde edilmek istendiğinde kullanılan ölçülerden biri de doğru test sonucu olasılığıdır. Doğruluk, doğru tahmin edilen örneklerin toplam örnekler içindeki oranını gösterir. Formülü denklem 2'de gösterilmiştir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad 2$$

Hassasiyet (Sensitivity), pozitif olarak tahmin edilen örneklerin gerçekten pozitif olan örnekler içindeki oranını gösterir. Formülü denklem 3'te gösterilmiştir.

$$\text{Hassasiyet} = \frac{DP}{DP+YP} \quad 3$$

Özgüllük veya Seçicilik (Specificity), gerçekten pozitif olan örneklerin doğru olarak pozitif tahmin edilen örnekler içindeki oranını gösterir. Formülü denklem 4'te gösterilmiştir.

$$Seçicilik = \frac{DP}{DP+YN} \quad 4$$

Kesinlik (Precision), gerçekten negatif olan örneklerin doğru olarak negatif tahmin edilen örnekler içindeki oranını gösterir. Formülü denklem 5'te gösterilmiştir.

$$Kesinlik = \frac{DN}{DN+YP} \quad 5$$

F1 Skoru, hassasiyet ve seçiciliğin harmonik ortalamasıdır. Bu skor, dengeli bir performans gösteren modeller için tercih edilir. Formülü denklem 6'da gösterilmiştir.

$$F1 \text{ Skoru} = 2 \times \frac{Hassasiyet \times Seçicilik}{Hassasiyet + Seçicilik} \quad 6$$

Burada:

DP: Doğru pozitif tahminlerin sayısını, DN: Doğru negatif tahminlerin sayısını, YP: Yanlış pozitif tahminlerin sayısını, YN: Yanlış negatif tahminlerin sayısını göstermektedir.

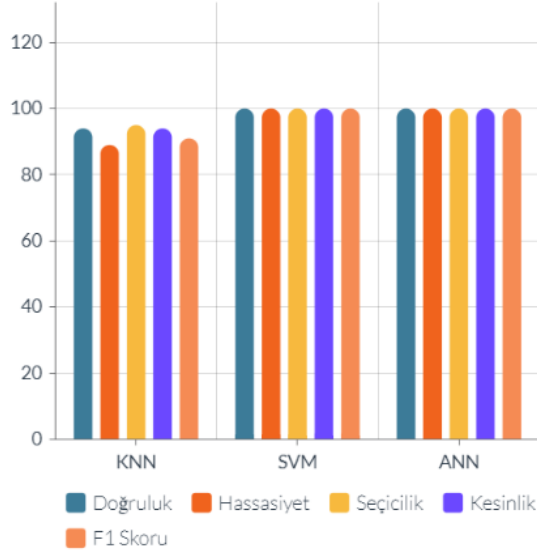
Bu çalışmada eğitim ve test verilerinin belirlenmesi için k katlı çapraz doğrulama (k-fold cross validation) yöntemi kullanılmıştır. Çapraz doğrulama (Cross-Validation), genellikle bir modelin genelleme yeteneğini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada 10-katlı çapraz doğrulama ve bir bırakmalı çapraz doğrulama (Leave-one-out cross validation, LOOCV) yöntemleri kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, EEG sinyallerin ön işlemlerinden sonra depresyon ve sağlıklı bireylerden oluşan iki grup için üç farklı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemleri 5 denemeli olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sınıflandırma yöntemleri ile, elde edilen performans değerlerinin ortalama değerleri Çizelge 3'de ve Görsel 6,7 de verilmiştir.

Çizelge 3. Sınıflandırma sonuçları

	KNN		SVM		ANN	
	Dinlenme Durumu	Uyaran Durumu	Dinlenme Durumu	Uyaran Durumu	Dinlenme Durumu	Uyaran Durumu
Doğruluk	%94	%99	%100	%100	%100	%100
Hassasiyet	%89	%96	%100	%100	%100	%100
Seçicilik	%95	%96	%100	%100	%100	%100
Kesinlik	%94	%95	%100	%100	%100	%100
F1 Skoru	%91	%96	%100	%100	%100	%100



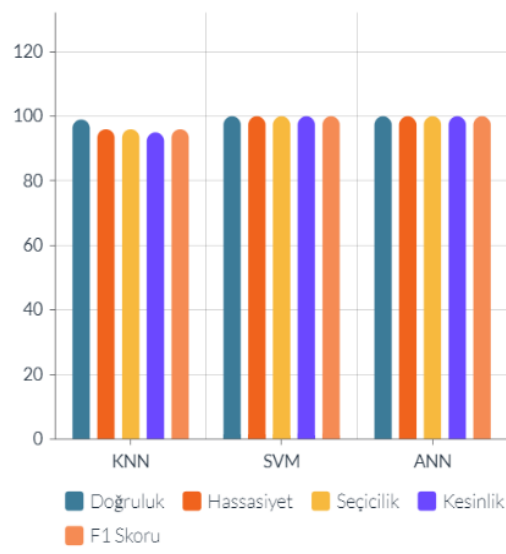
Görsel 6. Dinlenme Durumunda Kaydedilen

Sinyallerin Sınıflandırma Sonucu

10 fold ve LOOCV yöntemi ile eğitim ve test verileri kullanılarak elde edilen sonuçları Çizelge 4'te ve Görsel 8,9 da verilmiştir.

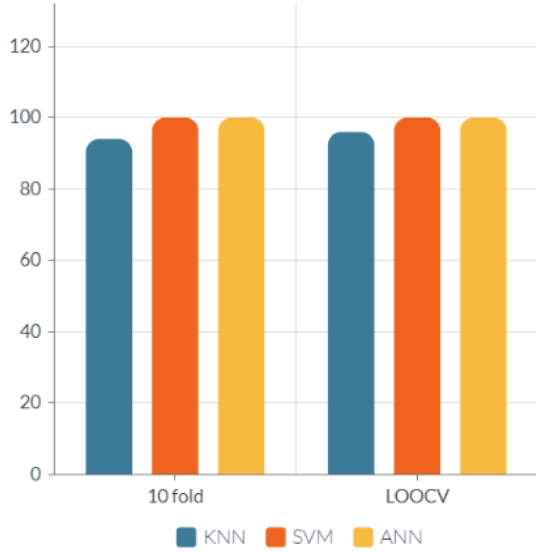
Çizelge 4. Dinlenme durumu ve uyaran durumu EEG sinyallerin 10 fold ve LOOCV ile sınıflandırma performansları

Sınıflandırma Yöntemi	Dinlenme Durumu		Uyaran Durumu	
	10 fold	LOOCV	10 fold	LOOCV
KNN	%94	%96	%99	%100
SVM	%100	%100	%100	%100
ANN	%100	%100	%100	%100

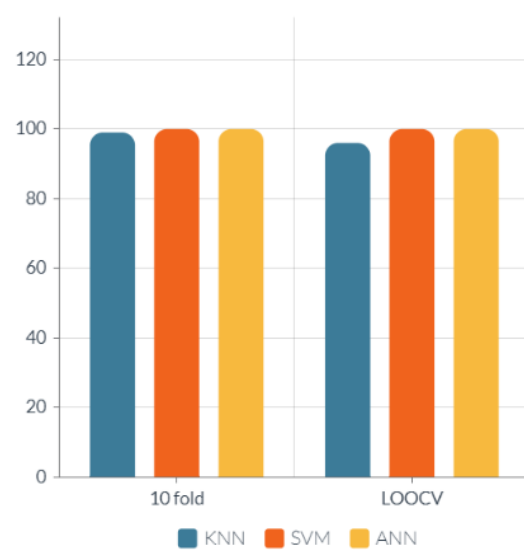


Görsel 7. Uyaran Verilerek Kaydedilen

Sinyallerin Sınıflandırma Sonucu



Görsel 8. Dinlenme Durumunda Kaydedilen Sinyallerin Sınıflandırma Sonucu



Görsel 9. Uyaran Verilerek Kaydedilen Sinyallerin Sınıflandırma Sonucu

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Depresyon, dünya genelinde milyonlarca insanın ruh halini, davranışını ve kişiliğini ciddi şekilde etkileyen yaygın bir ruhsal bozukluktur. Zamanında teşhisi, ve tedavisi oldukça önemli olduğundan bu süreci hızlandırmak için yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, EEG sinyallerinden çıkarılan özellikler, özellik seçme ve SVM, ANN ve KNN gibi makine öğrenme algoritmalarının uygulanması ile depresyonun sınıflandırılmasına yönelik bir yöntem önerilmiştir. Aynı veri setini kullanan literatür çalışmalara ait sınıflandırma performansları Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Literatür MODMA veri setini kullanan çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Makale	Sınıflandırma Yöntemi	Sınıflandırma Oranı
Cai ve ark.(2020)	Lojistik Regresyon	82.31%
Li ve ark. (2018)	KNN	94%
Peng ve ark.(2019)	SVM	92.73%
Önerilen	ANN, SVM, KNN	100 %

Depresyonunu sınıflandırılmasına yönelik farklı veri setleri kullanarak gerçekleştirilen literatür çalışmalarda elde edilen sınıflandırma sonuçları ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı veri setleri kullanan çalışmalarda elde edilen sınıflandırma sonuçları

Makale	Sınıflandırma Yöntemi	Sınıflandırma Sonucu
P. Sandheep ve ark.(2019)	Evrişimsel Sinir Ağları	99.31%

N. Bashir ve arkadaşları (2023)	KNN	%87.5
Murat Topal (2022)	Evrişimli Sinir Ağı	%99.6
	Karar Ağacı	%98.4
	Destek Vektör Makinesi	%95.7
Min Xia ve diğerleri (2023)	Uçtan-uca bir Derin Öğrenme	%91.06
B. Tejaswi Reddy ve diğerleri (2023),	Evrişimsel Sinir Ağları	%90
	SVM	%60

Verilen tablolardan da görüleceği üzerine önerilen özellik çıkarma-LASSO-Makine Öğrenimi yaklaşımı ile depresyonun sınıflandırmasına yönelik literatüre göre daha yüksek performanslı sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada önerilen yaklaşımlar kullanılarak SVM ve ANN makine öğrenme algoritmaları ile %100 doğruluk, hassasiyet, seçicilik ve kesinlik sağlayarak veri setindeki sinyallerin sınıflandırılabilceği gösterilmiştir.

KNN yönteminde ise genel olarak yüksek performanslı sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen, özellikle dinlenme durumu için 10-fold çapraz doğrulama işlemi ile %94 sınıflandırma performansı ile diğer yöntemlere kıyasla daha düşük performans sergilemiştir.

Bu sonuçlara göre çok kanallı EEG sinyallerinden elde edilen çoklu özelliklerin LASSO yöntemi ile seçilmesi durumunda sınıflandırma işlemi için etkili özelliklerin belirlenebileceği ve SVM, ANN gibi yöntemlerle yüksek performanslı sınıflandırma işleminin yapılabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] N., Bashir., Sanam, Narejo., Bushra, Naz., Muhammad, Rizwan, Anjum., A., Butt., Sadia, Binte, Anwar., Ramjee, Prasad“‘A Machine Learning Framework for Major Depressive Disorder (MDD) Detection Using Non-invasive EEG Signals”’ Wireless Personal Communications 2023.
- [2] M. Xia, Y. Zhang, Y. Wu and X. Wang “‘An End-to-End Deep Learning Model for EEG-Based Major Depressive Disorder Classification”’ in IEEE 2023.
- [3] Li, G., Zhong, H., Wang, J., Yang, Y., Li, H., Wang, S& Qi, X. “‘Machine learning techniques reveal aberrated multidimensional eeg characteristics in patients with depression”’ Brain Sciences (2023).
- [4] B. Tejaswi Reddy, B. Khyathi Nikhitha, L. SaiAnish Reddy, Dr. G. R. Anil International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology 2023.
- [5] Hu Bin, ‘Multi-modal Open Dataset for Mental-disorder Analysis’Lanzhou University, China 2022.
<https://modma.lzu.edu.cn/data/index/>
- [6] Cai H, Yuan Z, Gao Y, Sun S, Li N, Tian F, Xiao H, Li J, Yang Z, Li X, Zhao Q, Liu Z, Yao Z, Yang M, Peng H, Zhu J, Zhang X, Gao G, Zheng F, Li R, Guo Z, Ma R, Yang J,

- Zhang L, Hu X, Li Y, Hu B. A multi-modal open dataset for mental-disorder analysis, Sci Data,2020.
- [7] Zhukov L, Weinstein D, Johnson C. Independent component analysis for EEG source localization. IEEE Eng Med Biol Mag, 2000.
- [8] Övünç Polat, Patern Tanıma İçin Optimum Performanslı Yeni YSA Yaklaşımları ve Donanımsal Tasarımı, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2007.
- [9] Sevgi Ayhan ve Şenol Erdoğan, Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Çekirdek Fonksiyonu Seçimi 2014.
- [10] Mustafa Üstüner, Destek Vektör Makineleri Yöntemi ile Arazi Kullanımı Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarına Ait Karşılaştırmalı Parametre Duyarlık Analizi: Rapideye ve Spot Örneği 2013.
- [11] <https://www.veribilimiokulu.com/lasso-regresyon/>
(Erişim tarihi: 17.10.2021)
- [12] Hu,Bin “Multi-modal Open Dataset for Mental-disorder Analysis, Experimental Data” UK Data Service Veri tabanı 2022.
- [13] S. Mantri, D. Patil, P. Agrawal and V. Wadhai “Non invasive EEG signal processing framework for real time depression analysis” SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys), Londra, BK 2015.
- [14] Acharya UR, Sudarshan VK, Adeli H, Santhosh J, Koh JE, Adeli A. “Computer-Aided Diagnosis of Depression Using EEG Signals” Eur Neurol 2015.
- [15] Shahriar Saleque, Gul-A-Zannat Spriha, MD Rasheeq Ishraq Kamal, Rafia Tabassum Khan “Depression Classification with MDD (Major Depressive Disorder) using Signal Processing and Machine Learning” Department of Computer Science and Engineering Brac University 2020.
- [16] Cai, H., Gao, Y., Sun, S., Li, N., Tian, F., Xiao, H., Li, J., Yang, Z., Li, X., Zhao, Q., Liu, Z., Yao, Z., Yang, M., Peng, H., Zhu, J., Zhang, X., Hu, X., & Hu, B. MODMA dataset: a Multi-modal Open Dataset for Mental-disorder Analysis 2020.
- [17] Li, X., Li, J., Hu, B., Zhu, J., Zhang, X., Wei, L. & Zhang, L. Attentional bias in MDD: ERP components analysis and classification using a dot-probe task. Computer methods and programs in biomedicine 2018.
- [18] Peng, H., Xia, C., Wang, Z., Zhu, J., Zhang, X., Sun, S., & Li, X. Multivariate Pattern Analysis of EEG-Based Functional Connectivity: A Study on the Identification of Depression 2019.
- [19] Sandheep, P & Vineeth, S & Poulse, Meljo & Puthankattil, Subha Dharmapalan. Performance analysis of deep learning CNN in classification of depression EEG signals 2019.
- [20] He, Haibo & Bai, Yang & Garcia, Eduardo & Li, Shutao. ADASYN: Adaptive Synthetic Sampling Approach for Imbalanced Learning. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks 2008.
- [21] DEMİR, H., ERDOĞMUŞ, P., & KEKEÇOĞLU, M. Classification of Bee Species Using Support Vector Machines, YSA, K-Means and KNN. Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 2018.

- [22] Orhan, Hikmet, Vergili, Merve. “Genomik Veri Setlerinin LASSO ve Elastik Net Regresyon Yöntemleri ile Analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2022.

APİTOKSİN: ZEHİR Mİ YOKSA İLAÇ MI?

Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK

Gaziantep University, drhulyacicek@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1065-1582

ÖZET

Geçmişten günümüze bal, polen, arı sütü, propolis ve bir tür bal arısı olan *Apis mellifera*'nın zehrini içeren arı ürünleri gıda veya ilaç olarak kullanılmaktadır. Bu ürünlerin hastalıkların tedavisinde kullanılmasına apiterapi adı verilmektedir.

Hymenoptera takımına ait böcekler, birçok biyolojik olarak aktif bileşiği içeren zehri savunma maddesi olarak kullanılmaktadır. Özellikle bal arısı zehri, çeşitli hastalıklara karşı koruma sağlayan birçok etkili enzim, peptid ve aktif molekülden oluşur. Arı zehrinin ana bileşeni melittindir, bunun yanı sıra histamin, dopamin, norepinefrin, apamin, adolapin, mast hücresi degranüle edici peptid, fosfolipaz A2, hiyalüronidaz gibi enzimler de içermektedir.

Çeşitli araştırmalar, bazı hastalıkların tedavisinde arı zehrinin in vivo veya in vitro olarak kullanılma etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca arı zehrinin aktif fraksiyonlarının da klinik veya laboratuvar koşullarında etkinliği değerlendirilmiştir. Tüm bu çalışmaların sonucu olarak, arı zehri ve bileşenlerinin, anti-mikrobiyal, anti-artritik, anti-protozoan, anti-inflamatuar ve anti-kanser gibi birçok biyolojik aktivite gösterdiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada, alternatif bir tedavi protokolü olarak çeşitli hastalıkların tedavisinde ve ilaç toksisitelerine karşı koymada arı zehrinin kendisinin veya fraksiyonlarının içeriğinin araştırılması amaçlanmıştır. Arı zehri ve bileşenlerinin yaygın ve güncel moleküler etki mekanizmaları, bilimsel yayınlar ışığında tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: apitoksin, apiterapi, arı ürünleri, tedavi, melittin

Giriş

Apiterapi, birçok insan hastalığının tedavisinde bal arısı ürünlerinin, en önemlisi de arı zehrinin kullanımına dayanan alternatif bir tedavi yöntemidir (1). Arı zehrinin tıbbi kullanımı eski Mısır ve Yunanistan'a kadar uzanır ve Çin'de 3000-5000 yıldır uygulanmaktadır (2). Antik Yunan doktoru Hipokrat arı zehrini tedavi amaçlı kullanmıştır (3). Daha sonraki zamanlarda da arı zehrine olan ilgi gittikçe artmış, doktorlar ve lisanslı apiterapistler, kronik veya otoimmün hastalıkların tedavisinde bal arısı zehrini kullanmaya başlamışlardır.

Hem klinik araştırmalar hem de laboratuvar testleri, bal arısı zehrinin mükemmel bir biyoterapi şekli olduğunu doğrulamıştır. Bal arısı zehri bağ dokularının enflamasyonunu engelleyerek ve doğal vücut savunmasını destekleyerek etki göstermektedir (4).

Son zamanlarda zehir, farklı kanser türlerinin tedavisinde kullanılmaktadır ve terapötik etkilerinin yanı sıra arı zehrinin diğer ilaç türlerinin ve geleneksel ilaçların olumsuz etkilerini azaltabileceği de belirtilmektedir (5-6).

Bu çalışmada, alternatif bir tedavi protokolü olarak çeşitli hastalıkların tedavisinde ve ilaç toksisitelerine karşı koymada arı zehrinin kendisinin veya fraksiyonlarının içeriğinin araştırılması amaçlanmıştır. Arı zehri ve bileşenlerinin yaygın ve güncel moleküler etki mekanizmaları, bilimsel yayınlar ışığında tartışılmıştır.

2. Arılar

Arı, zarkanatlılar takımına ait Apoidea familyasını oluşturan tüm böcek türlerine verilen isimdir. Zar kanatlıların özelliği; içinde enine ve boyuna damarcıklar bulunan ve iki çift saydam zar şeklinde kanatlarının olmasıdır. Apis mellifera veya bal arısı, Apis cinsine bağlı bir arı türüdür. Dünya çapında 7-12 bal arısı türü arasında en yaygın olanıdır. Apis cins adı Latince "arı" anlamına gelir ve mellifera Latince "bal taşıyan" anlamına gelir ve türün bal üretimine atıfta bulunur. Arıların vücudu baş, göğüs ve karın olmak üzere üç kısımdan meydana gelir. Vücutları yumuşak yapıdaki yoğun bir kıl örtüsüyle kaplıdır. Kılların rengi türe göre değişkendir. Bir bal arısı kolonisi yıllık 15-75 kg polen tüketir. Gündelik yaşamlarını sürdürmek adına 1 kg bal üretmek için 8 kg bal tüketirler. Günde 200 gram suya ihtiyaç duyabilirler (7).

Entomolojik olarak Hymenoptera takımına ait arılar, karıncalar ve eşekarısı insanlarda toksisiteye neden olabilir. İnsanları zehirleyebilen Hymenoptera türleri, toksinlerini sıklıkla yırtıcı hayvanlara karşı acıya neden olan bir savunma mekanizması olarak kullanır. Görsel sinyaller, yuvalarının titreşimleri ve işçilerin rahatsız olması gibi farklı faktörler tepkilerine neden olur (8).

Zehirleri tuzlar, amino asitler, alkaloidler ve nörotransmitterlerin karmaşık kombinasyonlarıdır. Zehirlerin bileşimleri hymenopteran türleri ve bazı bileşenlerin konsantrasyonu arasında büyük farklılıklar gösterir ve aynı cinsin türlerinde de farklılık gösterebilir (9). Melittin, apamin, ve mast hücrelerini parçalayan peptid sadece bal arısı zehrinde bulunmaktadır. Ayrıca yaban arısı zehirleriyle ortak olarak adrenalin, noradrenalin, dopamin, serotonin, histamin, hiyalüronidaz, fosfolipaz B ve fosfolipaz A2 gibi moleküller de içerir (10).

3. Arı Zehri

Apitoksin adı verilen arı zehri, arıların (Apis mellifera L.) karın boşluğunda yer alan bir bez tarafından salgılanır. Arıların sıklıkla yırtıcı hayvanlara karşı savunma aracı olarak kullandıkları kokusuz ve şeffaf asidik bir sıvıdır. Bal arısı zehri, ana bileşeni olan melittin, apamin, adolapin, mast hücresi degranüle edici peptid, histamin, dopamin ve norepinefrin, fosfolipaz A2 ve hiyalüronidaz gibi çeşitli aktif moleküller içerir. Ana bileşenler, kuru zehrin yaklaşık yüzde 50'sini oluşturan melittin ve yaklaşık yüzde 12'sini oluşturan fosfolipaz A2'dir. Klasik tıpta arı zehri ve arı türevi toksinler, artrit, kanser, ağrıların ve kronik inflamatuvar bozuklukların tedavisinde kullanılmıştır (11, 12).

Arı sokması tedavisinde arılar doğrudan hedef noktaya giderek iğnelerini kullanır, arı zehri tedavisinde ise arılardan toplanıp liyofilize edilmiş zehir, farklı dozlarda doğrudan enjekte edilir (12). Romatoid artrit ve sedef hastalığı gibi otoimmün hastalıklar, nörolojik bozukluklar, kronik inflamasyonlar, cilt hastalıkları, ağrı ve bazı enfeksiyonlar gibi farklı şikayetlerin tedavisinde arı zehri enjekte edilmektedir (13).

Bal arısı zehri, acı tadı, hoş kokulu, özgül ağırlığı 1.13 ve pH'ı 4.5-5.5 olan berrak bir sıvıdır, havayla temas ettiğinde hızla kurur ve kristalleşir (14). Kurutulmuş zehir açık sarı bir renge dönüşür ve bazı ticari preparatlar kahverengiye döner. Suda çözünür, alkol ve amonyum sülfatta çözünmez. Arı zehri, toplama sırasında kolayca kaybolan çok sayıda uçucu bileşik içerir (12). Bal arısı zehri fosfolipaz A2, fosfolipaz B, asit fosfomonoesteraz, hiyalüronidaz, fosfataz ve lisofosfolipaz gibi enzim görevi gören proteinlerin yanı sıra melittin, apamin, adolapin, tertiapin ve secapin gibi daha küçük proteinleri ve peptitleri içerir.

Diğer bileşenleri içinde fosfolipitler ve histamin, dopamin ve noradrenalin gibi fizyolojik olarak aktif aminler, amino asitler, glikoz ve fruktoz gibi şekerler, feromonlar ve kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller de bulunmaktadır. Bal arısı zehrinin ana bileşeni, 26 amino asitten oluşan ve kuru zehrin %40-50'sini temsil eden melittindir (15).

Arı zehrinin farmakolojisi in vivo ve in vitro çalışmalarla incelenmiştir. Arı zehrinin anti-mutasyon önleyici, anti-mikrobiyal, ağrı kesici, antiinflamatuvar, nöroprotektif, anti-artritik radyasyondan koruyucu, anti-hepatotoksik, oksidasyonu önleyici, sitoprotektif, metastaz önleyici ve antitümör gibi çok çeşitli farmakolojik etkileri vardır (16, 17).

4. Arı Zehrinin Klinik uygulamaları

Arı zehrinin çok çeşitli biyolojik özellikleri göz önüne alındığında, birçok hastalıkta tedavi edici amaçlarla kullanımının doğru bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Arı zehri tedavisi, diğer birçok tamamlayıcı ve alternatif tıp yaklaşımı gibi, birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır (12). Enjeksiyonla uygulanmasından önce, bal arısı zehri doğrudan bal arılarının iğneleri aracılığıyla hasta doğrudan sokturularak tedavi sağlanıyordu (18).

Canlı bal arısı yönteminde, bal arısı, zehri uygulayan kişi tarafından cımbız veya başka bir aletle düzgün bir şekilde tutulur ve daha sonra hastanın vücudunun tedavi edilecek kısmına koyulur ve bu noktada bal arısı refleks olarak sokar. Bal arıları çoğu zaman insan vücudunu soktuğunda ölür ancak, başka böcekleri soktuklarında ölmezler. Bal arısı insan vücudunu soktuktan sonra iğneyi geri çekemez, iğne ile birlikte sindirim sisteminin bir kısmını, kasları ve sinirleri de bırakır bu da ölümüne yol açar (19).

Apiterapi duruma bağlı olarak, doğrudan arı sokması, arı zehri enjeksiyonu veya arı zehri akupunktur gibi farklı tedavi yöntemleriyle uygulanabilmektedir. Arı zehrinin doğrudan bal arısından alınması yerine enjeksiyon yoluyla uygulanması tavsiye edilse de çoğu çalışma ve uygulama, akupunkturun mekanik uyarımı ile birleşen biyoaktivite nedeniyle arı zehri akupunkturunu tavsiye etmektedir. Klinik ortamlarda akupunktur noktalarına arı zehri enjeksiyonunun Alzheimer, Parkinson hastalığı, nöropatik ağrı, intervertebral disk hastalığı, omurilik yaralanması, kas-iskelet sistemi ağrısı, artrit, multipl skleroz, cilt hastalıkları ve kanser gibi klinik bozuklukların tedavisinde etkili olduğu rapor edilmiştir. Arı zehrinin akupunktur noktalarına enjeksiyonunun etkinliği muhtemelen anti-inflamatuvar, anti-nosiseptif ve anti-apoptoz etkilerinden kaynaklanmaktadır (20).

Arıların tedavi potansiyeli ile ilgili olarak, insanlarda yapılan bir çalışma, arı zehri akupunkturunun, yetişkinlerin 8 hafta boyunca haftada iki kez 10 akupunktur noktasında uyarılması durumunda Parkinson hastalığının tedavisinde adjuvan olarak etkinlik gösterdiğini göstermiştir (21).

Ayrıca arı sokması tedavisi uygulandığında Batı ilaçlarının dozlarının azaltılabileceğini ve nüksetme oranının azaldığı da belirtilmektedir.

Arı zehrinin, özellikle de melittin'in çeşitli kanser türlerine karşı potansiyel kullanımına ilişkin pek çok olumlu sonuç olmasına rağmen, spesifik olmayan sitotoksitesi nedeniyle insanlara uygulanabilirliği oldukça zorlu olmaya devam etmektedir (22).

Arı zehrinin geniş kapsamlı terapötik potansiyellerine rağmen, arı zehri uygulamasıyla bağlantılı potansiyel yan etkiler veya alerjik reaksiyonlar da görülebilmektedir (23).

Sistemik alerjik arı sokması reaksiyonları çocukların %3,4'üne ve yetişkinlerin %7,5'ine kadarında gösterilmiştir. Bu alerjik reaksiyonlar, hafif ve ciltle sınırlı veya hayatı tehdit eden anafilaksi riski taşıyan orta ila şiddetli olarak kategorize edilebilir. Bu nedenle arı zehri tedavisi uygulanmadan önce mutlaka alerji testi yapılmalıdır. Daha ileri sistemik sokma reaksiyonlarını ortadan kaldıran tek tedavi, zehir allerjisi olan çocuklarda ve yetişkinlerde daha ileri orta-şiddetli sistemik sokma reaksiyonlarını önlediği belirtilen venom immünoterapisidir (24).

Arı zehrinin protein yapısından dolayı, mide-bağırsak enzimleri tarafından sindirilebilmesi nedeniyle ağız yoluyla uygulanması zordur. Arı zehri tedavisi, arıların doğrudan belirli noktaları sokması, saflaştırılmış ve steril arı zehrinin enjekte edilmesi, arı zehri merhemleri, kremler, haplar, damlalar, gibi farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Bal arılarının doğrudan sokmasıyla yapılan tedavi, geleneksel bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmektedir. Sokmanın neden olduğu ağrı ve iltihaplanma, kandaki düzenli konsantrasyonlarını korumanın zorluğu, melittin'in yarı ömrünün kısa olması nedeniyle uzun süreli bir dizi sokma veya enjeksiyon uygulanmasının gerekliliği gibi birçok dezavantajı vardır (25).

5. Farmasötik Arı Zehri Ürünleri

Batı ülkelerinde arı zehrinin enjekte edilebilir formları, yan etkileri olan bazı ilaçlara alternatif bir yoldur. Bu özellikle romatoid artrit için geçerlidir. Hastalığın türüne bağlı olarak arı zehri, krem, tablet veya merhem formunda kullanılabilir. Diğer farmasötik formlar, arı zehrinin steril, enjekte edilebilir sıvılarla karıştırılması ve bunların cam şişelere veya şırıngalara doldurulmasından oluşur. Ayrıca kuru zehir liyofilize halde tutulur ve enjeksiyon sırasında solventle karıştırılır (26).

Avrupa ve Çin'de arı zehri solüsyonları elektroforez veya ultrasonoforez ile de kullanılmaktadır. Bazı üreticiler, önemli etkiler elde etmek için arı zehrine, polen, propolis, bal ve arı sütü gibi diğer bazı arı ürünlerini de eklemiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, alternatif bir tedavi protokolü olarak çeşitli hastalıkların tedavisinde ve ilaç toksisitelerine karşı koymada arı zehrinin kendisinin veya fraksiyonlarının içeriği tartışılmıştır. Arı zehri ve bileşenlerinin yaygın ve güncel moleküler etki mekanizmaları, bilimsel yayınlar ışığında incelenmiş ve çeşitli alanlarda kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

Bal arısı zehri ve bileşenleri çok çeşitli biyolojik ve farmakolojik aktivitelere sahiptir. Klinisyenler tarafından birçok hastalığın tedavisinde klinik uygulamalara konu olmuştur. Farklı ülkelerde birçok hastalığın tedavisinde kullanılmak üzere lisanslanmıştır. Apitoksin çeşitli farmasötik formlarda ve farklı şekillerde ilaç pazarlarında yerini almıştır. Zehir içeriğinde bulunan her bir molekülün araştırmacılar tarafından ayrıntılı olarak incelenmesi hem literatüre hem de yeni ürünler ve uygulamalar geliştirilmesine ışık tutacaktır. Arı zehri ve bileşenlerinin

etkinliğinin artırılması ve yan etkilerinin azaltılması amacı ile yeni formlar geliştirilerek güvenilirliğini artırıcı çalışmalar yapılabilir.

Kaynaklar

1. Wehbe, R.; Frangieh, J.; Rima, M.; El Obeid, D.; Sabatier, J.M.; Fajloun, Z. Bee Venom: Overview of Main Compounds and Bioactivities for Therapeutic Interests. *Molecules* 2019, 24, 2997.
2. Rose, A. Bees in Balance; Starboint Enterprises, Ltd.: Bethesda, MD, USA, 1994.
3. Bogdanov, S. Biological and Therapeutic Properties of Bee Venom. In *The Bee Venom Book; Bee Product Science*: Bern, Switzerland, 2016; pp. 1-23.
4. Rho, Y.H.; Woo, J.H.; Choi, S.J.; Lee, Y.H.; Ji, J.D.; Song, G.G. A new onset of systemic lupus erythematosus developed after bee venom therapy. *Korean J. Intern. Med.* 2009, 24, 283-285.
5. Oršolić, N. Bee venom in cancer therapy. *Cancer Metastasis Rev.* 2012, 31, 173-194.
6. Kim, H.; Keum, D.J.; Kwak, J.W.; Chung, H.-S.; Bae, H. Bee Venom Phospholipase A2 Protects against Acetaminophen-Induced Acute Liver Injury by Modulating Regulatory T Cells and IL-10 in Mice. *PLoS ONE* 2014, 9, e114726.
7. Michener, Charles D. (2000). *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press. ss. 19-25.
8. Akre, R.D.; Reed, H.C. Ants, Wasps and Bees: In the Textbook of Medical and Veterinary Entomology, 2nd ed.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 2009; pp. 383-410.
9. Casewell, N.R.; Wuster, W.; Vonk, F.J.; Harrison, R.A.; Fry, B.G. Complex cocktails: The evolutionary novelty of venoms. *Trends Ecol. Evol.* 2013, 28, 219-229.
10. Pucca, M.B.; Cerni, F.A.; Janke, R.; Bermúdez-Méndez, F.; Ledsgaard, L.; Barbosa, J.E.; Laustsen, A.H. Bee updated: Current knowledge on bee venom and bee envenoming therapy. *Front. Immunol.* 2019, 10, 2090.
11. Moreno, M.; Giralt, E. Three valuable peptides from bee and wasp venoms for therapeutic and biotechnological use: Melittin, apamin and mastoparan. *Toxins* 2015, 7, 1126-1150.
12. Ali, M.A.M. Studies on bee venom and its medical uses. *Int. J. Adv. Res. Technol.* 2012, 1, 1-15.
13. Zhang, S.; Liu, Y.; Ye, Y.; Wang, X.R.; Lin, L.T.; Xiao, L.Y.; Zhou, P.; Shi, G.X.; Liu, C.Z. Bee venom therapy: Potential mechanisms and therapeutic applications. *Toxicon* 2018, 148, 64-73.
14. Kolaylı, S.; Keskin, M. Natural bee products and their apitherapeutic applications. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 2020, 66, 175-196.
15. Son, D. J., Lee, J. W., Lee, Y. H., Song, H. S., Lee, C. K., & Hong, J. T. (2007). Therapeutic application of anti-arthritis, pain-releasing, and anti-cancer effects of bee venom and its constituent compounds. *Pharmacology & therapeutics*, 115, 2, 246-270.
16. Hassan, S.A.; Alazragi, R.S.; Salem, N.A. Potential Therapeutic effect of Bee Venom on Cisplatin-Induced Hepatotoxicity. *J. Pharm. Res. Int.* 2021, 33, 200-210.
17. Cornara, L.; Biagi, M.; Xiao, J.; Burlando, B. Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Front. Pharmacol.* 2017, 8, 412.
18. Park, J.H.; Yim, B.K.; Lee, J.-H.; Lee, S.; Kim, T.-H. Risk Associated with Bee Venom Therapy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 2015, 10, e0126971.
19. Lin, T.-Y.; Hsieh, C.-L. Clinical Applications of Bee Venom Acupoint Injection. *Toxins* 2020, 12, 618.

20. Kwon, Y.B.; Lee, J.D.; Lee, H.J.; Han, H.J.; Mar, W.C.; Kang, S.K.; Beitz, A.J.; Lee, J.H. Bee venom injection into an acupuncture point reduces arthritis associated edema and nociceptive responses. *Pain* 2001, 90, 271-280.
21. Cho, S.Y.; Shim, S.R.; Rhee, H.Y.; Park, H.J.; Jung, W.S.; Moon, S.K.; Park, J.M.; Ko, C.N.; Cho, K.H.; Park, S.U. Effectiveness of acupuncture and bee venom acupuncture in idiopathic Parkinson's disease. *Park. Relat. Disord.* 2012, 18, 948-952.
22. Park, J.H.; Kim, K.H.; Kim, S.J.; Lee, W.R.; Lee, K.G.; Park, K.K. Bee Venom Protects Hepatocytes from Tumor Necrosis Factor-alpha and Actinomycin D. *Arch. Pharmacol. Res.* 2010, 33, 215-223.
23. Cherniack, E.P.; Govorushko, S. To bee or not to bee: The potential efficacy and safety of bee venom acupuncture in humans. *Toxicon* 2018, 154, 74-78.
24. Sturm, G.J.; Varga, E.-M.; Roberts, G.; Mosbech, H.; Bilò, M.B.; Akdis, C.A.; Antolín-Amérigo, D.; Cichocka-Jarosz, E.; Gawlik, R.; Jakob, T.; et al. EAACI guidelines on allergen immunotherapy: Hymenoptera venom allergy. *Allergy* 2018, 73, 744-764.
25. Park, M.-H.; Kim, J.-H.; Jeon, J.-W.; Park, J.-K.; Lee, B.-J.; Suh, G.-H.; Cho, C.-W. Preformulation Studies of Bee Venom for the Preparation of Bee Venom-Loaded PLGA Particles. *Molecules* 2015, 20, 15072–15083.
26. Singh, D. Bee venom. In *Commercial Beekeeping (Production, Processing and Value Addition of Beehive Products for Income and Employment Generation)*; Scientific Publishers: Jodhpur, India, 2020; pp. 257-262.

