

# CONFERENCE BOOK



TUNCELİ  
25 - 27 EKİM 2024

## MUNZUR 7. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



MUNZUR  
7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES  
OCTOBER 25 - 27, 2024  
TUNCELİ

ISBN : 978-625-6283-90-9  
Academy Global Publishing House





*MUNZUR 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES  
OCTOBER 25 - 27, 2024  
TUNCELI*

*Edited By  
ASSOC. PROF. DR. YELİZ ÇAKIR SAHİLLİ*

**CONFERENCE ORGANIZING BOARD**

*Head of Conference. Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli,*

*Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Naile Bilgili*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Ali Bilgili*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Başak Hanedan*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek Kanbur*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Həcər Hüseynova*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando*

*Organizing Committee Member: Prof. Dr. Raihan Yusoph*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Ivaylo Staykov*

*Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade*

*Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou*

*Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma*

*Organizing Committee Member: Aynur Əliyeva*

*Organizing Committee Member: 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 Global–2024 ©*

*Issued: 25.11.2024  
ISBN: 978-625-6283-90-9*

# CONFERENCE ID

---

**MUNZUR 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**

**DATE – PLACE**

**OCTOBER 25 - 27, 2024**

**TUNCELI**

**ORGANIZATION**

**ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS**

**EVALUATION PROCESS**

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

**PARTICIPATING COUNTRIES**

**Turkey – Indonesia- India- Australia- Iran- Ukraine- Korea- Canada- Pakistan- Spain- Usa- China- Taiwan- Bulgaria- Thailand- Lebanon- Czech Republic- Japan- Taiwan – Kuwait – Algeria- Germany- Poland- Kazakhstan- Portugal- *Egypt*- Malaysia-Tunisia**

**PRESENTATION**

**Oral presentation**

**PERCENTAGE OF PARTICIPATION**

**53 papers presented by participants from Turkey and 83 papers 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 BILGILI – 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 VALADBIGI – 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 - Ozbekstan  
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFFARI – 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  
Assoc. Prof. Dr. Erkan EFILTI - Kyrgyzstan  
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Türkiye  
Assist. Prof. K. R. PADMA – India  
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan

- Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZI - Saudi Arabia  
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan  
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria  
Assist. Prof. Dr. 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. Hilal ARSLANOGLU ISIK - Türkiye  
Assist. Prof. Dr. Özlem ERDEM - Türkiye  
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan  
Sonali MALHOTRA - India



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-99771277-100-422356  
Konu : Eğitim - Öğretim İşleri (Genel)

26.09.2023

Sayın Doç. Dr. Feran AŞUR

İlgi : 20.09.2023 tarihli, 30097411-100-419400 sayılı yazınız.

Academy Global Conferens & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurulunda görevlendirilmeniz Dekanlığımızca uygun bulunmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Şevket ALP  
Dekan

**Bu belge, güvenli elektronik İmza ile imzalanmıştır.**

Doğrulama Kodu :BSRZ65ADS8 Pin Kodu :87362 Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=4575&eD=BSRZ65ADS8&eS=422356>

Adres: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Dekanlığı Zeve Kampüsü 65080 Tuşba/VAN

Telefon No: +90 432 2251701-04 / +90 4445065 Faks No: +90 432 4865413

e-Posta: rektorluk@yyu.edu.tr İnternet Adresi: <http://www.yyu.edu.tr>

Bilgi için: Fatma TUNÇER

Unvanı: Bilgisayar İşletmeni



Tel No: 21112

MUNZUR 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
SOCIAL SCIENCES  
MUNZUR 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
APPLIED SCIENCES  
The ARTTown 3<sup>rd</sup> INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION  
OCTOBER 25 - 27, 2024  
TUNCELI

**Kongre Bağlantı Linki :**

**Join Zoom Meeting**

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

**Meeting ID: 885 7151 8350**

**Passcode: 202224**



### ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

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

### 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,



MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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	Doç. Dr. Güzide ŞENEL	1	ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SEÇİM YAPMA YÖNTEMLERİ	Doç. Dr. Güzide ŞENEL
		2	PERSONEL SEÇİM PROBLEMİNİN KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ÇÖZÜM UYGULAMASI	Doç. Dr. Güzide ŞENEL
		3	Fen Bilimleri Perspektifinden STEM: Matematik-Türkçe Disiplinlerarası Model Yaratma Çalışması	Doç. Dr. Güzide ŞENEL
		4	DYNAMICALLY SIMULATING LIMITS IN MAPLE: MATHEMATICAL EXPLORATION AND IN-DEPTH UNDERSTANDING	Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ Prof. Dr. Yasin SOYLU
		5	DYNAMIC LEARNING OBJECT DEMONSTRATING COEFFICIENT-ROOT RELATIONSHIPS IN MATLAB: A GRAPHICAL EXPLORATION AND LEARNING ADVENTURE	Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ Prof. Dr. Yasin SOYLU
		6	The Generalized Taxicab Circular Inversion	YELİZ BİLGİN Prof. Dr., SÜHEYLA EKMEKÇİ
		7		
		8		

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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. Bahadır KOZ	1	EVALUATION OF AIR QUALITY OF SOME HIGH SCHOOL IN GİRESUN PROVINCE IN TERMS OF HEAVY METALS	Prof. Dr. Bahadır KOZ
		2	DETERMINATION OF FLOWERING PLANTS IN THE GARDENS OF SOME HIGH SCHOOLS IN GİRESUN	Prof. Dr. Bahadır KOZ
		3	GÖRÜNMEYEN TEHDİT: KARBONDİOKSİT VE EŞDEĞER GAZLARIN HALK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ SESSİZ ETKİLERİ	Nur Didem KEŞER Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU
		4	TABAN KÜLÜNÜN TOPRAK İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI	Sercan YAKIN Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU
		5	DRINKING WATER QUALITY MONITORING AND EVALUATION IN İĞDIR PROVINCE	MSc Zehra SİNİ Assist. Prof. Dr. Sevtap TIRINK

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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 Ahmet İLİCA	1	DIRECT DRIVE AND GEARED DRIVEN WIND TURBINE SYSTEMS	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İLİCA
		2	MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İLİCA
		3	OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING OF DGs IN DISTRIBUTION SYSTEMS	Seyhan TURAL Doç. Dr. Bedri KEKEZOĞLU
		4	SİBER SALDIRILARA KARŞI ARAÇLARDAKİ OBD II PORTUNUN GATEWAY İLE KORUNMASI	Ar-Ge Elektrik Yazılım Ekip Lideri, -İbrahim Bilen Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Âdem Sevilmiş Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş
		5	BSIS/MOIS SİSTEMİNİN ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA UYGULANMASI VE SİSTEMİN ÇEVREYE ETKİLERİ	Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Âdem Sevilmiş Ar-Ge Elektrik Yazılım Ekip Lideri, -İbrahim Bilen Ar-Ge Homologasyon ve Test Mühendisi, -Berhan Can DONAT
		6	INVERSE AND FORWARD KINEMATIC ANALYSIS OF A THREE-JOINTED QUADRUPED ROBOT	Postgraduate Student BAHÇET MÜBAREK Asst. Prof. MUHAMMET AYDIN
		7	DYNAMICS OF A TWO-JOINTED QUADRUPED ROBOT	Postgraduate Student BAHÇET MÜBAREK Asst. Prof. MUHAMMET AYDIN

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator	Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors	
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr. Sameer Khan	1	OPTIMAL CONTROL STRATEGIES FOR VELOCITY REGULATION OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR DRIVES	Dr. Roozbeh Molavi, Assis. Prof. Dr. Davood A. Khaburi
		2	GA-BASED VOLTAGE OPTIMIZATION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DECENTRALIZED GENERATION	Dr. Amir Eslami, Assoc. Prof. Dr. Navid Ghaffari
		3	HANDWRITING RECOGNITION USING NEURAL NETWORKS AND SPEECH SPECTRAL ANALYSIS	Assoc. Prof. Dr. Sameer Khan
		4	ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THERMAL DESALINATION USING OCEAN THERMOCLINE AND WASTE HEAT	Dr. Aditi Verma, Dr. R. K. Sharma, P. K. Singh
		5	DEVELOPING A VISION-BASED MONITORING SYSTEM FOR OUTDOOR CHILD SAFETY	Dr. Sara Nouri, Prof. Dr. Hiroshi Takeda
		6	NETWORK DEVICE DETECTION FOR ADVANCED MANAGEMENT SYSTEMS USING SNMP PROTOCOL	Dr. Mohsen Tavakoli
		7	THEMATIC ROLE EXTRACTION THROUGH LIGHTWEIGHT SEMANTIC PARSING TECHNIQUES	Dr. Ankita Rao, Prof. Dr. Vivek Mathur
		8		

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Ananya Patel	1	A CRITICAL ANALYSIS OF CHITOSAN UTILIZATION AS A NATURAL ANTIMICROBIAL	F. Nejati Hafdani, N. Sadeghinia
		2	INVESTIGATING THE COGNITIVE-ENHANCING POTENTIAL OF BACOPA MONNIERI EXTRACT IN NEUROGENESIS	Dr. Ananya Patel
		3	FORMULATION AND EVALUATION OF PROBIOTIC VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING LACTOBACILLUS STRAINS	Dr. Lina García, Dr. Pablo Hernández
		4	ISOLATION OF STIGMASTEROL GLYCOSIDE FROM THE ROOTS OF CURCUMA LONGA	Prof. Dr. Sarah Collins, Dr. Michael Collins
		5	UTILIZING MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN PHARMACEUTICAL COMPOUND DISCOVERY	Dr. Emma Novak, Dr. Jonathan Blume
		6	PHARMACOKINETIC MODELING OF THEOPHYLLINE MICROCAPSULES USING A DECONVOLUTION APPROACH	Assoc. Prof. Emily Nguyen, Dr. Farah Ibrahim
		7	ASSESSING THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF METHANOL EXTRACTS FROM INDONESIAN HERBS AGAINST E. COLI	Dr. Siti Aisyah, Dr. Rizky Ardiansyah

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Kaveh Shafiei	1	THE HONG KONG LOW-FERTILITY DILEMMA: CAN MAINLANDERS' BIRTHS CONTRIBUTE TO REVITALIZING THE LOW-FERTILITY ISSUE?	Nancy Iri Dr. Ling Sze Leung
		2	A MULTI-AGENT SYSTEM FOR ENHANCING KNOWLEDGE MANAGEMENT AND E-LEARNING	Natalia Ivanova, Viktor Petrov
		3	PHYSICIAN BRAIN DRAIN: DRIVERS AND IMPACTS IN BANGLADESH	Amina Hossain, Farid Mahmud, Saifur Rahman
		4	TRANSITION FROM REGIONALISM TO COALITION: SHIFTS IN LANGUAGE POLITICS AND LEADERSHIP IN THE TAMIL MOVEMENT	Dr. Arun Natarajan
		5	A FRAMEWORK FOR EFFECTIVE KNOWLEDGE SHARING IN INTERCONNECTED ENTERPRISES	Sahar Makhmalbaf
		6	USER ENGAGEMENT AND SATISFACTION IN INFORMATION SYSTEMS	Hasan Kermani, Laila Abdelrahman
		7	ENVIRONMENTAL IMPACTS OF URBANIZATION ON RIVER HEALTH IN THE KERMAN REGION	Mohammad Rezaei, Zahra Tavakoli, Ali Amini, Reza Ghanbari
		8	A BAYESIAN FRAMEWORK FOR PREDICTING POLITICAL RISKS THROUGH IMPLICIT KNOWLEDGE	Dr. Kaveh Shafiei
		9	ORGANIZATIONAL INNOVATION IN PUBLIC-LISTED REAL ESTATE DEVELOPMENTS	Dr. Maria Sanchez, Ahmed Khalil

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Prof. Amanda Griffin,	1	DEDUCING THE DYNAMICS OF "CONCEALED" NEURONS FROM ELECTROPHYSIOLOGICAL RECORDINGS	Valeri A. Makarov, Nazareth P. Castellanos
		2	CLASSIFYING GENOMIC STRUCTURES AND REARRANGEMENT IN COMPUTATIONAL BIOLOGY: A UNIFIED APPROACH	Dr. Eliza Gorton, Samir Patel, Thomas Wright
		3	UNVEILING DISTANT PROTEIN EVOLUTIONARY LINKS USING SEQUENCE ALIGNMENT TECHNIQUES	Prof. Amanda Griffin, Dr. Thomas Allard
		4	PARENTAL COEFFICIENTS IN AGRICULTURAL HYBRIDIZATION ANALYSIS	Rajesh Sharma, Poonam Kapoor, Harinder Singh Dhillon
		5	A PARSIMONY-BASED MODEL FOR PHYLOGENETIC TREE RECONSTRUCTION IN INSECT EVOLUTION	Dr. Ananya Krishnan,
		6	PRELIMINARY ASSESSMENT OF SINGLE-GENE DISRUPTIONS ON GENETIC NETWORK INFERENCE	Carl Peterson, Dr. Sabine Muller
		7	EVALUATING FEATURE SELECTION TECHNIQUES FOR CLASSIFYING DIFFUSE LARGE B-CELL LYMPHOMA	Helena Sanchez, Pedro Carvalho
		8	IMPACT OF GUANIDINE HYDROCHLORIDE ON PHASE SEPARATION IN PEG-SALT AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS	Nitin Deshpande

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Prof. Dr. Marta Kowalczyk	1	ANALYSIS OF CLUSTER MECHANISM OF ANTI-GREENHOUSE EFFECT USING COMPUTER TECHNOLOGY	A. Galashev
		2	APPLICATION OF ADVANCED NANOFILTERS FOR SUSTAINABLE WATER SUPPLY IN THE CASPIAN SEA BASIN	<i>Olga Petrova, Dmitry Ivanov, Maria Sorokina</i>
		3	CRITICAL ANALYSIS OF EIA REPORTS EFFECTIVENESS: A CASE STUDY FROM INDIA	<i>Dr. Aakash Sharma, Assis. Prof. Dr. Neha Rao</i>
		4	ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY AND POLLUTION IDENTIFICATION IN THE KARUN RIVER WATERSHED, IRAN	<i>Hassan Rahimi, Fatemeh Jalali</i>
		5	EVALUATION OF AIR POLLUTION MITIGATION STRATEGIES	<i>Prof. Dr. Marta Kowalczyk</i>
		6	DEVELOPMENT OF A COST-EFFECTIVE HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM USING BIOMASS RESOURCES IN SOUTH KOREA	<i>Yuki Matsumoto, Takeshi Ogawa, Ryoichi Nakamura</i>
		7	EFFECT OF MICROBIAL ACTIVATORS ON THE DECOMPOSITION OF INDUSTRIAL WASTE COMPOST	<i>Dr. Niran Phasuk, Dr. Araya Chaiwat</i>
		8	EXPLORING ENERGY-EFFICIENT COOLING SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE BUILDINGS	<i>Kazuki Tanaka, Hideki Suzuki</i>
		9	ANALYZING THE IMPACT OF URBAN AIR POLLUTION ON PROPERTY VALUES IN ST. PETERSBURG	<i>Assis. Prof. Dr. Anastasia Ivanova</i>



MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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	Arş. Gör. Polat YÜCEDAL	1	Campyliadelphus chrysophyllus ve Thuidium assimile' nin GLUTATYON İÇERİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ Doç. Dr. Mevlüt ALATAŞ
		2	Herzogiella seligeri (Brid.) Z.Iwats'ın ANTIÖKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ Doç. Dr. Mevlüt ALATAŞ
		3	DECIPHERING THE RELATIONSHIP BETWEEN PAIN, FALL RISK AND KINESIOPHOBIA IN PATIENTS UNDERGOING KNEE SURGERY	Uzm. Hem., ÖZGE ÖZCAN Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ERDOĞAN
		4	SPORCULARDA L-CARNİTİNE KULLANIMI	Yüksek Lisans Öğr. Gözde Nur ÇELİK Prof. Dr. Vedat ÇINAR Doç. Dr. Yakup KILIÇ
		5	SPORCULARDA İRTİFA VE DOĞAL DOPİNG	Dr. Öğrencisi Fidan ÇINAR Yüksek Lisans Öğr. Gözde Nur ÇELİK Arş. Gör. Polat YÜCEDAL
		6	EXERCISE IN CHILDREN'S DIABETES	Yüksek lisan öğr. Esmâ GÜLHAS Prof. Dr. Süreyya Yonca SEZER Yüksek Lisans Öğr. Ramazan Barış EKER
		7	PROCRASTINATION BEHAVIOR	Yüksek lisan öğr. Esmâ GÜLHAS Prof. Dr. Süreyya Yonca SEZER Doç. Dr. Mustafa KIZILKOCA

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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	Doç. Dr. Berat Karaagac	1	A FINITE DIFFERENCE APPROACH TO TIME FRACTIONAL ALLEN CAHN EQUATION	Doç. Dr. Berat Karaagac
		2	A NEW OUTLOOK TO SHYNARAY-IIA EQUATION	Doç. Dr. Berat Karaagac
		3	A COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE ZELDOVICH EQUATION	Doç. Dr. Berat Karaagac
		4	A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON MACHINE LEARNING FOR OBESITY CLASSIFICATION	Dr. Öğr. Üyesi Ümit Can Arş. Gör. Burhan Şeker
		5	PİRİNÇ NOZULLARIN KULLANILDIĞI PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE HAVA VE OKSİJEN AKIŞKAN PERFORMANSLARININ YAPAY ZEKA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	Dr. Murat KORKMAZ Dr. Ayhan DOĞAN Prof. Dr. Volkan KIRMACI
		6	PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE ALÜMİNYUM VE POLYEMİD NOZULLAR KULLANILARAK YAPAY ZEKA İLE PERFORMANS ANALİZİ	Dr. Ayhan DOĞAN Dr. Murat KORKMAZ Prof. Dr. Volkan KIRMACI

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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. Gültekin Gürçay	1	Mineralogical Characterization and Flotation Behavior of a Complex Cu-Pb-Zn Sulfide Ore: Influence of Particle Size and Aerophine 3418A	Mining Engineer, UĞUR ÖLGEN Prof. Dr., YAKUP CEBECİ
		2	DODURGA FAYININ (ANKARA KUZEYİ) KİNEMATİĞİ, SİSMOTEKTONİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE YAPISAL ANALİZİ	SAVAŞ BAĞDADIĞLU Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN
		3	SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ZEYTİNDAĞ VE BERGAMA FAYLARI VE YAKIN CİVARININ YAPISAL ANALİZİ	SİMGE ÇAKIR Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN
		4	KAYSERİ BÖLGESİNDEKİ ÖKSÜT ALTIN YATAĞININ KÖKENSEL OLARAK İNCELENMESİ VE EPİTERMAL – PORFİRİ İLİŞKİLERİ	DENİZ CAN SERÇE Prof. Dr. ÖZCAN YİĞİT
		5	SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ALİAĞA (İZMİR) GÜNEY DOĞUSUNUN YAPISAL ANALİZİ	YAĞMUR ÖZCAN Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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. Öğretim Üyesi ŞENGÜL GACANOĞLU	1	EXAMINING THE LABORATORY EXPERIENCES OF STUDENTS BEFORE STARTING CHEMISTRY TEACHING PROGRAM	Dr. Öğretim Üyesi ŞENGÜL GACANOĞLU Prof. Dr. CANAN NAKİBOĞLU
		2	APPLICATION OF TEACHING PREDICT OBSERVE EXPLAIN (POE) METHOD TO CHEMISTRY TEACHING STUDENTS	Dr. Öğretim Üyesi ŞENGÜL GACANOĞLU Prof. Dr. CANAN NAKİBOĞLU
		3	EV ÖDEVLERİNİN EĞİTİMDEKİ YERİ: BİR LİTERATÜR TARAMASI	Prof. Dr. Ayşegül GÖKHAN Yüksek Lisans Öğrencisi, Zeynep KARAATEŞ
		4	2024 İLKOKUL VE ORTAOKUL TÜRKÇE DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ ULUSLARARASI SINAVLARDAKİ OKUMA BECERİSİ YETERLİK DÜZEYLERİ İLE UYUM AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Hüseyin AYBAR Doç. Dr. Nuray KAYADİBİ
		5	YÜKSEKÖĞRETİMDE ESNEK BİR DEĞERLENDİRME SÜRECİ OLARAK AÇIK KİTAP/KAYNAK SINAV(LAR)I	Dr. Asil DERİN KILIÇ
		6	GÖRME YETERSİZLİĞİNDEN ETKİLENEN YÜKSEKÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİ İÇİN KAPSAYICI EĞİTİM ORTAM(LAR)I	Dr. Asil DERİN KILIÇ
		7	ÖĞRETMENLERİN SENDİKAL ÖRGÜTLENME NEDENLERİ	Öğretmen, SERDAL KARAKUŞ Prof. Dr., İMAM BAKIR ARABACI
		8	ÖRGÜT YÖNETİMİ AÇISINDAN ÖRGÜTSEL MUHALEFET KAVRAMININ TARTIŞILMASI	Öğretmen, SERDAL KARAKUŞ Prof. Dr., İMAM BAKIR ARABACI

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
25 Ekim / October 25, 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	Öğr. Gör. Dr. H. HALİL BAŞER	1	DIGITAL TRANSFORMATION AND SMART WAREHOUSE SYSTEMS IN BUSINESSES	Dr. ÖMER EMRAH ACAR
		2	GENÇ BİLİŞİMCİLERİN KARİYER HEDEFLERİNDEKİ SOSYAL HASSASİYETLER: NİTEL BİR ARAŞTIRMA	Dr. Öğretim Üyesi İBRAHİM YILDIZ Yüksek Lisans Öğrencisi AHMET ENES ÖĞRETİCİ
		3	DOĞAL AFETLERİN BEŞERİ KALKINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ: MENA ÜLKELERİ ÖRNEĞİ	Doç. Dr. Hikmet AKYOL Mücahit ÇELİK Öğr. Gör. Aynur KAYA
		4	DIŞ TİCARET SÜREÇLERİNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMININ BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	Öğr. Gör. Dr. H. HALİL BAŞER Öğr. Gör. CEYDA GÜLTEKİN BAŞER
		5	DIŞ TİCARET YÖNETİMİNDE BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARI: SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI	Öğr. Gör. Dr. H. HALİL BAŞER

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Salma Al-Qahtani,	1	PALLADIUM-CATALYZED DECHLORINATION FOR WATER REMEDIATION: CATALYST INACTIVATION AND RENEWAL	Dalia Angeles-Wedler, Katrin Mackenzie, Frank-Dieter Kopinke
		2	OPTICAL PROPERTIES OF PURE AND DOPED ZINC OXIDE: FROM NANOCOATINGS TO BULK CRYSTALS Yasmina El Gharbi,	Nadia Laaroussi, Hamid Belkacem, Karim Fekir
		3	METHANE AND VOLATILE ORGANIC EMISSIONS FROM OIL REFINERIES IN SAUDI ARABIA	Dr. Salma Al-Qahtani, M. Abdur Rahman, F. Javed
		4	ADSORPTION KINETICS AND THERMODYNAMIC STUDIES OF LEAD (II) IONS USING COCONUT SHELL ACTIVATED CARBON	Tanvi Desai, Rajeev Chatterjee, S. Balakrishnan
		5	KINETIC ANALYSIS OF SILVER NANOPARTICLE INCORPORATION INTO ORGANIC MATRICES	Mehrdad Shirazi, Laila Farhad
		6	INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF AU/POLYANILINE/AG SCHOTTKY DIODE VIA I-V MEASUREMENTS	Bilal Haider, Ahmed Farooq
		7	SEPARATION OF WATER-SOLUBLE VITAMINS USING HPTLC PLATES IMPREGNATED WITH OXALIC ACID	Dr. Jamal Al-Hassani, PhD. Reza Mansouri, Afsaneh Shirin
		8	INFLUENCE OF PRESSURE DROP ON THE EXERGY EFFICIENCY IN C3+ FRACTIONATION REFRIGERATION CYCLES	S. Rouhani, F. Mahdavi, N. Zadeh
		9	OPTIMIZATION OF OSMOTIC DEHYDRATION OF CARROTS IN SALT SOLUTIONS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	V. Srinivasan, R. Rajesh

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
<b>HALL / SALON 7</b>	<b>Dr. Luis Fernández</b>	1	FINITE ELEMENT ANALYSIS AND EXPERIMENTAL VALIDATION OF PROXIMAL FEMUR FAILURE PATTERNS USING QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES	Majid Mirzaei, Saeid Samiezhadeh , Abbas Khodadadi, Mohammad R. Ghazavi
		2	OPTIMIZED TEMPERATURE CONTROL IN HIGH-INTENSITY ULTRASOUND THERAPY	Alexei Petrov, Elena Volkov, Viktor Sokolov, Sergey Mikhailov
		3	ADVANCED METHODS TO DIFFERENTIATE MICRO-RETINAL BLEEDS FROM DUST ARTIFACTS USING COLOR SPACE ANALYSIS	Dr. Luis Fernández
		4	ROBUST ALIGNMENT OF OBJECT PAIRS USING HYBRID RIGID AND FLEXIBLE REGISTRATION MODELS	Julia Thompson, Richard Miller
		5	APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC IN AUTOMATED BREAST CANCER CLASSIFICATION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS	Dr. Meera Sharma, Christopher Roberts
		6	IMPACT OF RAPID VARIATIONS IN MEAN FLOW STABILITY DURING BOUNDARY-LAYER TRANSITION	Chen Wei, Dr. Liao Zhenyu
		7	USING MOBILE DEVICES FOR REMOTE DIAGNOSIS IN TELEMEDICINE SYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Martin Hoffmann
		8	REDUCING IMPULSE NOISE IN MRI USING ADVANCED FUZZY FILTERING TECHNIQUES	Dr. Catherine Li, Dr. Michael Wang

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Nikolai Zaitsev	1	2D NUMERICAL EVALUATION OF SAO PAULO TUNNEL	Prof. Dr. A.H. Akhaveissy
		2	LATERAL ELASTIC CHARACTERISTICS OF A NEW COMPOSITE FIBER REINFORCED GYPSUM WALL	Dr. Elena Markov, Dr. Ivan Petrov
		3	WIND LOAD PATTERNS IN COASTAL MEDITERRANEAN REGIONS	Ahmed El-Masri, Yasir Hassan
		4	CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL STABILIZED WITH SULFURIC ACID	Ali Reza Pour, Dr. Sara Naderi, Farhad Jalali
		5	APPLICATION OF GENERALIZED PLASTICITY IN FOUNDATION LOAD-DEFORMATION ANALYSIS: A STUDY ON LOCALIZATION	Dr. Nikolai Zaitsev
		6	ANALYSIS OF PUBLIC INFRASTRUCTURE DISBURSEMENT PROCESSES IN VIETNAM	Tran Minh Duc, Dr. Yamada Hiroshi
		7	<b>METHODS FOR ENHANCING SUSTAINABILITY IN REINFORCED CONCRETE SKYSCRAPERS</b>	Omar El-Sayed
		8	LINKING EXTREME HYDROLOGICAL EVENTS TO GLOBAL CLIMATE PATTERNS	Dr. Javier Hernandez, Dr. Laura Stein



MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Asst. Prof. Dr. Jonathan Lee Kim	1	AN INTELLIGENT SYSTEM FOR REHABILITATING KNEE AND ANKLE	Dr. Dimitar Karastoyanov, Lec. Vladimir Monov
		2	REAL-TIME MONITORING OF PATHOGEN CONCENTRATION USING GRAPHENE-BASED BIOSENSOR	James K. Monroe, Helena C. Davies, Victor L. Ramirez
		3	DESIGNING AN ULTRA-WIDEBAND ANTENNA FOR CANCER DETECTION IN MICROWAVE IMAGING	Dr. Samuel D. Greene, Dr. Lin Wei-Hong
		4	DEVELOPMENT OF A SHAPE MEMORY ALLOY CLAMPING SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE SURGERY	Amir Farshad, Jonathan P. Harris, Sima Mohammadi
		5	INVESTIGATING DIURNAL VARIATIONS IN HUMAN HEIGHT: A BIOMECHANICAL STUDY	Asst. Prof. Dr. Jonathan Lee Kim
		6	MICROORGANISM-BASED SENSOR FOR DETECTING ANTIOXIDANT ACTIVITY	Dr. Maria Fernandez, Isaac O. Delgado, Ethan L. Roberts, Sophia N. Clarke
		7	ANALYZING THE FRICTIONAL PROPERTIES OF MUCIN COATINGS ON MEDICAL DEVICES	Dr. Aisha M. Khan
		8	IMPACT OF MICROSTRUCTURE ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF TITANIUM IMPLANTS	Faizan M. Rehman, Dr. Sarah Q. Ahmed, Iqbal S. Rashid

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ekim / October 25, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Dr. Anjali Reddy,	1	MODELING RADIAL HEAT AND MASS TRANSFER IN A FIXED BED CATALYTIC REACTOR THROUGH SIMULATION STUDY	K. Vakhshouri, M.M. Y. Motamed Hashemi
		2	BEHAVIOR OF CO2 AND CH4 HYDRATES IN POROUS MEDIA	Alexandra Petrov, Elena Ivanova, Dmitry Smirnov
		3	NOVEL MULTI-SOLID THERMODYNAMIC MODEL FOR WAX FORMATION PREDICTION	Mohammad Tabrizi, Leila Hosseini, Amir Zare
		4	APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN ESTIMATING KINETIC PARAMETERS	Dr. Maria Novak, Igor Petrenko
		5	PHASE EQUILIBRIUM STUDY IN AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS USING POLY (ETHYLENE GLYCOL) AND POTASSIUM CITRATE AT VARIED pH LEVELS	Zeynab Rahmani, Reza Tavakkoli
		6	UTILIZATION OF MIXED AMINE SOLUTIONS FOR GAS SWEETENING PROCESSES	Dr. Fatima Al-Shahrani, Assoc. Prof. Khaled Mansour, Sara El-Gharbi
		7	INFLUENCE OF ANIONIC AND NON-IONIC SURFACTANTS ON OXYGEN UPTAKE RATES AND NITRIFICATION IN ACTIVATED SLUDGE	Nabila A. Abdalla, Ling Zhang, Bo Zhang
		8	PHYSICO-CHEMICAL TREATMENT OF TAR-LADEN WASTEWATER FROM BIOMASS GASIFICATION FACILITIES	Dr. Anjali Reddy, Dr. Sunil Kumar
		9	CONTINUOUS FERMENTATION OF CHEESE WHEY USING CANDIDA PSEUDOTROPICALIS	Elena Dmitrievna, Prof. Dr. Sami Al-Mansoori

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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	Doç. Dr. Elif DAŞ	1	IMPLEMENTATION OF THE BIOFUELS ACT OF 2006: A BASIS FOR POLICY IMPROVEMENT	Rubenita F. Cabilin
		2	OPTIMIZED SILVER ION-HPLC METHOD BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO PERFECTLY ESTIMATE THE CONJUGATED LINOLEIC ACID ISOMERS IN COLD PRESSED OILS	Fatma Nur Arslan
		3	GENTAMİSİN SÜLFATIN ELEKTROKİMYASAL ANALİZİ	Yüksek Lisans Öğrencisi , Osman EKŞİ Doç. Dr., Yeliz İPEK Doç. Dr., Berna KOÇAK
		4	PLATINUM-DECORATED CARBON AEROGEL: A NOVEL MATERIAL FOR NEXT-GENERATION OPTOELECTRONIC DEVICES	Doç. Dr. Elif DAŞ

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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. Selim Gülverdi	1	KUR'AN VE İNCİLLERE GÖRE HZ. İSÂ'NİN ÖLÜMÜ, REF'İ VE NÜZULÜ	Dr. Öğretim Üyesi Abdullah Yekta
		2	PRESUPPOSITION BACKGROUND OF HYPERBATON IN THE ARABIC LANGUAGE	Dr. Lecturer YUSUF AKYÜZ
		3	THE FORMS OF THREAT SPEECH ACTS "THREATEN" IN THE TAFSIR OF ABDULKAHIR AL-JURJANI AS A LINGUIST	Dr. Lecturer YUSUF AKYÜZ
		4	MU'TEZİLE KELAMCILARI VE KANT'A GÖRE AHLAKIN TEMELLENDİRİLMESİ PROBLEMİ	Doç. Dr. Selim Gülverdi
		5	Dini Çoğulculuk ve Toplumdaki Sosyal Uyum Sorunları	Dr. Öğretim Üyesi: Sait Polat

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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 SEVDA ÇETİNKAYA	1	KAHRAMANMARAŞ MERKEZLİ DEPREMİ YAŞAYAN ÖĞRETMENLERİN KENDİNİ TOPARLAMA GÜCÜNÜN BAZI DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ	Psikolojik Danışman, NİDA DEMİRDÖĞEN
		2	6 ŞUBATKAHRAMANMARAŞ (PAZARCIK VE ELBİSTAN) DEPREMLERİ SONRASINDA SINIF ÖĞRETMENLERİNİN KARŞILAŞTIKLARI SORUNLAR VE BU SORUNLARLA BAŞ ETME YOLLARI	Dr Öğr. Üyesi SEVDA ÇETİNKAYA
		3	THE MANIFESTATION FEATURES OF THE NARCISSISTIC PERSONALITY TYPE IN MODERN PSYCHOLOGICAL SOURCES	PhD student Vusal İntıqam oğlu Alquliyev
		4	THE NARCISSIST PERSONALITY TYPE AND RELATIONSHIPS: ANALYSIS FROM MALE AND FEMALE PERSPECTIVES	PhD student Vusal İntıqam oğlu Alquliyev
		5	SPORLA UĞRAŞAN BİREYLERİN SPORDA SOSYAL BÜTÜNLEŞMEYE YÖNELİK TUTUMLARININ BELİRLENMESİ	Zülfikar COŞKUN Dr. Mesut BULUT Prof. Dr. Oğuzhan ALTUNGÜL Dr. Didem YAVUZ SÖYLER
		6	SPOR LİSESİ ÖĞRENCİLERİNİN İNTERNET BAĞIMLILIĞI, FİZİKSEL AKTİVİTE DÜZEYLERİ VE YAŞAM KALİTELERİNİN İNCELENMESİ	Şeyma AKAR Vedat ÇINAR İsa AYDEMİR Kenan BOZBAY
		7	The Role of Genetics in Sports Orientation and Sportive Performance (Review)	Doktora Öğr. Kenan BOZBAY Prof. Dr. Vedat ÇINAR Doç. Dr. Hüseyin Nasip ÖZALTAŞ Arş. Gör. Polat YÜCEDAL

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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. BARIŞ BAYRAK	1	FARKLI YÜK VE GİRİŞ GERİLİMİ DURUMLARI İÇİN İNTERLEAVED TOTEM POLE PFC DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN İNCELENMESİ	Res. Assist., Aybüke ERTÜRK Prof. Dr., Ramazan AKKAYA
		2	GLOBAL HYDROPOWER, GAS AND NUCLEAR ENERGY SUBSTITUTION FORECASTING USING LONG SHORT TERM MEMORY	Şahin YILDIRIM Mehmet Safa BİNGÖL
		3	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USING DIFFERENT WASTE MATERIALS AS FIBERS IN SLAG-BASED GEOPOLYMER CONCRETE ON MECHANICAL PROPERTIES.	Dr. BARIŞ BAYRAK
		4	RIGID VE INDEPENDENT AKSLARIN LF12 ARACIN ÜZERİNDEKİ STATİK ETKİLERİ	Arge Mühendisi, Ömer AKMAN Arge Analiz Mühendisi, Vural AKTÜRK
		5	GES TAŞIYICI SİSTEMLERİ	İnşaat Mühendisi, MUTLUHAN KORKMAZ
		6		

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Fahad M. Al-Saleh	1	RELATIONSHIP BETWEEN GENDER AND PERFORMANCE WITH RESPECT TO A BASIC MATH SKILLS QUIZ IN STATISTICS COURSES IN LEBANON	Hiba Naccache
		2	INSIGHTS AND VISUALS FROM VIRTUAL AND IN-PERSON LEARNING ENVIRONMENTS	Ranya Al-Fahad, Omar K. Salah
		3	STUDENT VIEWS ON CODE SWITCHING BY UNIVERSITY INSTRUCTORS: A PERSPECTIVE FROM THAILAND	Anong Srisai
		4	ADOPTING A STUDENT-CENTERED PEDAGOGY IN TERTIARY EDUCATION	Leila M. Farhat
		5	COMBINING HIGHER ORDER THINKING SKILLS WITH GEOGEBRA IN PRE-SERVICE TEACHER TRAINING	Samira J. Qassem, Fadi K. Marwan
		6	A FLIPPED CLASSROOM MODEL FOR STUDENTS IN THE HUMANITIES	Anjali Patel
		7	THE TECH-PEDAGOGICAL SHIFT: CREATING AND UTILIZING AN ONLINE WRITING PLATFORM	Sarah L. Hughes, Michael J. Tan, Emily R. Martin
		8	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ONLINE ASSESSMENTS IN PROMOTING CRITICAL THINKING SKILLS	Ahmad Z. Mufeed, Hanan R. El-Khateeb, Laila A. Barakat
		9	INFLUENCES ON ENGLISH LANGUAGE LEARNING AT AL-JOUF UNIVERSITY	Dr. Fahad M. Al-Saleh

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Jessica Albright	1	OPEN EDUCATIONAL RESOURCE IN ONLINE MATHEMATICS LEARNING	Haohao Wang
		2	REDEFINING EDUCATIONAL REFORM: ALIGNING CURRICULUM WITH INSTITUTIONAL PRINCIPLES	Emma L. Thompson
		3	EXPLOITING BIG DATA TO ENHANCE EDUCATIONAL OUTCOMES	Ravi Nair
		4	LEVERAGING SOCIAL MEDIA AS AN INNOVATIVE LEARNING PLATFORM IN INDONESIAN TERTIARY EDUCATION: A STRUCTURAL EQUATION MODELING STUDY	Lina Hapsari, Rudi Santoso, Amir Rahman
		5	EMBRACING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY TO MAXIMIZE CHILDREN'S SCIENTIFIC POTENTIAL: SUSTAINABLE DEVELOPMENT CHALLENGES IN NIGERIA	Samuel Karanja
		6	GLOBAL PERSPECTIVES ON HIGHER EDUCATION: CRAFTING A UNIVERSAL SUCCESS FRAMEWORK FOR PRE-CLINICAL MEDICAL STUDENTS – AN ACTION RESEARCH INITIATIVE	Prof. Dr. Jessica Albright
		7	TEAM COLLABORATION IN HIGHER EDUCATION: A DETAILED CASE STUDY	Ananya Verma
		8	EXAMINING TEACHER INTERACTIONS IN A "LEARNER-CENTERED" PEDAGOGICAL FRAMEWORK	Liu Chen
		9	IMPLEMENTING CONSTRUCTIVIST APPROACHES IN EXTENSIVE READING FOR NON-NATIVE ENGLISH LEARNERS	Liu Chen



MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Aria Lee	1	ACCESS TO HIGHER EDUCATION IN NIGERIA: THE UNIVERSITY OF CALABAR PRE-DEGREE PROGRAM EXPERIENCE	Eni I. Eni, James Okon, Ashang J. Ashang
		2	MANAGING COOPERATIVE LEARNING IN GRADUATE MATHEMATICS COURSES	Dr. Aria Lee
		3	THE INTERCONNECTION BETWEEN ARM ACUPRESSURE POINTS AND TRADITIONAL MASSAGE THERAPY	Sukanya Pattharaporn
		4	ASSESSMENT RUBRICS IN TECHNICAL EDUCATION	Norafida Mohamad, Zainul Azhar, Shahrul Nizam
		5	KNOWLEDGE ABOUT DRUG USE AND BEHAVIOR TOWARD ANTIMICROBIAL MEDICATIONS	Nirun Phanwong
		6	INTEGRATING PROJECT-BASED LEARNING TO ADVANCE NATIONAL QUALIFICATIONS FRAMEWORK OBJECTIVES	Assis. Prof. Dr. Sithiporn Prasert
		7	DEVELOPING ONLINE MODULES TO ENHANCE THE LEARNING EXPERIENCE OF MASTER'S STUDENTS IN CURRICULUM DESIGN AT SRIPatum University	Dr. Pattama Khaopong
		8	FOSTERING COLLABORATIVE ONLINE LEARNING ENVIRONMENTS FOR FACULTY MEMBERS	Maya Chen, Sara Thompson, Alexei Ivanov

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Naomi Patel	1	VOICE IN PRE-SERVICE TEACHER DEVELOPMENT	Pintipa Seubsang, Suttipong Boonphadung
		2	NURTURING FUTURE EDUCATORS INTO COMPETENT PROFESSIONALS	Dr. Emilia Rodriguez
		3	DEVELOPING A CURRICULUM TO ENHANCE LEARNING ENGAGEMENT OF SECOND-YEAR STUDENTS IN THE COLLEGE OF EDUCATION THROUGH MULTIPLE INTELLIGENCES	Sofia Chen, Liam O'Sullivan
		4	EXPLORING UNIVERSITY STUDENTS' LEARNING STYLES IN BANGKOK: CHARACTERISTICS AND EFFECTIVE TEACHING CONTEXTS	Rajesh Kumar
		5	EXAMINING THE CONNECTION BETWEEN DISTRIBUTED LEADERSHIP AND STUDENT ACHIEVEMENT: A RESEARCH SYNTHESIS	Dr. Anja Müller
		6	EFFECTIVENESS OF THE NEUROLOGICAL IMPRESS METHOD AND RECURRENT READING ON THE READING FLUENCY OF CHILDREN WITH LEARNING DISABILITIES IN OYO STATE, NIGERIA	Samuel Okafor
		7	VIRTUAL CAMPUS AS A PEDAGOGICAL FRAMEWORK FOR ONLINE EDUCATIONAL SUPPORT	Dr. Naomi Patel
		8	VALIDATING PERSONAL IDENTITY THROUGH REMOTE ASSESSMENT IN E-LEARNING ENVIRONMENTS	Evelyn Johnson, Thomas Chen
		9	THE IMPACT OF INTRINSIC MOTIVATION ON STUDENTS' WILLINGNESS TO ENGAGE WITH SOFTWARE APPLICATIONS	Dr. Rachel Adams, Mark Thompson

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Rina Prabowo	1	THE TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE MANAGEMENT IN THE EDUCATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	Altynai Zhaitapova, Aizhan Satyvaldiyeva
		2	REAL-TIME CONTROL LEARNING GAME - VELOCITY CHALLENGE THROUGH WHEEL EDUCATION - DATA COLLECTION SYSTEM DEVELOPMENT	Elena Petrovna, Marko Novic
		3	E-LEARNING ACTIVITIES: ANALYSIS AND CLASSIFICATION BASED ON SIGNIFICANT LEARNING ATTRIBUTES	Sofia Reyes, Ahmed Khan, Laura Martinez, James Kim
		4	INVESTIGATING THE LINK BETWEEN LEARNING MOTIVATION AND ACADEMIC PERFORMANCE	Dr. Aiko Tanaka
		5	INTEGRATING TECHNOLOGY IN EDUCATION: FOSTERING PERSONALITY AND SOCIAL GROWTH IN YOUTH	Dr. Jamilah Aziz, Prof. Fahad Al-Hakim
		6	IMPACT OF ARTIFICIAL SUCCESS IN MATHEMATICAL TASKS ON JUNIOR HIGH STUDENTS' SELF-EFFICACY	Hiroshi Nakamura, Kenji Saito
		7	ENHANCING TEACHER PROFESSIONALISM THROUGH CERTIFICATION PROGRAMS: A CASE STUDY FROM INDONESIA	Assoc. Prof. Rina Prabowo
		8	DOCTORAL STUDENTS' RESEARCH SKILLS WITHIN A SUSTAINABILITY FRAMEWORK	L. Hristova, D. Stefanov
			CONTRIBUTIONS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT AMONG STUDENTS AT THE UNIVERSITY OF MADEIRA (PORTUGAL)	Dr. Filipe Carvalho

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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	Doç. Dr. Fatih GÜLER	1	MUHASEBE MESLEK MENSUBU MİLLETVEKİLLERİNİN PARLAMENTER İNİŞİYATİFLERİNDE MESLEK KONU VE SORUNLARA YER VERME DURUMLARININ ANALİZİ	Ataberk ŞİMŞEK Doç. Dr. Fatih GÜLER
		2	SİYASİ PARTİLER HUKUKU AÇISINDAN FLU BİR KAVRAM: İBRA	Doç. Dr. Fatih GÜLER
		3	FACTORS MOTIVATING WOMEN WORKING IN PUBLIC SECTOR -A QUALITATIVE STUDY IN A SAMPLE OF POLICE AND HEALTH WORKERS-	Uzman, DEMET ÖZEL KARAHAN Doç.Dr., CEMİLE ÇETİN
		4	KARAYOLLARI TRAFİK KANUNU UYGULAMASINDA GÖREV SORUNU	TARIK BABACAN
		5	A BRIEF LOOK AT THE HISTORICAL PROCESS OF THE DEVELOPMENT OF FOREIGNERS' LAW	Prof. Dr. Necla ÖZTÜRK Arş. Gör. Dr. Döndü KUŞCU
		6	LEGAL STATUS OF STATELESS PERSONS IN TURKISH LAW	Prof. Dr. Necla ÖZTÜRK Arş. Gör. Dr. Döndü KUŞCU

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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	Doç. Dr. Emine Meliha KURTDAS	1	KAYBOLAN DEĞERLER, YOZLAŞAN TOPLUM	Doç. Dr. Emine Meliha KURTDAS
		2	YAŞAM BOYU EĞİTİM: BİR FIRSAT MI? SEKTÖR MÜ?	Doç. Dr. Emine Meliha KURTDAS
		3	HASTALARIN SAĞLIK ÇALIŞANLARI İLE YAŞADIKLARI SORUNLARA DAİR SOSYOLOJİK BİR DEĞERLENDİRME	Doç. Dr. M. Çağlar KURTDAS
		4	HOLLYWOD BİLİMKURGU ve FANTASTİK SİNEMASININ İDEOLOJİK ARKA PLANINA DAİR BİR DEĞERLENDİRME	Doç. Dr. M. Çağlar KURTDAS
		5	AŞI TEREDDÜDÜNDE NEOLİBERALİZM İN ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi, Aylın DİKMEN ÖZARSLAN
		6	A JOURNEY FROM THE NON-SCIENTIFIC TO THE SCIENTIFIC	PhD. Cand. Eylül Tuğba DİLEK Prof. Dr. Muhsin HALİS
		7	İRAN'IN 1979 DEVRİMİ ÖNCESİ VE SONRASI MUHALİF ÖRGÜTÜ: HALKIN MÜCAHİTLERİ ÖRGÜTÜ (HMÖ) (1960-2016)	Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet KAYA Doktora Öğrencisi, Elif POLAT
		8	ÇAKA BEY'İN BİZANS İMPARATORLUĞU'NDAKİ ESARET YILLARI	Doç Dr. Sezgin Güçlüay Yüksek Lisans öğrencisi, Nuran Polat
		9	EXAMINING THE FACTORS AFFECTING INDIVIDUALS' REASONS FOR ALCOHOL USE WITH MULTINOMIAL LOGISTIC REGRESSION MODEL	Asst. Prof. Dr. Şeyda ÜNVER Prof. Dr. Ömer ALKAN
		10	FACEBOOK USE OF ELDERLY INDIVIDUALS IN TURKEY AND RELATED FACTORS	Prof. Dr. Ömer ALKAN Asst. Prof. Dr. Şeyda ÜNVER
		11	HAYATI, SİYASİ FAALİYETLERİ VE ESERLERİYLE NAŞİT HAKKI ULUĞ (1902-1977)	Doç. Dr. Ayşegül ŞENTÜRK YİĞİT

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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. Öğretim Üyesi, Tuncay KOÇAY	1	İŞIK SANATI İLE MİNİMALİZM ARASINDA MEKÂNÂNA DOKUNAN BİR SANATÇI: DOUG WHEELER	Dr. Öğretim Üyesi, Tuncay KOÇAY
		2	POSTER TASARIMINDA MODERN SANATIN İZLERİ; ESTETİK, FORM VE ANLAM	Arş. Gör. Dr. EMİNE TUBA ERDOĞAN
		3	JOSS SHELDON'UN "KÜÇÜK SES" ADLI ESERİNDE KİMLİK YİTİMİ VE KİMLİK ÇATIŞMASI	Dr. Öğr. Üyesi Vefa ADIGÜZEL
		4	EVALUATION IN THE CONTEXT OF PSYCHOANALYTIC LITERARY THEORY OF POEM "AL SAZINI SEVDİCEĞİM" BY FÜRÜZAN	Res. Asst. Dr. Fatma TOPDAŞ ÇELİK
		5	HETEROTOPIK MEKÂNLAR VE AMAK-I HAYAL ADLI ESERİN HETEROTOPYALAR BAĞLAMINDA ÇÖZÜMLENMESİ	Doç.Dr. Evren KARATAŞ ÜLGER
		6	SİNEMADA BAKIŞ AÇISI VE ALGILAMA BİÇİMİ: SAUL'UN OĞLU	Arş. Gör. SEMİH KAŞIKÇI
		7	FOODS IN SOCIAL MEDIA RESEARCH	Assist. Prof. Dr. Gizem Sultan KAMAN Assist. Prof. Dr. Rabia BÖLÜKBAŞ

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 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	Doç.Dr. NİHAT YUMUŞAK	1	EVCİL KEDİLERDE SIK KARŞILAŞILAN MEME NEOPLAZİLERİ	Doç.Dr. NİHAT YUMUŞAK
		2	EVCİL KEDİ VE KÖPEKLERDE PYOMETRANIN PATOMORFOLOJİSİ	Dr. NİHAT YUMUŞAK
		3	DETERMINATION OF YIELD AND YIELD PARAMETERS IN SOWING OF COATED AND UNCOATED ALFALFA SEEDS	Aşlı AKSAKAL OĞUZGÖKSU Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU
		4	LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND CONDITION FACTOR <i>Barbus lacerta Heckel, 1843</i> IN THE MUNZUR RIVER	Doç. Dr. Ebru İfakat ÖZCAN Doç. Dr. Osman SERDAR
		5	FISH FAUNA OF PÜLÜMÜR RIVER (TUNCELİ, TURKEY)	Doç. Dr. Ebru İfakat ÖZCAN Doç. Dr. Osman SERDAR

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Marco Giordano	1	COMMUNITIES OF INTEREST: THREE UNIQUE CASE STUDIES IN WIDER UNIVERSITY AND SCHOOL PARTNERSHIPS IN AUSTRALIA	M. Zeegers, D. Barron
		2	TRANSFORMING EDUCATIONAL ENGAGEMENT IN OUTCOME-BASED HIGHER EDUCATION: A MOVE TOWARDS STUDENT-CENTERED APPROACHES	Dr. Elena Petrova
		3	ESSENTIAL ELEMENTS OF CURRICULUM INNOVATION IN LANGUAGE EDUCATOR PREPARATION	Prof. Marco Giordano
		4	ENHANCING E-LEARNING COURSE QUALITY IN HIGHER EDUCATION THROUGH STUDENT FEEDBACK	Maria Johnson, Liam Chen
		5	CREATING A SELF-EFFICACY ASSESSMENT TOOL FOR HIGH SCHOOL PHYSICAL EDUCATION INSTRUCTORS	Dr. Jenna Smith
		6	INNOVATION IN EDUCATION: FOSTERING CREATIVITY FOR ENGAGEMENT AND UNDERSTANDING IN SCIENCE LEARNING	Dr. Amira Zayed
		7	DESIGNING AND ASSESSING A VIRTUAL LEARNING PLATFORM FOR HEARING-IMPAIRED CHILDREN	Aldo Ruiz
		8	DIGITAL STORYTELLING AS A STRATEGY FOR TEACHING READING TO MEDIA-SAVVY STUDENTS	Sarah N. Martinez



MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Priya Mehta	1	THE PROJECT EVALUATION TO DEVELOP THE COMPETENCIES, CAPABILITIES, AND SKILLS IN REPAIRING COMPUTERS OF PEOPLE IN JOMPLUAK LOCAL MUNICIPALITY, BANG KHONTHI DISTRICT, SAMUT SONGKRAM PROVINCE	Wilailuk Meepracha
		2	EXPLORING ERRORS IN PREPOSITION USAGE AMONG FIRST-YEAR ENGLISH STUDENTS AT ALGERIA UNIVERSITY	Dr. Layla Benali
		3	INNOVATIVE EDUCATION SYSTEM FOR ENTREPRENEURSHIP: FUTURE PERSPECTIVES	Ahmed Mansour, Fatima Zohra
		4	FRAMEWORK FOR DEVELOPING, MONITORING, AND EVALUATING CAPSTONE DESIGN PROJECTS IN BACHELOR'S IN MECHANICAL ENGINEERING	Rafiq Ahmed Khan
		5	ANALYSIS OF NATIONAL UNIVERSITY ADMISSION EXAM IN INDIA: ORIGIN, POLICIES, AND STRATEGIES	Dr. Priya Mehta
		6	DIGITAL LANGUAGE LEARNING PLATFORM FOR ARABIC AS A SECOND LANGUAGE	Ziad Khoury
		7	IMPACT OF COGNITIVE ABILITIES AND LEARNING STYLES ON ENGINEERING STUDENTS' ACADEMIC SUCCESS	Dr. Neha Verma
		8	WAGE DISPARITIES AND STAFF RETENTION IN PUBLIC EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN SOUTHERN NIGERIA	Chidi A. Nwankwo

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Sarah Thompson	1	DETERMINATION OF SKILLS GAP BETWEEN SCHOOL-BASED LEARNING AND LABORATORY-BASED LEARNING IN OMAR AL-MUKHTAR UNIVERSITY	Aisha Othman, Crinela Pislaru, Ahmed Impes
		2	AN INNOVATIVE MODEL FOR ENHANCING CREATIVE STRUCTURAL THINKING AND ITS APPLICATIONS ACROSS VARIOUS SYSTEMS	Dr. Elena Petrovna
		3	COMPARATIVE ANALYSIS OF TEACHING METHODS AND THEIR IMPACT ON STUDENT SELF-CONFIDENCE: A STUDY BETWEEN MALAYSIA AND THAILAND	Dr. Amirul Rahman, Prof. Siti Hajar
		4	ASSESSING THE IMPACT OF ICT TRAINING WORKSHOPS ON TUTORS AT OPEN DISTANCE LEARNING UNIVERSITIES IN PAKISTAN	Dr. Amina Khan, Prof. Bilal Zafar
		5	DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE MEASUREMENT TOOL FOR MULTIPLE INTELLIGENCES IN PRIMARY SCHOOL STUDENTS	Assoc. Prof. Sarah Thompson
		6	DESIGNING A FORMATIVE ASSESSMENT TOOL TO IMPROVE FEEDBACK IN CLASSROOM SETTINGS	Michael Johnson, Dr. Rachel Green
		7	EFFECTS OF ACTIVE LEARNING TECHNIQUES ON ACADEMIC PERFORMANCE AMONG UNDERGRADUATE STUDENTS IN TRINIDAD AND TOBAGO	Dr. Lisa Marie Jones
		8	TECHNOLOGY, RESOURCES, AND ENVIRONMENT: THE INFLUENCE ON TASK COMPLETION IN ESL CLASSROOMS	Dr. Akira Yamamoto
		9	INTEGRATING ETHICAL EDUCATION INTO THE NATIONAL CURRICULUM: A CASE STUDY FROM HUNGARY	Dr. János Szabó, Maria Kovács

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350      Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Sarah J. Al-Sayed	1	COMPUTER GRAPHICS AND UNDERSTANDING SEMIOTICS IN DESIGN	Manoj Majhi, Debkumar Chakrabaty
		2	ANALYZING STUDENT SATISFACTION AMONG WORK-BASED LEARNERS	Julia L. Harris, Ahmed T. Fawzi
		3	ASSESSING THE USABILITY OF AN EDUCATIONAL PORTAL FOR IT FACULTY AT THE UNIVERSITY OF LIBYA	Khaled R. Badr, Laila S. Hamed
		4	DEVELOPING PROBLEM-SOLVING SKILLS IN ENGINEERING STUDENTS THROUGH ENGLISH LANGUAGE INSTRUCTION	Dr. Sarah J. Al-Sayed
		5	TEXTURES FOR THE VISUALLY IMPAIRED: A STUDY OF HIMMAPAN CREATURES	Dr. Alex Thompson, Emily Carter
		6	ENGLISH LANGUAGE TEACHING IN THE CONTEXT OF LMD REFORMS: A STUDY FROM ALGERIA	Dr. Leila M. Bouali
		7	DEVELOPING INFORMATIONAL CULTURE AMONG STUDENTS: STRATEGIES AND METHODS	Aigerim K. Nurpeissova
		8	VIRTUAL COLLABORATIVE LEARNING: ENHANCING STUDENT PERFORMANCE IN BAHRAIN	Dr. Omar S. Al-Nasar

MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES MUNZUR 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES The ARTTown 3rd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 25 - 27, 2024 TUNCELI				
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
26 Ekim / October 26, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Dr. Emily Roberts,	1	TOWARD A MODEL FOR KNOWLEDGE DEVELOPMENT IN VIRTUAL ENVIRONMENTS: STRATEGIES FOR STUDENT OWNERSHIP	N.B. Adams
		2	THE FUTURE OF OPEN EDUCATION AND DISTANCE LEARNING IN ZAMBIA	Jane Mwansa
		3	NAVIGATING BETWEEN POLICY FRAMEWORKS AND TECHNOLOGICAL INNOVATIONS: EVALUATING THE SUSTAINABILITY OF DISTANCE EDUCATION	Ravi Desai
		4	FACULTY PERCEPTIONS ON THE IMPORTANCE OF COMPONENTS IN A VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT	Dr. Emily Roberts, Michael Chen
		5	APPLYING THE STUDENT-CENTRIC APPROACH IN TECHNOLOGY EDUCATION: STUDENT INSIGHTS	Amina Shah
		6	LEVERAGING BLOGGING TO FOSTER CRITICAL THINKING: A PILOT STUDY	Lena Kim, Daniel Zhang
		7	THE EXPERIENCES OF NIGERIAN SECONDARY SCHOOL GIRLS IN A DIGITAL MAKERSPACE	Dr. Chika Afolabi, Sadiq Adediran
		8	INVESTIGATING SELF-DIRECTED LEARNING IN YOUNG LEARNERS	Sara A. Kahn, Hassan Faridi
		9	THE ROLE OF GOVERNMENT, LOCAL COMMUNITIES, AND PARTICIPATORY GOVERNANCE: OPPORTUNITIES FOR TRANSFORMATION	Elena V. Petrov

## Contents

Fen Bilimleri Perspektifinden STEM: Matematik-Türkçe Disiplinlerarası Model Yaratma Çalışması .....	1
PERSONEL SEÇİM PROBLEMİNİN KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ÇÖZÜM UYGULAMASI .....	7
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SEÇİM YAPMA YÖNTEMLERİ.....	15
UTILIZATION OF MIXED AMINE SOLUTIONS FOR GAS SWEETENING PROCESSES .....	22
INFLUENCE OF ANIONIC AND NON-IONIC SURFACTANTS ON OXYGEN UPTAKE RATES AND NITRIFICATION IN ACTIVATED SLUDGE .....	23
PHYSICO-CHEMICAL TREATMENT OF TAR-LADEN WASTEWATER FROM BIOMASS GASIFICATION FACILITIES .....	24
CONTINUOUS FERMENTATION OF CHEESE WHEY USING CANDIDA PSEUDOTROPICALIS.....	25
MAPLE'DA LİMİTİ ANLATAN DİNAMİK SİMÜLASYON: MATEMATİKSEL KEŞİF VE DERİNLEMESİNE ANLAMA .....	26
MATLAB'DA KATSAYI VE KÖK İLİŞKİSİNİ GÖSTEREN DİNAMİK ÖĞRENME NESNESİ: GRAFİKSEL KEŞİF VE ÖĞRENME MACERASI .....	34
The Generalized Taxicab Circular Inversion .....	46
GİRESUN'DAKİ BAZI LİSELERİN BAHÇELERİNDEKİ ÇİÇEKLİ BİTKİLERİN BELİRLENMESİ .....	56
GİRESUN İLİNDEKİ BAZI LİSELERİN HAVA KALİTESİNİN AĞIR METALLER YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	65
TABAN KÜLÜNÜN TOPRAK İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI.....	76
GÖRÜNMEYEN TEHDİT: KARBONDİOKSİT VE EŞDEĞER GAZLARIN HALK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ SESSİZ ETKİLERİ.....	83
DRINKING WATER QUALITY MONITORING AND EVALUATION IN İĞDIR PROVINCE .....	93
DOĞRUDAN SÜRÜŞLÜ VE DİŞLİ KUTUSU SÜRÜŞLÜ RÜZGAR TÜRBİNİ SİSTEMLERİ .....	94
FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİP ALGORİTMALARI .....	105
OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING OF DGs IN DISTRIBUTION SYSTEMS.....	120
BSIS/MOIS SİSTEMİNİN ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA UYGULANMASI VE SİSTEMİN ÇEVREYE ETKİLERİ	134
SİBER SALDIRILARA KARŞI ARAÇLARDAKİ OBD II PORTUNUN GATEWAY İLE KORUNMASI.....	150
INVERSE AND FORWARD KINEMATIC ANALYSIS OF A THREE-JOINTED QUADRUPED ROBOT .....	163
DYNAMICS OF A TWO-JOINTED QUADRUPED ROBOT.....	172
<i>Herzogiella seligeri</i> (Brid.) Z.Iwats'ın ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ .....	179
<i>Campylocladophorus chrysophyllus</i> ve <i>Thuidium assimile'</i> nin GLUTATYON İÇERİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI....	186
DİZ CERRAHİSİ GEÇİREN HASTALARDA AĞRI, DÜŞME RİSKİ VE KİNEZYOFOBİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ .....	194
SPORCULARDA L-CARNİTİNE KULLANIMI .....	196
SPORCULARDA İRTİFA VE DOĞAL DOPİNG .....	202
ÇOCUK DİYABETİNDE EGZERSİZ.....	209
ERTELEME DAVRANIŞI .....	216
A FINITE DIFFERENCE APPROACH TO TIME FRACTIONAL ALLEN CAHN EQUATION .....	225
A NEW OUTLOOK TO SHYNARAY-IIA EQUATION.....	231
A COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE ZELDOVICH EQUATION .....	243
A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON MACHINE LEARNING FOR OBESITY CLASSIFICATION .....	250

PİRİNÇ NOZULLARIN KULLANILDIĞI PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE HAVA VE OKSİJEN AKIŞKAN PERFORMANSLARININ YAPAY ZEKA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ .....	260
PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE ALÜMİNYUM VE POLYAMİD NOZULLAR KULLANILARAK YAPAY ZEKA İLE PERFORMANS ANALİZİ .....	269
Karmaşık Bir Cu-Pb-Zn Sülfürlü Cevherin Mineralojik Karakterizasyonu ve Flotasyon Davranışı: Tane Boyutu ve Aerophine 3418A'nın Etkisi .....	279
DODURGA FAYININ (ANKARA KUZEYİ) KİNEMATİĞİ, SİSMOTEKTONİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE YAPISAL ANALİZİ .....	292
SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ZEYTİNDAĞ VE BERGAMA FAYLARI VE YAKIN CİVARININ YAPISAL ANALİZİ .....	293
KAYSERİ BÖLGESİNDEKİ ÖKSÜT ALTIN YATAĞININ KÖKENSEL OLARAK İNCELENMESİ VE EPİTERMAL – PORFİRİ İLİŞKİLERİ .....	294
SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ALİAĞA (İZMİR) GÜNEY DOĞUSUNUN YAPISAL ANALİZİ .....	296
IMPLEMENTATION OF THE BIOFUELS ACT OF 2006: A BASIS FOR POLICY IMPROVEMENT .....	297
OPTIMIZED SILVER ION–HPLC METHOD BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO PERFECTLY ESTIMATE THE CONJUGATED LINOLEIC ACID ISOMERS IN COLD PRESSED OILS .....	347
GENTAMİSİN SÜLFATIN ELEKTROKİMYASAL ANALİZİ .....	361
PLATINUM-DECORATED CARBON AEROGEL: A NOVEL MATERIAL FOR NEXT-GENERATION OPTOELECTRONIC DEVICES .....	362
FARKLI YÜK VE GİRİŞ GERİLİMİ DURUMLARI İÇİN İNTERLEAVED TOTEM POLE PFC DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN İNCELENMESİ .....	372
GLOBAL HYDROPOWER, GAS AND NUCLEAR ENERGY SUBSTITUTION FORECASTING USING LONG SHORT TERM MEMORY .....	380
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USING DIFFERENT WASTE MATERIALS AS FIBERS IN SLAG-BASED GEOPOLYMER CONCRETE ON MECHANICAL PROPERTIES.....	387
RIGID VE INDEPENDENT AKSLARIN LF12 ARACIN ÜZERİNDEKİ STATİK ETKİLERİ .....	402
GES TAŞIYICI SİSTEMLERİ .....	411
EVCİL KEDİLERDE SIK KARŞILAŞILAN MEME NEOPLAZİLERİ .....	415
EVCİL KEDİ VE KÖPEKLERDE PYOMETRANIN PATOMORFOLOJİSİ .....	420
KAPLANMIŞ VE KAPLANMAMIŞ YONCA TOHUMLARININ EKİMİNDE VERİM VE VERİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ .....	424
LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND CONDITION FACTOR <i>Barbus lacerta</i> Heckel, 1843 IN THE MUNZUR RIVER .....	435
FISH FAUNA OF PÜLÜMÜR RIVER (TUNCELİ, TURKEY).....	444
OPTIMAL CONTROL STRATEGIES FOR VELOCITY REGULATION OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR DRIVES .....	456
GA-BASED VOLTAGE OPTIMIZATION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DECENTRALIZED GENERATION .....	457
HANDWRITING RECOGNITION USING NEURAL NETWORKS AND SPEECH SPECTRAL ANALYSIS .....	458
ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THERMAL DESALINATION USING OCEAN THERMOCLINE AND WASTE HEAT .....	459
DEVELOPING A VISION-BASED MONITORING SYSTEM FOR OUTDOOR CHILD SAFETY.....	460
NETWORK DEVICE DETECTION FOR ADVANCED MANAGEMENT SYSTEMS USING SNMP PROTOCOL .....	461

THEMATIC ROLE EXTRACTION THROUGH LIGHTWEIGHT SEMANTIC PARSING TECHNIQUES .....	462
A CRITICAL ANALYSIS OF CHITOSAN UTILIZATION AS A NATURAL ANTIMICROBIAL .....	463
INVESTIGATING THE COGNITIVE-ENHANCING POTENTIAL OF BACOPA MONNIERI EXTRACT IN NEUROGENESIS	464
FORMULATION AND EVALUATION OF PROBIOTIC VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING LACTOBACILLUS STRAINS .....	465
ISOLATION OF STIGMASTEROL GLYCOSIDE FROM THE ROOTS OF CURCUMA LONGA .....	466
UTILIZING MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN PHARMACEUTICAL COMPOUND DISCOVERY .....	467
PHARMACOKINETIC MODELING OF THEOPHYLLINE MICROCAPSULES USING A DECONVOLUTION APPROACH..	468
ASSESSING THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF METHANOL EXTRACTS FROM INDONESIAN HERBS AGAINST E. COLI .....	469
THE HONG KONG LOW-FERTILITY DILEMMA: CAN MAINLANDERS' BIRTHS CONTRIBUTE TO REVITALIZING THE LOW-FERTILITY ISSUE? .....	470
A MULTI-AGENT SYSTEM FOR ENHANCING KNOWLEDGE MANAGEMENT AND E-LEARNING .....	471
PHYSICIAN BRAIN DRAIN: DRIVERS AND IMPACTS IN BANGLADESH .....	472
TRANSITION FROM REGIONALISM TO COALITION: SHIFTS IN LANGUAGE POLITICS AND LEADERSHIP IN THE TAMIL MOVEMENT .....	473
A FRAMEWORK FOR EFFECTIVE KNOWLEDGE SHARING.....	474
USER ENGAGEMENT AND SATISFACTION IN INFORMATION SYSTEMS.....	475
ENVIRONMENTAL IMPACTS OF URBANIZATION ON RIVER HEALTH IN THE KERMAN REGION.....	476
A BAYESIAN FRAMEWORK FOR PREDICTING POLITICAL RISKS THROUGH IMPLICIT KNOWLEDGE .....	477
ORGANIZATIONAL INNOVATION IN PUBLIC-LISTED REAL ESTATE DEVELOPMENTS .....	478
DEDUCING THE DYNAMICS OF "CONCEALED" NEURONS FROM ELECTROPHYSIOLOGICAL RECORDINGS.....	479
CLASSIFYING GENOMIC STRUCTURES AND REARRANGEMENT IN COMPUTATIONAL BIOLOGY: A UNIFIED APPROACH .....	480
UNVEILING DISTANT PROTEIN EVOLUTIONARY LINKS USING SEQUENCE ALIGNMENT TECHNIQUES.....	481
PARENTAL COEFFICIENTS IN AGRICULTURAL HYBRIDIZATION ANALYSIS .....	482
A PARSIMONY-BASED MODEL FOR PHYLOGENETIC TREE RECONSTRUCTION IN INSECT EVOLUTION .....	483
PRELIMINARY ASSESSMENT OF SINGLE-GENE DISRUPTIONS ON GENETIC NETWORK INFERENCE .....	484
EVALUATING FEATURE SELECTION TECHNIQUES FOR CLASSIFYING DIFFUSE LARGE B-CELL LYMPHOMA .....	485
IMPACT OF GUANIDINE HYDROCHLORIDE ON PHASE SEPARATION IN PEG-SALT AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS .....	486
ANALYSIS OF CLUSTER MECHANISM OF ANTI-GREENHOUSE EFFECT USING COMPUTER TECHNOLOGY .....	487
APPLICATION OF ADVANCED NANOFILTERS FOR SUSTAINABLE WATER SUPPLY IN THE CASPIAN SEA BASIN .....	488
CRITICAL ANALYSIS OF EIA REPORTS EFFECTIVENESS: A CASE STUDY FROM INDIA .....	489
ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY AND POLLUTION IDENTIFICATION IN THE KARUN RIVER WATERSHED, IRAN .....	490
EVALUATION OF AIR POLLUTION MITIGATION STRATEGIES .....	491
DEVELOPMENT OF A COST-EFFECTIVE HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM USING BIOMASS RESOURCES IN SOUTH KOREA.....	492
EFFECT OF MICROBIAL ACTIVATORS ON THE DECOMPOSITION OF INDUSTRIAL WASTE COMPOST .....	493

EXPLORING ENERGY-EFFICIENT COOLING SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE BUILDINGS .....	494
ANALYZING THE IMPACT OF URBAN AIR POLLUTION ON PROPERTY VALUES IN ST. PETERSBURG .....	495
PALLADIUM-CATALYZED DECHLORINATION FOR WATER REMEDIATION: CATALYST INACTIVATION AND RENEWAL .....	496
OPTICAL PROPERTIES OF PURE AND DOPED ZINC OXIDE: FROM NANOCOATINGS TO BULK CRYSTALS .....	497
METHANE AND VOLATILE ORGANIC EMISSIONS FROM OIL REFINERIES IN SAUDI ARABIA.....	498
ADSORPTION KINETICS AND THERMODYNAMIC STUDIES OF LEAD (II) IONS USING COCONUT SHELL ACTIVATED CARBON.....	499
KINETIC ANALYSIS OF SILVER NANOPARTICLE INCORPORATION INTO ORGANIC MATRICES .....	500
INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF AU/POLYANILINE/AG SCHOTTKY DIODE VIA I-V MEASUREMENTS .....	501
SEPARATION OF WATER-SOLUBLE VITAMINS USING HPTLC PLATES IMPREGNATED WITH OXALIC ACID .....	502
INFLUENCE OF PRESSURE DROP ON THE EXERGY EFFICIENCY IN C2+ FRACTIONATION REFRIGERATION CYCLES	503
OPTIMIZATION OF OSMOTIC DEHYDRATION OF CARROTS IN SALT SOLUTIONS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY .....	504
FINITE ELEMENT PREDICTION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE FAILURE PATTERN OF PROXIMAL FEMUR USING QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES .....	505
OPTIMIZED TEMPERATURE CONTROL IN HIGH-INTENSITY ULTRASOUND THERAPY .....	506
ADVANCED METHODS TO DIFFERENTIATE MICRO-RETINAL BLEEDS FROM DUST ARTIFACTS USING COLOR SPACE ANALYSIS.....	507
ROBUST ALIGNMENT OF OBJECT PAIRS USING HYBRID RIGID AND FLEXIBLE REGISTRATION MODELS .....	508
APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC IN AUTOMATED BREAST CANCER CLASSIFICATION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS .....	509
IMPACT OF RAPID VARIATIONS IN MEAN FLOW STABILITY DURING BOUNDARY-LAYER TRANSITION .....	510
USING MOBILE DEVICES FOR REMOTE DIAGNOSIS IN TELEMEDICINE SYSTEMS.....	511
REDUCING IMPULSE NOISE IN MRI USING ADVANCED FUZZY FILTERING TECHNIQUES .....	512
IMPLEMENTATION OF GENERALIZED PLASTICITY IN LOAD-DEFORMATION BEHAVIOR OF FOUNDATION WITH EMPHASIS ON LOCALIZATION PROBLEM.....	513
LATERAL ELASTIC CHARACTERISTICS OF A NEW COMPOSITE FIBER REINFORCED GYPSUM WALL .....	514
WIND LOAD PATTERNS IN COASTAL MEDITERRANEAN REGIONS .....	515
CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL STABILIZED WITH SULFURIC ACID .....	516
APPLICATION OF GENERALIZED PLASTICITY IN FOUNDATION LOAD-DEFORMATION ANALYSIS: A STUDY ON LOCALIZATION .....	517
ANALYSIS OF PUBLIC INFRASTRUCTURE DISBURSEMENT PROCESSES IN VIETNAM .....	518
METHODS FOR ENHANCING SUSTAINABILITY IN REINFORCED CONCRETE SKYSCRAPERS .....	519
LINKING EXTREME HYDROLOGICAL EVENTS TO GLOBAL CLIMATE PATTERNS .....	520
AN INTELLIGENT SYSTEM FOR REHABILITATING KNEE AND ANKLE Dr. Dimitar Karastoyanov, .....	521
REAL-TIME MONITORING OF PATHOGEN CONCENTRATION USING GRAPHENE-BASED BIOSENSOR.....	522
DESIGNING AN ULTRA-WIDEBAND ANTENNA FOR CANCER DETECTION IN MICROWAVE IMAGING .....	523
DEVELOPMENT OF A SHAPE MEMORY ALLOY CLAMPING SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE SURGERY .....	524
INVESTIGATING DIURNAL VARIATIONS IN HUMAN HEIGHT: A BIOMECHANICAL STUDY .....	525



MICROORGANISM-BASED SENSOR FOR DETECTING ANTIOXIDANT ACTIVITY .....	526
ANALYZING THE FRICTIONAL PROPERTIES OF MUCIN COATINGS ON MEDICAL DEVICES .....	527
IMPACT OF MICROSTRUCTURE ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF TITANIUM IMPLANTS.....	528
MODELING RADIAL HEAT AND MASS TRANSFER IN A FIXED BED CATALYTIC REACTOR THROUGH SIMULATION STUDY .....	529
BEHAVIOR OF CO <sub>2</sub> AND CH <sub>4</sub> HYDRATES IN POROUS MEDIA .....	530
NOVEL MULTI-SOLID THERMODYNAMIC MODEL FOR WAX FORMATION PREDICTION .....	531
APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN ESTIMATING KINETIC PARAMETERS .....	532
PHASE EQUILIBRIUM STUDY IN AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS USING POLY (ETHYLENE GLYCOL) AND POTASSIUM CITRATE AT VARIED pH LEVELS .....	533

## FEN BİLİMLERİ PERSPEKTİFİNDEN STEM: MATEMATİK-TÜRKÇE DİSİPLİNLERARASI MODEL YARATMA ÇALIŞMASI

**Doç. Dr. Güzide ŞENEL**

Amasya Üniversitesi

[g.senel@amasya.edu.tr](mailto:g.senel@amasya.edu.tr), ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-4052-2631>

### ÖZET

STEM eğitimi, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematikte sistematik olarak düşünen, onlara eleştirel bir bakış açısı kazandıran ve öğrendiklerini yeni ve farklı problemlere aktaran yaratıcı bireyler yetiştirme ihtiyacını karşılamak için tasarlanmış bir eğitim yaklaşımıdır. STEM eğitimi sürekli gelişen bir alandır ve bu alanda birçok farklı görüş ortaya atılmıştır. Bazı araştırmacılara göre, STEM bölümündeki "Mühendislik", "mühendislik" in yanı sıra "tasarım ve üretim" anlamına da gelmektedir. "Bilim" kelimesini tanımlayan "S" harfi yalnızca doğa bilimlerini değil, aynı zamanda beşeri bilimler ve sosyal bilimleri de kapsamaktadır. "E" harfi tasarım ve üretim, "S" harfi ise sosyal bilimler olarak kabul edilmektedir. Çalışmanın amacı, öğrencilerin matematik ve sosyal bilimlerle ilgili bazı kavramları birlikte ne düzeyde öğrendiklerini görmektir. Bu amaçla, disiplinler arası bir model oluşturma etkinliği olan "Okuma Problemi"ni geliştirmek için Matematik ve Türkçe çalışmışlardır. Bu problem öğrencilere uygulanmıştır ve disiplinler arası problem çözme sürecinde, öğrenciler Türkçe ile ilgili bazı kavramları öğrenmiş ve bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Model Geliştirme Süreci, Disiplinler Arası Model Oluşturma Etkinliği, Disiplinler Arası Problem Çözme.

### 1. GİRİŞ

STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi, bu dört disiplinin entegrasyonunu vurgulayan önemli bir disiplinlerarası yaklaşımdır. Matematiksel bir bakış açısından, STEM eğitimi öğrencilerin problem çözme becerilerini, eleştirel düşünme ve nicel akıl yürütme yeteneklerini geliştirmede hayati bir rol oynar.

Matematik, bilimsel olguları, mühendislik tasarımını ve teknolojik gelişmeleri anlamak ve analiz etmek için gerekli araçları ve çerçeveleri sağlayarak STEM alanlarının temelidir. STEM eğitiminde, matematik izole bir şekilde öğretilmez, ancak diğer disiplinlerle sorunsuz bir

şekilde entegre edilir ve öğrencilerin matematiksel kavramları ve becerileri gerçek dünya sorunlarına ve bağlamlarına uygulamalarına olanak tanır.

STEM eğitimindeki matematiksel bakış açısının bazı temel yönleri şunlardır:

**Nicel Akıl Yürütme:** STEM alanları, sayısal verileri yorumlama ve analiz etme, nicel bilgilere dayalı bilinçli kararlar alma ve bulguları etkili bir şekilde iletme becerisine büyük ölçüde güvenir.

**Modelleme ve Simülasyon:** Denklemler, grafikler ve simülasyonların kullanımı gibi matematiksel modelleme teknikleri, bilim ve mühendislikte karmaşık sistemlerin davranışını anlamak ve tahmin etmek için önemlidir.

**Problem Çözme Stratejileri:** STEM eğitimi, karmaşık problemleri parçalara ayırmayı, ilgili bilgileri belirlemeyi ve çözümlere ulaşmak için uygun matematiksel teknikleri uygulamayı içeren problem çözme becerilerinin geliştirilmesine vurgu yapar.

**Mekansal Muhakeme:** Mühendislik ve mimarlık gibi belirli STEM alanları, geometri, trigonometri ve görselleştirme tekniklerinin incelenmesiyle geliştirilebilen güçlü mekansal muhakeme yetenekleri gerektirir.

**Veri Analizi ve Yorumlama:** STEM alanları çok miktarda veri üretir ve bu verileri analiz etme, yorumlama ve anlamlı sonuçlar çıkarma yeteneği çok önemlidir. İstatistiksel yöntemler ve veri görselleştirme teknikleri, STEM eğitiminde temel becerilerdir.

Matematiği diğer STEM disiplinleriyle bütünleştirerek, öğrenciler bu alanların birbiriyle bağlantılı olduğunu daha derinlemesine anlar ve karmaşık, gerçek dünya zorluklarıyla başa çıkmak için gerekli becerileri geliştirir. STEM eğitimindeki bu matematiksel bakış açısı, öğrencileri nicel muhakeme, problem çözme ve veri odaklı karar almanın çok değerli olduğu bilim, teknoloji, mühendislik ve ötesinde çok çeşitli kariyerlere hazırlar.

## 2. METHOD

Bu çalışmada, öğrencilerin "Okuma Problemi"ni çözme sürecindeki gelişimini görmek için çok katmanlı öğretim deneyi (Lesh & Kelly, 2000) kullanıldı. Ayrıca, araştırma bulgularının yorumlanmasını ve verilerin analizini desteklemek için tasarım araştırma yönteminin değiştirilmiş bir versiyonu (Dolk, Widjaja, Zonneveld, & Fauzan,2010) kullanıldı. Detaylı

incelemeler referanslardan yapılabilir. Bu çalışmanın temelini 1 ve 4 referansları oluşturmaktadır.

### 3. SONUÇLAR

Çalışmadaki bulgular, öğretmenlerle yapılan yarı yapılandırılmış ön görüşme ve öğretmenler ve öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış son görüşmeler çerçevesinde ele alındı. Öğretmenlerle yapılan ön görüşmede, onlara "Derslerinizi günlük yaşamla ilişkilendirerek mi öğretiyorsunuz?", "Dersleri konuları diğer disiplinlerle ilişkilendirerek mi anlatırsınız?"

soruları soruldu ve derslerini günlük yaşamla ilişkilendirip ilişkilendirmedikleri görüldü. Aşağıda öğretmenlerin bu sorulara verdiği bazı yanıtlar yer almaktadır [4]:

ÖM: ... Bazı öğrenciler bazı konuları günlük hayatta kullanmadıkları için öğrenmelerine gerek olmadığını söylüyorlar. Bu nedenle, konu anlatıldıktan sonra günlük yaşam örneklerini seçmemiz daha iyi olur. Bir örnek vereyim: Diyelim ki 100 km'lik bir yolda bir araba 5 lt yakıt harcıyor.

Buna göre, 400 km'lik yolda ne kadar yakıt harcıyorsunuz? Bu nedenle, günlük hayattan şu şekilde örnekler vermenin daha iyi olacağını düşünüyorum.

ÖT: Bazı konuların anlatımında matematiği kullanıyoruz. Bu, bu dersin daha kalıcı ve etkili olmasını sağlıyor. Örneğin, benzerlikleri ve farklılıkları öğretirken kümeler kavramını kullanıyorum.

Son toplantıda öğretmenlere "Daha önce bu tür problemler (Okuma Problemi) gördünüz mü?", "Bu problemlerin disiplinleri ilişkilendirme yeteneğini geliştirdiğini düşünüyor musunuz?", "Bu tür problemlerin müfredata dahil edilmesi gerektiğini düşünüyor musunuz?", "Bu problemler müfredata dahil edilirse öğrencilere ne tür faydalar sağlanabilir?" gibi sorular soruldu. Aşağıda öğretmenlerin bu sorulara verdiği bazı cevaplar yer almaktadır:

ÖM: Daha önce hiç bu kadar kapsamlı problemlerle karşılaşmamıştım. Öğrencilerin sürekli sorduğu sorulardan biri de "Bu konu günlük hayatımızda bize nasıl fayda sağlıyor?" sorusudur. Öğrenciler bu tür problemlerle karşılaştıklarında artık bu tür soruları sorma ihtiyacı

hissetmezler. Disiplinlerarası öğrenme bu tür problemlerle kesinlikle gelişir. Matematik Uygulama derslerinin bu tür problemlerden oluşması gerekir.

ÖT: Bu tür problemlerin Türkçe-Matematik ilişkilendirme yeteneğini geliştirdiğini düşünüyorum. Ayrıca bu tür problemlerin müfredata dahil edilmesi gerektiğini düşünüyorum. Dersler arasında geçişler olması gerektiğine her zaman inandım. Bu tür problemlerin kalıcılığı, motivasyonu ve öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini artırdığına inanıyorum.

Öğrencilere "Daha önce böyle problemlerle karşılaştınız mı?", "Bu problemler size ne gibi faydalar sağladı?", "Bu tür problemlerin okul kitaplarında yer almasını ister misiniz?" gibi sorular soruldu. Aşağıda öğrencilerin bu sorulara verdiği bazı cevaplar yer almaktadır:

Ümit: Hayır. Daha önce böyle problemlerle karşılaşmamıştım. Bu problemleri çözdükten sonra dersler arasında bağlantı kurmayı öğrendim.

Zehra: Genelde her dersi sevmezdim ama bu problemler sayesinde Matematiği ve özellikle Türkçeyi sevmeye başladım. Daha önce matematiği sevmezdim ama şimdi seviyorum. Türkçeyi eskisinden daha çok seviyorum. Neyse ki bu güzel problemleri gördüm [4].

#### 4. MATEMATİK-TÜRKÇE DİSİPLİNLERARASI MODEL YARATMA ÇALIŞMASI

Matematik alanında bilgisayar yazılımı öne çıkmaktadır. Bilgisayar yazılımı ile matematik ve Türkçe arasında anlam bütünlüğü sağlamaya dayalı birkaç örnek aşağıda sunulmuştur:

```
const MathTurkishModel = () => {  
  
  const [selectedConcept, setSelectedConcept] = useState(null);  
  
  const concepts = [  
  
    {  
  
      math: 'Toplama',  
  
      turkish: 'Sıfatların Birleştirilmesi',  
  
      example: "'Kırmızı" + "Büyük" = "Kırmızı büyük elma"  
  
    },  
  
    {
```

math: 'Çıkarma',

turkish: 'Olumsuzluk Eki',

example: "'Güzel" - "sız" = "Güzel değil" veya "Çirkin"

},

{

math: 'Çarpma',

turkish: 'Pekiştirme',

example: "'Güzel" x 2 = "Güpgüzel"

},

{

math: 'Bölme',

turkish: 'Hecelere Ayırma',

example: "'Matematik" ÷ 4 = "Ma-te-ma-tik"

}

];

## SONUÇ

STEM eğitimindeki matematiksel bakış açısı, matematiğin karmaşık, disiplinler arası problemleri anlama ve çözmedeki merkezi rolünü vurgular. Matematiksel düşünme ve uygulamaları STEM disiplinleri arasında entegre ederek, eğitimciler öğrencilerin matematiğin bilim, teknoloji ve mühendislikteki öğrenmelerine nasıl bağlandığı ve bunları nasıl geliştirdiği konusunda daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olabilir. Bu yaklaşım, öğrencileri yalnızca gelecekteki STEM kariyerlerine hazırlamakla kalmaz, aynı zamanda onları hayatın çeşitli yönlerine uygulanabilen değerli problem çözme ve analitik becerilerle donatır.

Çalışma sürecine katılan iki öğretmen, öğrettikleri konuların günlük yaşam ve disiplinler arası ilişkilendirmelerini zaten yaptıklarını belirtmişlerdir. Matematik öğretmeni, bu tür problemlerin Matematik Uygulamaları dersine dahil edilmesi gerektiğini söylemiştir.

Türkçe Öğretmeni, bu tür problemlerin müfredata dahil edilmesi gerektiğini düşünmüş ve bu problemlerin disiplinler arası geçiş sağladığını belirtmiştir. Türkçe Öğretmeni, bu tür problemlerin kalıcı öğrenmeyi, öğrencilerin özgüvenini ve motivasyonunu olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Öğrencilerin görüşlerine gelince, öğrenciler daha önce böyle problemlerle karşılaşmadıklarını ve bu tür problemlerin disiplinler arası ilişkilendirme yeteneğini ve diğer disiplinlere karşı tutumu olumlu yönde geliştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, DAMOE'lerin özgüveni artırdığını ve matematiksel tutumu olumlu yönde etkilediğini belirten öğrenciler de vardır.

## KAYNAKÇA

1. Dolk, M., Widjaja, W., Zonneveld, E., & Fauzan, A. (2010). Examining teachers' role in relation to their beliefs and expectations about students' thinking in design research. A decade of PMRI in Indonesia, 175-187.
2. English, L., & Sriraman, B. (2010). Problem solving for the 21st century. In Theories of mathematics education (pp. 263-290). Springer Berlin Heidelberg.
3. Lesh, R., & Kelly, A. (2000). Multitiered teaching experiments. Handbook of research design in mathematics and science education, 197-230.
4. Ramazan Gurbuz, Yunus Guder, Ege 8th International Conference On Applied Sciences June 2 - 4, 2023 – Izmir, Proceeding Book, pg. 204.

## PERSONEL SEÇİM PROBLEMİNİN KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ÇÖZÜM UYGULAMASI

**Doç. Dr. Güzide ŞENEL**

Amasya Üniversitesi

[g.senel@amasya.edu.tr](mailto:g.senel@amasya.edu.tr), ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-4052-2631>

### ÖZET

İnsan Kaynakları Yönetiminde ilk ve en önemli problemlerden biri personel seçimi problemidir. Personel seçimi, bir işe en uygun adayın belirlenmesi problemidir. Problemin etkin çözümü insan faktörü göz önüne alındığında birden çok öznel ve nesnel karar kriterinin dikkate alınması ile mümkün olacaktır. Bu çalışmada bir kamu kurumunda ilanlara başvuran adayların başvuruları değerlendirilirken, mülakat aşamasında istihdam edilecek personel sayısının 10 katı kadar aday ile mülakat yapılacağından birden fazla aday ile mülakat gerçekleştirilecektir. Bu nedenle oluşan yoğunluk nedeniyle insan kaynakları çalışanları tarafından tüm adayların ölçülebilir niteliklerinin eşit bir şekilde değerlendirilmesinde mevcut sistem yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada; Bir kamu kuruluşunda verimliliği arttırmak amacıyla, işe alım süreçlerinde kullanılmak üzere Çok Kriterli Karar Verme(ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak çok kriterli personel seçimi ile insan kaynakları sürecinde daha kaliteli bir hizmet sağlanması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Personel Seçim Problemi, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Çok Kriterli Karar Verme.

### 1. GİRİŞ

Personel seçimi, her kuruluşun başarısında kritik bir rol oynar. Doğru adayları belirlemek için çeşitli kriterler ve yöntemler kullanılır. Bu aşamada, **karar verme** süreçleri devreye girer. Geleneksel yöntemlerin yanı sıra modern teknikler de, etkili bir personel seçimi için büyük önem taşır. Doğru yaklaşım, hem işletme hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırır hem de



ekip dinamiklerini kuvvetlendirir. Bu çalışmada, personel seçim probleminin nasıl çözülebileceğini ve uygun karar verme tekniklerini ele alacağız.

### **Ana Noktalar**

1. Personel seçiminin önemi ve etkili yöntemler.
2. Kullanılan karar verme teknikleri ve uygulama örnekleri.
3. Doğru adayların belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken unsurlar.

### **Personel Seçiminde Karar Verme Süreçleri ve Yaklaşımları**

Personel seçimi, bir organizasyonun en kritik aşamalarından biridir. Bu süreç, sadece iş gücünü değil, aynı zamanda kurumun kültürünü de şekillendirir. Yalnızca deneyime ve bilgiye dayanmak yeterli olmuyor. İşte bu noktada, **karar verici** yaklaşımlar devreye giriyor. Aşağıda, etkili bir seçim süreci için dikkate alınması gereken temel unsurları bulabilirsiniz:

1. **İhtiyaç Analizi:** Organizasyonel hedefleri belirlemek, uygun yetenekleri tanımlamak önemlidir.
2. **Mülakat Teknikleri:** Farklı teknikler kullanarak adayların yeteneklerini değerlendirmek gerekir.
3. **Referans Kontrolü:** Adayların geçmiş performansları hakkında bilgi edinmek, doğru bir değerlendirme sağlar.

Yine de, bu süreçlerde bazen kafa karışıklığı yaşanabilir. Adayların yalnızca özgeçmişlerine bakmak, derinlemesine bir değerlendirme için yeterli olmayabilir. Dolayısıyla, çok yönlü bir yaklaşım benimsemek gereklidir. Böylece hem gerekli nitelikler sağlanır hem de ekip uyumu artırılır.

### **Kuşaklar Arası Değişim: Personel Seçiminde Yeni Eğilimler**

Günümüzde, kuşaklar arası farklılıklar, iş gücü seçim süreçlerinde belirgin bir etki yaratmaktadır. İşverenler, Y kuşağının yenilikçilik arzusunu ve Z kuşağının dijital becerilerini değerlendirirken, geleneksel yöntemler genellikle yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, organizasyonlar kendilerini **esnek** hale getirmeli ve çeşitli görüşleri harmanlayacak bir yaklaşım benimsemelidir. İşe alım süreçlerinde, kuşaklar arası etkileşimi

destekleyen stratejiler geliştirmek, şirket kültürünü zenginleştirir. Aynı zamanda, eşit fırsatlar sunulması da kritik bir unsurdur. Ne var ki, bu süreçlerde iletişimin etkinliği büyük önem taşır.

### Yeni Seçim Ayırıcıları

Kuşak	Özellikler	Tercih Edilen Yöntemler
X Kuşağı	Deneyim odaklı	Geleneksel mülakatlar
Y Kuşağı	Teknoloji meraklısı	Sanallık ve video mülakatlar
Z Kuşağı	Yaratıcılık ve esneklik	Görsel içerik ve proje bazlı değerlendirme

Sonuç olarak, işverenlerin yeni nesil yetenekleri değerlendirme biçimlerinin çeşitlenmesi, **innovasyon** için önemli bir adım olacaktır. Kuşaklar arası köprüler kurarak daha zengin, daha kapsayıcı bir iş ortamı yaratılabilir.

## 2. KARAR VERME TEKNİKLERİNİN ETKİNLİĞİ: PERSONEL SEÇİMİNDE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Personel seçim süreçlerinde **karar verme teknikleri**, doğru adayları belirlemenin anahtarıdır. Özellikle, yetkinlik bazlı mülakatlar ve psikometrik testler, adayların gerçek potansiyellerini ortaya çıkarır. Ancak, bu yöntemlerin etkinliği, bazen yanıltıcı olabilir. Örneğin, bir adayın mülakat performansı, genel yeterliliğini her zaman yansıtmaz. Yani, doğru teknikler seçim sürecine değer katarken, dikkatli bir değerlendirme gerektirir. Bu nedenle, her adayı çok yönlü bir bakış açısıyla ele almak önemlidir.

### Veri Analitiği ve Yapay Zeka: Modern Personel Seçim Yaklaşımları

Son yıllarda, **veri analitiği** ve **yapay zeka** uygulamaları, personel seçim süreçlerine önemli bir derinlik kattı. Bu yaklaşım, yalnızca nitelikli adayların belirlenmesini sağlamakla kalmıyor, aynı zamanda süreçleri daha objektif hâle getiriyor. Ancak, her teknoloji gibi

bunun da bazı sınırlamaları mevcut. İnsan faktörünün hala kritik olduğu aşamalarda, yapay zekanın tek başına yeterli olup olmayacağı sorgulanıyor.

### **Modern Seçim Süreçlerinin Avantajları**

1. **Verimlilik:** Otomatikleştirilmiş analizlerle, aday tarama süreci hızlanır.
2. **Objektiflik:** Veri odaklı karar verme, yanlılık riskini azaltır.
3. **Öngörü gücü:** Adayların gelecekteki performansları hakkında daha sağlam tahminler yapılabilir.

Ancak bu yöntemlerin bazı karışıklıklara yol açabileceğini unutmamalıyız. Adayların yetkinliklerini ölçerken, sadece istatistiklere dayanmak, önemli insani değerleri göz ardı etme riskini taşır. Sonuçta, teknoloji insanı tamamlayıcı bir araç olmalı.

### **Başarı Kriterleri: Personel Seçiminde Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri**

Personel seçim süreci, işletmelerin başarısını doğrudan etkileyen kritik bir aşamadır. Bu nedenle, **ölçme** ve **değerlendirme** yöntemlerinin doğru bir şekilde uygulanması büyük önem taşır. Nitelikli adayları belirlemek için psikometrik testler, mülakat teknikleri ve performans değerlendirmeleri sıklıkla başvurulan araçlardır. Ancak, bu yöntemlerin hepsi her pozisyona göre uyum sağlamakta zorlanabilir. Yalnızca ölçüm yapmak yeterli değildir; aynı zamanda bu verileri yorumlamak ve bir bütün olarak ele almak da gerekmektedir. Ne var ki, her adayın potansiyelini en iyi şekilde anlamak için insanın içgüdüsel bir yaklaşımı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Personel seçimine ilişkin çalışmalar 1945 yılında başlamış olup 1990'lı yılların sonundan günümüze kadar artarak devam etmektedir. Çalışma kapsamında ele alınacak problem doğrultusunda birden çok kritere göre birden fazla alternatif arasından seçim yapılacağı gerekçesiyle ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan personel seçimi çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda çalışmalar

2000'li yıllarda yapılmış olup en fazla çalışmanın 2020 yılına ait olduğu tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında personel seçimi problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışmaya rastlanılmıştır. Bu çalışmada resmi bir kurumun insan kaynakları sürecinde kullanılması planlanan ölçülebilir 20 farklı kriter mevcuttur. Bu kriterler arasında işe alım sırasında hangilerinin kullanılması gerektiği

üzerine insan kaynakları sürecinde iyileştirmeler planlanmaktadır [6]. (Afshari vd., 2010) tarafından yapılan çalışmada, telekomünikasyon şirketindeki bir pozisyon için 7 kriter belirlenmiş ve ÇKKV yöntemlerinden SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi kullanılarak 5 aday değerlendirilmiştir. Bu çalışmada SAW yönteminin seçilmesinin nedeni karar verme sürecinde yöneticilerin kararlarının belirsizliğini görmezden gelen bir yöntem olmasıdır. SAW yöntemi kullanılarak en iyi adaya ulaşılmıştır. (Afshari vd., 2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise aynı problem ELECTRE yöntemi ile çözülmüştür. Karar verme sürecinde yöneticilerin kararlarının bulanıklığını görmezden geldiğinden ELECTRE yöntemi kullanılmıştır. Bazen ELECTRE yöntemi alternatifleri farklı sıralarda sıralayamadığından bu tarz problemlerde, bu çalışmada olduğu gibi AHP ve ELECTRE yöntemleri birlikte kullanılarak sonuca ulaşılmaktadır. (Aksakal ve Dağdeviren, 2010) uluslararası bir firma için personel seçim sürecini ele almış ve DEMATEL ve AAS metodlarını birlikte kullanarak sorunun çözümü için entegre bir algoritma geliştirmiş ve işe en uygun adayı belirleyip seçmişlerdir.

### 3. PROBLEMİ TANIMA

Bu çalışma kapsamında personel seçimi ilan yayınlamak 2 aşamalı değerlendirme sürecine sahip ve kendine ait başvuru sistemi bulunan bir kamu kurumunda yapılacak olup bu kurumda son 6 yıla ilişkin yayınlanan ilan ve alınan başvuru sayılarına ilişkin bilgilere aşağıdaki tabloda yer verilmiştir.

	2022	2021	2020	2019	2018	2017
<b>İlan sayısı</b>	38	30	52	49	26	36
<b>İstihdam edilecek kişi sayısı</b>	1023	239	119	215	230	83
<b>Başvuru sayısı</b>	39431	4590	6848	7034	5020	6973
<b>Mülakata katılan aday sayısı</b>	5116	1021	653	1190	924	591
<b>İşe alınan kişi sayısı</b>	431 Bir kısmı devam etmektedir.	102	69	188	144	56

Kurum tarafından ilanlara başvuran adayların değerlendirme aşamasında kullanılan kriterler; adayların mezun olduğu bölümün birim ihtiyaçlarına uygunluğu, adayların mezuniyet not ortalaması, üniversite yerleştirme sıralaması ve adayların mesleki tecrübe yılıdır. Bu kriterler uzman görüşleri alınarak ve uygulama çalışmaları yapılarak belirlenmiş ve başvuru sonrası adayların mülakata davet edilmek üzere sıralanması için belirlenen bir

formülasyon olarak kullanılmaktadır [6]. Birden fazla kriter ve aynı zamanda çok sayıda alternatifte sahip işe alınacak adayların seçimi için uygun adayların sıralanması amacıyla Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine başvurmaya karar verilmiştir. ÇKKV yöntemleri çok sayıda seçeneğin seçilme, sıralama, sınıflandırma, önceliklendirme veya eleme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimlerini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda kriter kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Yoon ve Hwang, 1995). Bu hedef doğrultusunda belirlenen 20 kriter içerisinde hizmet grubu olarak adlandırılan ve kurumda en fazla çalışan sayısına sahip ve en fazla alım yapılan bu grup için işe alım ilanlarında değerlendirme aşamasında dikkate alınmak üzere uzman görüşü alınarak 15 kriter seçilmiştir. Bu kriterler ve kriterlerin Saaty tarafından önerilmiş olan 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi aşağıda verilmiştir [6]:

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Alanında tecrübe (K1)	1,000	5,000	4,000	2,000	4,000	5,000	6,000	8,000	4,000	4,000	4,000	3,000	5,000	7,000	7,000
Gönüllü staj/çalışma deneyimi (K2)	0,200	1,000	0,200	0,143	0,250	0,250	0,500	0,167	0,333	0,500	0,250	0,200	1,000	1,000	1,000
Yüksek lisans mezuniyeti (K3)	0,250	5,000	1,000	0,333	1,000	4,000	3,000	7,000	2,000	1,000	3,000	0,500	4,000	4,000	4,000
Doktora mezuniyeti (K4)	0,500	7,000	3,000	1,000	3,000	4,000	6,000	8,000	4,000	3,000	4,000	3,000	5,000	6,000	6,000
Akademik yayına/yayınlarla sahip olmak (K5)	0,250	4,000	1,000	0,333	1,000	3,000	3,000	7,000	1,000	1,000	3,000	0,200	4,000	4,000	4,000
Adayın yaşı (K6)	0,200	4,000	0,250	0,250	0,333	1,000	2,000	6,000	0,250	0,250	0,333	0,200	3,000	4,000	4,000
Ödül/Dereceler (K7)	0,167	2,000	0,333	0,167	0,333	0,500	1,000	5,000	0,333	0,250	0,333	0,250	3,000	2,000	2,000
Yapılan sosyal projeler (K8)	0,125	6,000	0,143	0,125	0,143	0,167	0,200	1,000	0,143	0,143	0,167	0,143	0,200	0,250	0,250
Yapılan akademik projeler (K9)	0,250	3,000	0,500	0,250	1,000	4,000	2,000	7,000	1,000	1,000	3,000	0,333	3,000	4,000	4,000
Yapılan teknik/mesleki projeler (K10)	0,250	2,000	1,000	0,333	1,000	4,000	3,000	7,000	1,000	1,000	3,000	0,333	3,000	4,000	4,000
Yan dal mezuniyeti (K11)	0,250	4,000	0,333	0,250	0,333	3,000	3,000	6,000	0,333	0,333	1,000	0,250	2,000	3,000	3,000
Çift ana dal mezuniyeti (K12)	0,333	5,000	2,000	0,333	5,000	5,000	3,000	7,000	3,000	3,000	4,000	1,000	4,000	5,000	5,000
Çift ana dal haricinde ek lisans/önlisans diplomasına sahip	0,200	1,000	0,250	0,200	0,250	0,333	0,250	5,000	0,333	0,333	0,500	0,250	1,000	0,333	0,333
Başarı bursu almış olmak (K14)	0,143	1,000	0,250	0,167	0,250	0,250	0,333	0,333	4,000	0,250	0,333	0,200	0,333	1,000	1,000
Proje bursiyerliği yapmış olmak (K15)	0,143	1,000	0,250	0,167	0,250	0,250	0,333	3,000	0,250	0,250	0,333	0,200	0,333	1,000	1,000

Matrisin her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınmış, bulunan bu değerler her bir kriter için hesaplanan önem ağırlıklarını göstermektedir. Kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi ve hesaplanan ağırlıklarına ilişkin öncelik vektörü çarpılır.

Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının hesaplayabilmek için birçok yöntemden bir tanesi olan

“Tutarlılık İndeksi (CI)” adı verilen katsayı hesaplanmıştır.

Bu çalışmada Tutarlılık indeksi  $CI = 0,159$  olarak hesaplanmıştır. [6]. Tutarlılık oranı

$CR = 0,0998$  olarak bulunmuştur.

Tanımlı  $CR$ 'nin 0,10'dan küçük çıkması durumunda karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir. Çalışmada kriter ağırlıkları, hizmet grubu için belirlenen 20 kriter içerisinden 15 kriter kullanılarak hesaplanmıştır. Gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda farklı hizmet grupları hatta farklı sektörlerde farklı kriterlerin belirlenmesi mümkün olabilecektir. Değerlendirme aşamasının devamında kullanılan formülasyon hesabı yerine ÇKKV yöntemleri ile ağırlıklar belirlendikten sonra personel seçim problemi tamamlanacak şekilde çalışma genişletilebilir [6].

## SONUÇ

Karar verme süreci, bir durumu analiz etme, alternatifler geliştirme, bu alternatifleri değerlendirme ve nihai bir seçim yapma aşamalarını içeren sistematik bir yaklaşımdır.

Sonuç olarak, personel seçim süreci, doğru adayları belirlemek için özenle ele alınması gereken bir karar verme aşamasıdır. Bu aşamada kullanılan teknikler, işletmelerin ihtiyaçlarına ve kültürüne en uygun adayları bulmalarını sağlar. Ayrıca, bu yöntemler sayesinde hem yöneticilerin hem de adayların deneyimleri iyileşir. Böylece, seçimin kalitesi artar ve organizasyonun genel başarısı üzerinde olumlu bir etki yaratır. Dolayısıyla, karar verme tekniklerini etkili bir şekilde uygulamak, işletmeler için kritik bir adım olarak öne çıkıyor. Bu süreçte dikkatli olmak ve doğru verileri analiz etmek, doğru adayın bulunmasını kolaylaştırır. Unutmamak gerekir ki, doğru seçimler yapmak, uzun vadede iş yerinde harmoni ve verimlilik sağlar.

Karar verme sürecinizi geliştirmek için öncelikle iyi bir analiz yapmalı, çeşitli alternatifleri değerlendirmeli, ihtiyaç duyduğunuz bilgileri toplamalı ve gerektiğinde başkalarından geri bildirim alarak farklı bakış açılarını değerlendirmelisiniz.

## KAYNAKÇA

1. Afshari, A.R., Mojahed, M., Yusuff, R.M., Hong, T.S., Ismail, M.Y. (2010).  
Personel Selection Using  
ELECTRE, Journal of Applied Sciences, 10(23), 3068–3075.
2. Afshari, A.R., Mojahed, M., Yusuff, R.M. (2010). Simple Additive Weighting  
Approach to Personnel  
Selection Problem, International Journal of Innovation, Management and Technology,  
1(5), 511–515.
3. Aksakal, E., Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel  
Seçimi Problemine  
Bütünleşik Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,  
25(4), 905-913.
4. Balezentis, A., Balezentis, T., Brauers, W.K.M. (2012). Personnel selection based  
on computing with  
words and fuzzy MULTIMOORA, Expert Systems With Applications, 39(9), 7961-  
7967.
5. Saaty, T., Vargas, L. (2012). Models, methods, concepts & applications of the  
analytic hierarchy  
process. New York: Springer.
6. Servet SOYGÜDER, Hatice Ceren ŞAHİN, Ege 8th International Conference On  
Applied Sciences June 2 - 4, 2023 – Izmir, Proceeding Book, pg. 548.
7. Şenel, B., Şenel, M., Aydemir, G. (2018). Use And Comparison of Topis And  
Electre Methods In  
Personnel Selection, ITM Web of Conferences 22.
8. Korkmaz, D., Akpolat, Z.H., Soyguder, S., Alli, H. 2015. Dynamic simulation  
model of a biomimetic  
robotic fish with multi-joint propulsion mechanism, Transactions of the Institute of  
Measurement and Control 37 (5), 684-695.

## ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SEÇİM YAPMA YÖNTEMLERİ

**Doç. Dr. Güzide ŞENEL**

Amasya Üniversitesi

[g.senel@amasya.edu.tr](mailto:g.senel@amasya.edu.tr), ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-4052-2631>

### ÖZET

Karar alma süreçleri alanında, kümeleri, çok kriterli karar alma yöntemleriyle birleştirmek, daha ayrıntılı ve kapsamlı bir bakış açısı sunar. Bu yenilikçi metodolojiden yararlanılarak, çalışmalar, karmaşık karar ortamlarında daha kesin ve etkili çözümler üretebilir. Bu çalışmada plastik üretimi yapan bir işletmenin, günümüz koşullarınca petrole ulaşımın zorlaşmaya başlaması sorunu ele alınmaktadır. İşletme bu nedenlerden dolayı alternatif hammadde çözümlerine yönelmeyi düşünmektedir. İşletmenin bu alternatif çözüme geçmesi için hem üretim sistemlerinde hem de tedarikçilerinde önemli değişiklikler yapmasını gerektirmektedir ve işletme net olmayan bu çözüm için böyle bir riske girmek istememektedir. Bu çalışmada işletmenin yeni alternatif çözüme geçmesi için tedarikçi değerlendirme aşamaları üzerinde çalışılacaktır. Çalışmada çok kriterli karar verme teknikleri ile uygulama yapılmıştır. Tedarikçi değerlendirme kriterleri çok kriterli karar verme tekniklerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (FAHP - Fuzzy Analytic Hierarchy Process) yöntemi ile ağırlıklandırılıp bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi olan Birleşik Uzlaşma Yöntemi (CoCoSo - Combined Compromise Solution) ile tedarikçi değerlendirmesi yapılmıştır. Olası üç tedarikçiden en uygun olanı seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, Tedarikçi Seçimi, Biyo Bozunabilir Plastik



## GİRİŞ

Tedarikçi seçimi, işletmelerin başarısı için kritik bir öneme sahiptir. Doğru tedarikçilerle çalışmak, ürün kalitesini artırırken maliyetleri düşürür ve rekabet avantajı sağlar. Bu nedenle, tedarikçi seçim sürecini etkili bir şekilde yönetmek büyük önem taşır. Tedarikçi seçimi, işletme performansını doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Yapılan araştırmalar, tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının işletme performansı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir [2]. İyi bir tedarikçi seçimi, üretim verimliliğini artırır, teslimat sürelerini kısaltır ve müşteri memnuniyetini yükseltir.

Bu çalışmada işletmenin yeni alternatif çözüme geçmesi için tedarikçi değerlendirme aşamaları üzerinde çalışılacaktır. Çalışmada çok kriterli karar verme teknikleri ile uygulama yapılmıştır. Tedarikçi değerlendirme kriterleri çok kriterli karar verme tekniklerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (FAHP - Fuzzy Analytic Hierarchy Process) yöntemi ile ağırlıklandırılıp bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi olan Birleşik Uzlaşma Yöntemi (CoCoSo - Combined Compromise Solution) ile tedarikçi değerlendirmesi yapılmıştır. Olası üç tedarikçiden en uygun olanı seçilmiştir [1].

## ÇOK KRITERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ

Tedarikçi seçimi, işletmelerin başarısı için kritik öneme sahip karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte birden fazla kriteri aynı anda değerlendirmek gerektiğinden, çok kriterli karar verme teknikleri büyük önem taşır. Bu teknikler, karar vericilere alternatifler arasından en uygun seçimi yapma konusunda yardımcı olur. İşte tedarikçi seçiminde sıkça kullanılan bazı çok kriterli karar verme yöntemleri:

### AHP YÖNTEMİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas Saaty tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan bir karar verme tekniğidir. AHP, problemi amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler şeklinde hiyerarşik bir yapıda düzenler. Bu yöntem, kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırmalarına dayanır.

AHP'nin temel adımları şunlardır:

Hiyerarşik yapının oluşturulması

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Özvektörün (görelî önem vektörünün) belirlenmesi

Tutarlılık oranının hesaplanması

Genel sonucun elde edilmesi

AHP, tedarikçi seçiminde kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılır. Örneğin, bir çalışmada AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenirken Super Decisions 2.0.8 programı kullanılmıştır [5].

### **TOPSIS Yöntemi**

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme tekniğidir. Bu yöntem, alternatif çözümlerin pozitif-ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafede olması prensibine dayanır.

TOPSIS yönteminin adımları şunlardır:

Karar matrisinin oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması

İdeal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

Alternatiflerin ideal çözüme görelî yakınlığının hesaplanması

Alternatiflerin sıralanması

TOPSIS, tedarikçilerin sıralanması için kullanılır ve genellikle Microsoft Excel gibi programlar yardımıyla hesaplamalar yapılır [5].

### **DEMATEL Yöntemi**

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), karmaşık problemlerin çözümünde ve kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde kullanılan etkili bir tekniktir. Bu

yöntem, kriterleri etkileyen ve etkilenen gruplar olarak sınıflandırır ve aralarındaki ilişkileri net bir şekilde ortaya koyar.

DEMATEL yönteminin temel adımları şunlardır:

Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

Etkileyen ve etkilenen kriter gruplarının belirlenmesi

Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi

Etki yönlü graf diyagramının çizilmesi

DEMATEL, tedarikçi seçiminde kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve görselleştirmek için kullanılır. Bu yöntem, karar vericilere kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerini anlamada yardımcı olur [6].

### **MOORA Yöntemi**

MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis), çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir diğer önemli tekniktir. Bu yöntem, hesaplama zamanı, basitlik, matematiksel işlemlerin miktarı ve güvenilirlik açısından diğer yöntemlere göre avantajlı olabilir.

MOORA yöntemi, tedarikçi seçimi dışında depo yeri seçimi, yönetici seçimi, bankaların etkinlik analizi gibi çeşitli alanlarda da kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli özelliği, tüm amaçları değerlendirmeye alarak alternatifler arası etkileşimleri bütünsel bir yapıda ele almasıdır [7].

Çok kriterli karar verme teknikleri, tedarikçi seçimi sürecinde karar vericilere önemli avantajlar sağlar. Bu yöntemler, karmaşık problemleri sistematik bir şekilde ele almamıza ve objektif kararlar vermemize yardımcı olur. Örneğin, bir çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılarak en uygun tedarikçi belirlenmiştir [5].

Sonuç olarak, tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme teknikleri kullanmak, işletmelerin performansını ve rekabet gücünü artırır. Bu yöntemler, kalite, fiyat, teslimat süresi gibi kriterleri

bir arada değerlendirerek en uygun tedarikçinin seçilmesine olanak tanır. Böylece işletmeler, daha verimli ve etkili bir tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirebilir.

## UYGULAMA

Bu çalışmada petrol türevli plastik üretimi yapan bir işletmenin, günümüz koşullarınca petrole ulaşımın zorlaşmaya başlaması ayrıca kaynakların da tükenmeye başlaması sorunu ele alınmaktadır. İşletme bu nedenlerden dolayı alternatif hammadde çözümlerine yönelmeyi düşünmektedirler. Bu alternatif çözümün biyo bozunabilir plastik olabileceği düşünülmektedir. İşletmenin bu alternatif çözüme geçmesi için hem üretim sistemlerinde hem de tedarikçilerinde önemli değişiklikler yapmasını gerektirmektedir ve doğal olarak işletme net olmayan bu çözüm için böyle bir riske girmek istememektedir. Bu çalışmada işletmenin yeni alternatif çözüme geçmesi için tedarikçi değerlendirme aşamaları üzerinde çalışılacaktır.

Bu çalışmada, uygulama yapılan işletmenin yeşil tedarikçi değerlendirmesi için çözüm geliştirilmiş ve kriterler belirlenerek en uygun tedarikçi seçilmiştir. Çözümde işletme çalışanları ile beraber belirlen kriterlerin ağırlıklandırılması için Bulanık AHP yöntemi kullanılmış, daha sonra belirlenen ağırlıklara göre tedarikçilerin değerlendirilmesi için bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi olan CoCoSo yöntemi kullanılmıştır [1].

Elde edilen verilerin bilgisayar destekli çalışma aşamaları [1] numaralı referansta detaylı olarak ele alınmıştır. Elde edilen veriler ile sonuca ulaşma aşamaları burada açıklanacaktır.

Çizelge 1’de Bulanık AHP yöntemi için başlangıç çözüm tablosu gösterilmektedir.

Çizelge 1: Başlangıç çözümü

ALTERNATİFLER	KRİTERLER		
	FİYAT	TEDARİK SÜRESİ	FİRMA İMAJI
ADAPAZARI TÛCCARI	1450	1	4,1
GEMLİK TÛCCARI	1500	4	3,7
DİNAR TÛCCARI	1625	3	4,3

Çizelge 2’de Bulanık AHP için hazırlanan bulanık değerli karar matrisi gösterilmektedir.

Çizelge 2: Bulanık değerli karar matrisi

ALTERNATİFLER	KRİTERLER		
	FIYAT	TEDARİK SÜRESİ	FİRMA İMAJI
ADAPAZARI TÛCCARI	1,1,1	5,6,7	6,7,9
GEMLİK TÛCCARI	(1/7,1/6,1/5)	1,1,1	(1/6,1/5,1/4)
DİNAR TÛCCARI	(1/8,1/7,1/6)	4,5,6	1,1,1

Bulanık AHP için hesaplamalar yapıldıktan sonra elde edilen ağırlıklar Çizelge 3’de gösterilmektedir.

Çizelge 3: Bulanık AHP ağırlıkları

	FIYAT			TEDARİK SÜRESİ			FİRMA İMAJI			Bul. Geo. Ort. Değer			Bulanık ağırlıklar			
FIYAT	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	6,00	7,00	8,00	3,11	3,48	3,83	0,741828	0,740879	0,74	
TEDARİK SÜR.	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,29	0,32	0,37	0,068683	0,068595	0,070925	
FİRMA İMAJI	0,13	0,14	0,17	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,79	0,89	1,00	0,189490	0,190526	0,192526	
										TOPLAM	4,19	4,69	5,19			
										T. TERSE	0,23874	0,21314	0,19252			

Çizelge 4: CoCoSo başlangıç çözüm matrisi

AĞIRLIKLAR	0,740879	0,068594684	0,190526272
	FIYAT	TEDARİK SÜRESİ	FİRMA İMAJI
ADAPAZARI TÛCCARI	1450	1	4,1
GEMLİK TÛCCARI	1500	4	3,7
DİNAR TÛCCARI	1625	3	4,3
MAX/MİN DEĞERLER	1625	4	3,7

CoCoSo yöntemi için yapılan normalizasyon işlemi Çizelge 5’de ve ağırlıklandırılmış normalize değerler de Çizelge 6’da gösterilmektedir

Çizelge 5: CoCoSo normalizasyon işlemi

	0,740879	0,068594684	0,190526272
Normalize Edilmiş	FIYAT	TEDARİK SÜRESİ	FİRMA İMAJI
ADAPAZARI TÛCCARI	1	1	0,666666667
GEMLİK TÛCCARI	0,714285714	0	0
DİNAR TÛCCARI	0	0,333333333	1

Çizelge 6: CoCoSo ağırlıklandırılmış normalize değerler

AĞIRLIKLAR	0,740879	0,068594684	0,190526272
Ağırlıklı Normalize	FİYAT	TEDARİK SÜRESİ	FİRMA İMAJI
ADAPAZARI TÜCCARI	1,000000	1,000000	0,925657
GEMLİK TÜCCARI	0,779358	0,000000	0,000000
DİNAR TÜCCARI	0,000000	0,927411	1,000000

CoCoSo yöntemi için hesaplanan  $S_i$  ve  $P_i$  değerleri Çizelge 7’de,  $K_{ia}$  değerleri ve sıralaması Çizelge 8’de,  $K_{ib}$  değerleri ve sıralaması ise Çizelge 9’da,  $K_c$  değerleri ve sıralaması Çizelge 10’da gösterilmektedir.

Çizelge 7:  $S_i$  ve  $P_i$  değerleri

	$S_i$	$P_i$
ADAPAZARI TÜCCARI	0,936491243	2,925656785
GEMLİK TÜCCARI	0,529199317	0,779358
DİNAR TÜCCARI	0,213391166	1,927411

	$K_i$	Sıralama	SONUÇ
ADAPAZARI TÜCCARI	4,849867151	1	EN İYİ
GEMLİK TÜCCARI	1,927931647	3	KÖTÜ
DİNAR TÜCCARI	2,266117198	2	ORTA

Sonuç tablosunda elde edilen verilere göre, en iyi tedarikçi olarak Adapazarı Tüccarı çıkmıştır. Problemin çözümü için farklı çok kriterli karar verme teknikleri kullanılabilir. Farklı tekniklerin kullanıldığı başka uygulamalar da yapılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

## KAYNAKÇA

1. Elif Sena Ergün, Tülay Korkusuz Polat, Çok Kriterli Karar Verme teknikleri ile tedarikçi Seçimi, Ege 8th International Conference On Applied Sciences June 2 - 4, 2023 – Izmir, Proceeding Book, pg. 300.
2. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/piar/issue/66804/996774>
3. <https://dergipark.org.tr/tr/download/articlefile/194648><https://dergipark.org.tr/tr/pub/asead/issue/41059/496335>
4. <https://www.dqsglobal.com/tr-tr/egitim/blog/tedarikci-yonetimi-sistematik-olarak-surdurulebilir><https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/53848/2/AHP-TOPSIS%20Y%C3%96NTEM%C4%B0NE%20DAYALI.pdf>
5. [http://pazarlama.org.tr/ppadpk-2021/bildiriler/81-1136-2178-v2\\_OK-U.pdf](http://pazarlama.org.tr/ppadpk-2021/bildiriler/81-1136-2178-v2_OK-U.pdf)
6. [https://www.researchgate.net/publication/269872293\\_Satin\\_Alma\\_Sureci\\_Icin\\_Moorametodu\\_Ile\\_Tedarikci\\_Secimi\\_Problemi](https://www.researchgate.net/publication/269872293_Satin_Alma_Sureci_Icin_Moorametodu_Ile_Tedarikci_Secimi_Problemi)

## UTILIZATION OF MIXED AMINE SOLUTIONS FOR GAS SWEETENING PROCESSES

**Dr. Fatima Al-Shahrani, Assoc. Prof. Khaled Mansour, Sara El-Gharbi**

Department of Chemical Engineering, Islamic Azad University, Shahroud Branch, Iran

### **Abstract:**

The use of amine mixtures employing methyldiethanolamine (MDEA), monoethanolamine (MEA), and diethanolamine (DEA) have been investigated for a variety of cases using a process simulation program called HYSYS. The results show that, at high pressures, amine mixtures have little or no advantage in the cases studied. As the pressure is lowered, it becomes more difficult for MDEA to meet residual gas requirements and mixtures can usually improve plant performance. Since the CO<sub>2</sub> reaction rate with the primary and secondary amines is much faster than with MDEA, the addition of small amounts of primary or secondary amines to an MDEA based solution should greatly improve the overall reaction rate of CO<sub>2</sub> with the amine solution. The addition of MEA caused the CO<sub>2</sub> to be absorbed more strongly in the upper portion of the column than for MDEA along. On the other hand, raising the concentration for MEA to 11%wt, CO<sub>2</sub> is almost completely absorbed in the lower portion of the column. The addition of MEA would be most advantageous. Thus, in areas where MDEA cannot meet the residual gas requirements, the use of amine mixtures can usually improve the plant performance.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Methyldiethanolamine, Monoethanolamine

## INFLUENCE OF ANIONIC AND NON-IONIC SURFACTANTS ON OXYGEN UPTAKE RATES AND NITRIFICATION IN ACTIVATED SLUDGE

**Nabila A. Abdalla, Ling Zhang, Bo Zhang**

School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, RMIT University, Melbourne, Australia

### **Abstract:**

A local wastewater treatment plant (WWTP) experiencing poor nitrification tracked down high level of surfactants in the plant-s influent and effluent. The aims of this project were to assess the potential inhibitory effect of surfactants on activated sludge processes. The effect of the presence of TergitolNP-9, TrigitolNP-7, Trigitol15-S-9, dodecylbenzene sulphonate (SDBS) and sodium dodecyl sulfate (SDS) on activated sludge oxygen uptake rate (OUR) and nitrification were assessed. The average concentration of non-ionic and anionic surfactants in the influent to the local WWTP were 7 and 8.7 mg/L, respectively. Removal of 67% to 90% of the non-ionic and 93-99% of the anionic surfactants tested were measured. All surfactants tested showed inhibitory effects both on OUR and nitrification. SDS incurred the lowest inhibition whereas SDBS and NP-9 caused severe inhibition to OUR and Nitrification. Activated sludge flocs sizes slightly decreased after 3 hours contact with the surfactant present in the test. The results obtained indicated that high concentrations of surfactants are likely to have an adverse effect on the performance of WWTPs utilizing activated sludge processes.

**Keywords:** surfactants, activated sludge oxygen uptake rate (OUR), nitrification, anionic surfactants, non-ionic surfactants



## PHYSICO-CHEMICAL TREATMENT OF TAR-LADEN WASTEWATER FROM BIOMASS GASIFICATION FACILITIES

**Dr. Anjali Reddy, Dr. Sunil Kumar**

Corporate Technology – India, Siemens Information Systems Ltd. Bangalore, India

### **Abstract:**

Treatment of tar-containing wastewater is necessary for the successful operation of biomass gasification plants (BGPs). In the present study, tar-containing wastewater was treated using lime and alum for the removal of in-organics, followed by adsorption on powdered activated carbon (PAC) for the removal of organics. Lime-alum experiments were performed in a jar apparatus and activated carbon studies were performed in an orbital shaker. At optimum concentrations, both lime and alum individually proved to be capable of removing color, total suspended solids (TSS) and total dissolved solids (TDS), but in both cases, pH adjustment had to be carried out after treatment. The combination of lime and alum at the dose ratio of 0.8:0.8 g/L was found to be optimum for the removal of inorganics. The removal efficiency achieved at optimum concentrations were 78.6, 62.0, 62.5 and 52.8% for color, alkalinity, TSS and TDS, respectively. The major advantages of the lime-alum combination were observed to be as follows: no requirement of pH adjustment before and after treatment and good settleability of sludge. Coagulation-precipitation followed by adsorption on PAC resulted in 92.3% chemical oxygen demand (COD) removal and 100% phenol removal at equilibrium. Ammonia removal efficiency was found to be 11.7% during coagulation-flocculation and 36.2% during adsorption on PAC. Adsorption of organics on PAC in terms of COD and phenol followed Freundlich isotherm with  $K_f = 0.55$  &  $18.47$  mg/g and  $n = 1.01$  &  $1.45$ , respectively. This technology may prove to be one of the fastest and most techno-economically feasible methods for the treatment of tar-containing wastewater generated from BGPs.

**Keywords:** Activated carbon, Alum, Biomass gasification, Coagulation-flocculation, Lime, Tar-containing wastewater.

## CONTINUOUS FERMENTATION OF CHEESE WHEY USING CANDIDA PSEUDOTROPICALIS

**Elena Dmitrievna, Prof. Dr. Sami Al-Mansoori**

Department of Chemical Engineering, Surabaya University, Surabaya, Indonesia

### **Abstract:**

The utilization of cheese whey as a fermentation substrate to produce bio-ethanol is an effort to supply bio-ethanol demand as a renewable energy. Like other process systems, modeling is also required for fermentation process design, optimization and plant operation. This research aims to study the fermentation process of cheese whey by applying mathematics and fundamental concept in chemical engineering, and to investigate the characteristic of the cheese whey fermentation process. Steady state simulation results for inlet substrate concentration of 50, 100 and 150 g/l, and various values of hydraulic retention time, showed that the ethanol productivity maximum values were 0.1091, 0.3163 and 0.5639 g/l.h respectively. Those values were achieved at hydraulic retention time of 20 hours, which was the minimum value used in this modeling. This showed that operating reactor at low hydraulic retention time was favorable. Model of bio-ethanol production from cheese whey will enhance the understanding of what really happen in the fermentation process.

**Keywords:** Cheese whey, ethanol, fermentation, modeling.

## MAPLE'DA LİMİTİ ANLATAN DİNAMİK SİMÜLASYON: MATEMATİKSEL KEŞİF VE DERİNLEMESİNE ANLAMA

**Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ**  
Atatürk Üniversitesi, alibabapur1983@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5958-5056

**Prof. Dr. Yasin SOYLU**  
Atatürk Üniversitesi, yasinsoylu@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2951-0069

### ÖZET

Bu çalışma, Maple yazılımı kullanılarak limit kavramının interaktif bir simülasyonla nasıl gösterildiğini tanıtmayı amaçlamaktadır. Simülasyon, kullanıcıların limit kavramını matematiksel olarak keşfetmelerine olanak sağlar ve Maple'in hesaplama ve görselleştirme yetenekleriyle limitin grafiksel olarak gösterilmesi ve farklı durumlar altında incelenmesini mümkün kılar. Bu çalışma, matematiksel keşif yoluyla öğrenme deneyimini zenginleştirmeyi ve öğrencilerin limit kavramını daha derinlemesine anlamalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Maple Yazılımı, Limit, Dinamik Simülasyon, Matematiksel Keşif, Derinlemesine Anlama

### DYNAMICALLY SIMULATING LIMITS IN MAPLE: MATHEMATICAL EXPLORATION AND IN-DEPTH UNDERSTANDING

### ABSTRACT

This study aims to introduce how the concept of limits is demonstrated through an interactive simulation using Maple software. The simulation allows users to explore the limit concept mathematically and utilizes Maple's computational and visualization capabilities to graphically represent limits and examine them under various conditions. The study seeks to enrich the learning experience through mathematical exploration and support students in gaining a deeper understanding of the limit concept.

**Keywords:** Maple Software, Limit, Dynamic Simulation, Mathematical Exploration, In-Depth Understanding

## GİRİŞ

Matematik eğitimi, öğrencilerin soyut kavramları anlamasını sağlamak için her zaman zorluklarla doludur. Bu zorluklar, özellikle limit gibi temel kavramlar söz konusu olduğunda daha da belirgin hale gelir. Bilgisayar tabanlı araçlar, bu soyut kavramları daha somut hale getirmede önemli bir rol oynar. Stewart (2016), kalkülüs eğitiminin, limit ve türev gibi konuların anlaşılması için kritik olduğunu vurgular. Maple gibi yazılımlar, matematiksel kavramların dinamik simülasyonlar yoluyla görselleştirilmesine olanak tanır. Bu tür araçlar, öğrencilere kavramları deneyimleme fırsatı sunar. Thomas, Weir ve Hass (2018), matematik eğitiminde teknolojinin rolünü vurgulayarak, görsel öğrenmenin önemine dikkat çeker.

Limit kavramı, kalkülüsün temel taşlarından biridir. Bu kavram, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmeleri için bir köprü görevi görür. Anton, Bivens ve Davis (2016), limit kavramının matematik eğitiminde neden bu kadar önemli olduğuna dair geniş bir perspektif sunar. Geleneksel öğretim yöntemleri genellikle öğrencilere pasif bir rol verir. Ancak bilgisayar destekli eğitim araçları, öğrencilerin aktif katılımını teşvik eder. Tall (2013), öğrenci merkezli öğrenmenin matematik eğitimi üzerindeki olumlu etkilerini araştırmıştır.

Bilgisayar destekli araçlar, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kişiselleştirmelerine olanak tanır. Bu, öğrencilerin kendi hızlarında ilerlemelerini ve anlamalarını derinleştirmelerini sağlar. Hohenwarter ve Preiner (2007), GeoGebra gibi yazılımların eğitimdeki rolünü ele almıştır. Maple'ın dinamik simülasyonları, öğrencilerin limit kavramını derinlemesine anlamalarına yardımcı olabilir.

Bu çalışma, Maple yazılımının limit konusunun anlaşılmasına nasıl katkı sağlayabileceğini incelemektedir. Artigue (2002), bilgisayar cebir sistemlerinin eğitimdeki potansiyelini araştırmıştır ve bu çalışma, bu tür araştırmalardan ilham almıştır. Maple, öğrencilere teorik bilgilerin ötesinde, bu bilgilerin pratik uygulamalarını da görme fırsatı verir. Borwein ve Bailey (2008), matematiksel keşiflerin deneysel yönlerini ele alarak, bu tür uygulamaların önemini vurgulamıştır. Öğrenciler, Maple'ı kullanarak limit kavramını uygulamalı bir şekilde öğrenebilir. Bu deneyim, onların soyut matematiksel kavramları somutlaştırmalarına yardımcı

olur. Tall ve Vinner (1981), limit ve süreklilik kavramlarının öğrenci kavrayışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Bu bağlamda, Maple yazılımı, öğrencilere derinlemesine bir kavrayış sunar. Hegarty ve Kozhevnikov (1999), görsel-uzamsal temsil türlerinin matematiksel problem çözme üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Öğrencilerin aktif olarak katıldığı öğrenme süreçleri, kavramların daha iyi anlaşılmasını sağlar. Maple gibi yazılımlar, bu etkileşimli öğrenme ortamını destekler (Stewart, 2016). Matematiksel kavramların gerçek dünyadaki uygulamalarını görmek, öğrencilere motivasyon sağlar. Thomas ve arkadaşları (2018), bu uygulamaların öğrencilerin ilgisini artırabileceğini belirtmiştir. Maple, öğrencilerin soyut matematiksel kavramları somutlaştırmalarına yardımcı olur. Bu, kavramların daha kalıcı bir şekilde öğrenilmesini sağlar (Anton et al., 2016).

Son olarak, bu çalışma, Maple'ın matematik eğitimindeki rolünü ve limit kavramının öğretiminde sunduğu avantajları ele alacaktır. Bu, hem öğretmenler hem de öğrenciler için etkili ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi yaratma potansiyeline sahiptir.

## AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, Maple yazılımını kullanarak limit kavramının öğretimini daha etkili bir şekilde nasıl gerçekleştirebileceğimizi araştırmaktır. Maple'ın sunduğu dinamik simülasyonlar ve görsel araçlar, limit kavramını daha somut ve anlaşılır hale getirme potansiyeline sahiptir. Stewart (2016), bilgisayar destekli araçların matematiksel kavramların öğretimindeki önemine dikkat çekmiştir. Bu bağlamda, Maple'ın bu araçları nasıl etkili bir şekilde sunduğunu ve öğrencilerin limit kavramını nasıl daha iyi anlayabileceklerini inceleyeceğiz. Ayrıca, çalışma, bilgisayar destekli eğitimin matematiksel düşünme becerileri üzerindeki etkisini değerlendirmeyi hedeflemektedir. Thomas, Weir ve Hass (2018), teknolojinin matematik eğitimi üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır. Bu çalışma, Maple'ın limit öğretimindeki potansiyelini ortaya koyarak, öğrencilere ve eğitimcilere daha etkili öğretim stratejileri sunmayı amaçlamaktadır.

## ÖNEM

Maple yazılımı ve benzeri bilgisayar destekli araçlar, matematik eğitiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu araçlar, öğrencilere soyut kavramları somutlaştırma fırsatı sunar. Stewart (2016), bu tür yazılımların kavramların derinlemesine anlaşılmasına katkı sağladığını belirtir. Limit kavramının iyi anlaşılması, matematiksel başarıyı artırabilir. Thomas, Weir ve Hass (2018), limitin öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmede kritik bir rol oynadığını vurgular. Öğrenciler, Maple sayesinde kendi öğrenme süreçlerini kişiselleştirebilir. Bu, onların kavramları daha etkili bir şekilde içselleştirmelerine olanak tanır. Anton, Bivens ve Davis (2016), bu kişiselleştirilmiş öğrenme deneyiminin önemini ele almıştır.

Bilgisayar destekli araçların kullanımı, öğrenci katılımını artırır ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunar. Tall (2013), bu tür etkileşimlerin öğrenci motivasyonunu artırdığını göstermiştir. Maple'ın görsel ve dinamik simülasyonları, öğrencilerin karmaşık kavramları daha kolay anlamalarına yardımcı olur. Hohenwarter ve Preiner (2007), görsel öğrenmenin eğitimdeki yerini detaylandırmıştır. Öğrencilerin matematiksel kavramları deneyimleyerek öğrenmesi, onların kavrayışlarını derinleştirir.

Maple yazılımının sunduğu araçlar, öğrencilere teorik bilgilerin ötesine geçerek pratik uygulamalar yapma fırsatı tanır. Artigue (2002), bu tür pratik uygulamaların eğitime katkı sağladığını belirtir. Bu araçlar, öğrencilere aktif bir öğrenme deneyimi sunar. Borwein ve Bailey (2008), aktif öğrenmenin matematiksel keşif üzerindeki etkilerini vurgulamıştır. Maple, öğrencilere daha geniş bir perspektif kazandırarak, kavramların derinlemesine anlaşılmasına katkıda bulunur. Tall ve Vinner (1981), bu derinlemesine anlayışın eğitimdeki önemine dikkat çekmiştir.

## BULGULAR

Bu çalışmada, Maple programı kullanılarak Limit konusu ile ilgili bir simülasyon oluşturmanın adımları detaylı olarak açıklanmıştır.

### 1. Adım: Maple'ı Başlatma ve Yeni Bir Çalışma Sayfası Açma

Maple'ı açın ve yeni bir çalışma sayfası başlatın.

### 2. Adım: Gerekli Kütüphaneleri Yükleme

Grafikler ve hesaplamalar için gerekli olan kütüphaneleri yükleyin.

with(plots):

with(Student[Calculus1]):

### 3. Adım: Fonksiyonu Tanımlama

Limiti hesaplamak istediğiniz bir fonksiyon tanımlayın. Örneğin,  $f(x) = (x^2 - 1)$  fonksiyonunu kullanabilirsiniz.

```
f := x -> (x^2 - 1);
```

### 4. Adım: Fonksiyonun Grafiğini Çizme

Tanımladığımız fonksiyonun grafiğini çizmek için aşağıdaki komutu kullanın:

```
plot(f(x), x = -2..2, y = -10..10, color = blue, title = "Fonksiyonun Grafiği", labels = ["x",  
"f(x)"]);
```

### 5. Adım: Limiti Hesaplama

Fonksiyonun belirli bir noktadaki limitini hesaplamak için limit komutunu kullanın. Örneğin,  $x$  yaklaşırken 1'deki limiti hesaplayın:

```
lim := limit(f(x), x = 1);
```

### 6. Adım: Limit Kavramını Anlatma

Bir noktadaki limitin nasıl bulunduğunu göstermek için, fonksiyonun bu noktadaki davranışını görselleştirin. Bu noktaya sağdan ve soldan yaklaşan değerleri gösterin.

#### a. Sağdan ve Soldan Yaklaşan Değerleri Hesaplama

Sağdan ve soldan yaklaşan değerleri hesaplayın:

```
right_limit := limit(f(x), x = 1, right);
```

```
left_limit := limit(f(x), x = 1, left);
```

#### b. Sağdan ve Soldan Yaklaşan Değerlerin Grafiğini Çizme

Sağdan ve soldan yaklaşan değerleri görselleştirmek için pointplot kullanarak noktaları çizin:

```
right_points := [[1.1, f(1.1)], [1.01, f(1.01)], [1.001, f(1.001)]]; 
```

```
left_points := [[0.9, f(0.9)], [0.99, f(0.99)], [0.999, f(0.999)]]; 
```

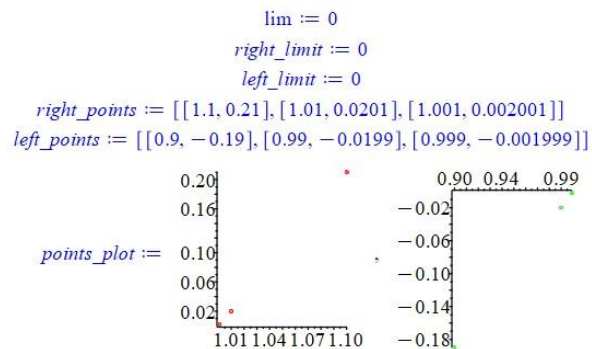
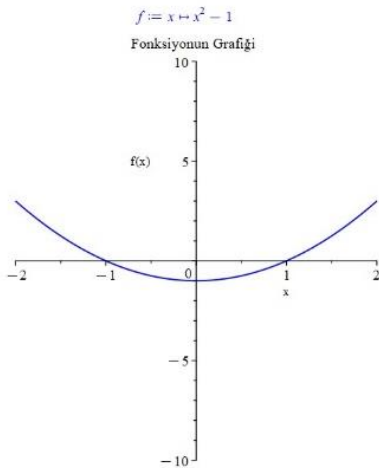
```
points_plot := pointplot(right_points, symbol = circle, color = red)
, pointplot(left_points, symbol = circle, color = green);
plot([f(x), points_plot], x = 0..2, y = -10..10, color = blue, title = "Limiti Anlatan Grafik",
labels = ["x", "f(x)"], legend = ["Fonksiyon", "Sağdan Yaklaşan Değerler", "Soldan Yaklaşan Değerler"]);
```

## 7. Adım: Limit Kavramını Dinamik Olarak Anlatma

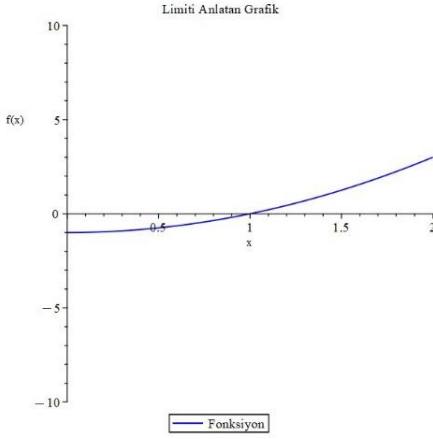
Limiti dinamik olarak göstermek için bir animasyon oluşturun. Bu animasyon, fonksiyonun limitine sağdan ve soldan yaklaşmayı gösterecektir.

```
animate(
plot,
[f(x), x = 1-a..1+a, y = -10..10, color = blue],
a = 0.1..1,
frames = 100,
title = "Dinamik Limit Anlatımı",
labels = ["x", "f(x)"]
);
```

Bu adımları takip ederek, Maple'da limit kavramını anlatan bir simülasyon oluşturabilirsiniz. Bu simülasyon, bir fonksiyonun belirli bir noktadaki limitini hesaplama, sağdan ve soldan yaklaşan değerleri görselleştirme ve limit kavramını dinamik olarak gösterme gibi konuları kapsar.







```

> wähl(plot):
wähl(Student[Calculus1]):
f:=x-(x^2-1);
plot(f(x),x=-2..2,y=-10..10,color=blue,title="Fonksiyonu Grafik",labels=["x","f(x)");
lim:=limit(f(x),x=1);
right_limit:=limit(f(x),x=1,right);
left_limit:=limit(f(x),x=1,left);
right_points:=[[1.1,f(1.1)],[1.01,f(1.01)],[1.001,f(1.001)]];
left_points:=[[0.9,f(0.9)],[0.99,f(0.99)],[0.999,f(0.999)]];
points:=pointplot(right_points,symbol=circle,color=red);
pointplot(left_points,symbol=circle,color=green);
plot([f(x),points],x=0..2,y=-10..10,color=blue,title="Limiti Anlatan Grafik",labels=["x","f(x)"],legend=["Fonksiyon",
"Sağdan Yaklaşım Değerleri","Soldan Yaklaşım Değerleri"]);
animate(
plot,
[f(x),x=1-σ..1+σ,y=-10..10,color=blue],
σ=0.1..1,
frames=100,
title="Dinamik Limit Anlatımı",
labels=["x","f(x)"]);

```

## SONUÇLAR

Bu çalışma, Maple yazılımının limit kavramının öğretiminde oldukça etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Maple'ın sunduğu dinamik simülasyonlar, öğrencilerin limit kavramını görselleştirmelerini ve bu kavramı daha iyi anlamalarını sağlamıştır. Dinamik görselleştirme, kavramların soyut doğasını somutlaştırarak, öğrencilerin kavramları içselleştirmelerini kolaylaştırmıştır. Bu bulgu, Stewart'ın (2016) bilgisayar destekli araçların matematiksel kavramları öğretmedeki önemini vurguladığı görüşünü destekler.

Maple'ın görsel ve etkileşimli araçları, öğrencilerin limit kavramını uygulamalı olarak öğrenmelerine olanak tanımıştır. Öğrenciler, limit hesaplamalarını ve fonksiyonların davranışlarını deneyimleyerek öğrenmişlerdir. Bu bulgu, Thomas, Weir ve Hass'ın (2018) teknoloji destekli öğrenme süreçlerine dair vurguladığı etkilerin bu çalışmada da geçerli olduğunu göstermektedir. Bilgisayar destekli araçların, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kişiselleştirme ve kavramları kendi hızlarında öğrenme fırsatı sunduğu bulunmuştur. Hohenwarter ve Preiner (2007), bu kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin eğitimdeki önemini vurgulamışlardır. Bu çalışmada, Maple'ın sunduğu araçlar sayesinde öğrencilerin kavramları daha derinlemesine anlamaları ve kendi hızlarında ilerlemeleri sağlanmıştır.

Sonuç olarak, Maple yazılımının limit kavramının öğretimindeki rolü, öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarını ve matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerini desteklemiştir. Borwein ve Bailey (2008) tarafından belirtilen deneysel öğrenmenin avantajları, bu çalışmada da gözlemlenmiştir. Maple'ın eğitimdeki etkisi, daha etkili ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi yaratma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, bilgisayar destekli eğitim

araçlarının matematik öğretimindeki değerini ve potansiyelini daha iyi anlamamıza katkıda bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Anton, H., Bivens, I., & Davis, S. (2016). *Calculus: Early Transcendentals*. Wiley.
2. Artigue, M. (2002). *Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection About Instrumentation and the Dialectics Between Technical and Conceptual Work*. International Journal of Computers for Mathematical Learning.
3. Borwein, J. M., & Bailey, D. H. (2008). *Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century*. A K Peters/CRC Press.
4. Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). *Types of Visual–Spatial Representations and Mathematical Problem Solving*. Journal of Educational Psychology.
5. Hohenwarter, M., & Preiner, J. (2007). *Dynamic Mathematics with GeoGebra*. The Journal of Online Mathematics and its Applications.
6. Stewart, J. (2016). *Calculus: Early Transcendentals*. Cengage Learning.
7. Tall, D. (2013). *How Humans Learn to Think Mathematically*. Cambridge University Press.
8. Tall, D., & Vinner, S. (1981). *Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity*. Educational Studies in Mathematics.
9. Thomas, G. B., Weir, M. D., & Hass, J. (2018). *Thomas' Calculus*. Pearson.

## MATLAB'DA KATSAYI VE KÖK İLİŞKİSİNİ GÖSTEREN DİNAMİK ÖĞRENME NESNESİ: GRAFİKSEL KEŞİF VE ÖĞRENME MACERASI

**Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ**  
Atatürk Üniversitesi, alibabapur1983@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5958-5056

**Prof. Dr. Yasin SOYLU**  
Atatürk Üniversitesi, yasinsoylu@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2951-0069

### ÖZET

Bu çalışma, Matlab yazılımı kullanılarak katsayı ve kök ilişkisini dinamik olarak gösteren bir matematik öğrenme nesnesini tanıtmayı amaçlamaktadır. Öğrenme nesnesi, öğrencilerin katsayı ve kök arasındaki ilişkiyi görsel olarak keşfetmelerini sağlar. Grafikselleştirme aracılığıyla öğrenciler, matematiksel kavramları daha derinlemesine anlamak ve öğrenmek için interaktif bir deneyim yaşarlar. Bu çalışma, matematik eğitimi zenginleştirmek ve öğrencilerin matematiksel kavramları daha etkili bir şekilde öğrenmelerini desteklemek amacıyla tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** MATLAB Yazılımı, Katsayı ve Kök İlişkisi, Dinamik Matematik Öğrenme Nesnesi, Grafikselleştirme, Matematiksel Eğitim

### DYNAMIC LEARNING OBJECT DEMONSTRATING COEFFICIENT-ROOT RELATIONSHIPS IN MATLAB: A GRAPHICAL EXPLORATION AND LEARNING ADVENTURE

### ABSTRACT

This study aims to introduce a dynamic mathematics learning object demonstrating coefficient-root relationships using Matlab software. The learning object allows students to visually explore the relationship between coefficients and roots. Through graphical exploration, students engage in an interactive experience to deepen their understanding and learning of mathematical concepts. This study is designed to enrich mathematics education and support students in more effectively learning mathematical concepts.

**Keywords:** MATLAB Software, Coefficient and Root Relationship, Dynamic Mathematical Learning Object, Graphical Exploration, Graphical Exploration

## GİRİŞ

Öğrenme nesnesi, bağımsız veya daha büyük bir bütünün parçası olarak kullanılabilen, üst verisiyle tanımlanan, yeniden kullanılabilir ve paylaşılabilir eğitim materyalidir. Öğrenme nesnelere, öğretim materyallerinin düzenlenmesi ve standartlaşmasında büyük önem taşır. Matematik öğretiminde polinomlar ünitesi, "polinomlarda bölme" alt öğrenme alanı, limitin epsilon-delta tanımı ve trigonometrideki yarım açı formülleri gibi konular, öğrenme nesnesi olarak kullanılabilir. Bu nesnelere, hem bağımsız olarak hem de daha büyük bir bütünün parçası olarak işlev görebilir (Aşkar, 2004; Karakırık, 2011; Nitzan-Tamar, 2022).

Dinamik Matematik Öğrenme Nesnelere (DMÖN), matematiğin soyut kavramlarını somutlaştırarak öğrencilerin daha iyi anlamalarını sağlar. DMÖN'ler, öğrenci merkezli öğrenmeyi destekleyerek, öğrencilerin kavramları somut algılayma düzeyinde daha iyi anlamalarını, yorum yapma yeteneklerini geliştirmelerini ve problem çözmeye daha etkili olmalarını sağlar. Bu nedenle, DMÖN'lerin matematik öğretiminde kullanılması, birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır (Mersin & Durmuş, 2021).

DMÖN'ler, bağımsız olarak tasarlandıkları için müfredatı zenginleştirici bilgisayar etkinlikleri olarak kullanılabilir. Bu nesnelere, öğretim materyallerinin düzenlenmesini ve standartlaşmasını kolaylaştırır, aynı zamanda öğrenci motivasyonunu ve akademik başarıyı artırır. Faydalı bir dinamik öğrenme nesnesi, değiştirme, tekrarlama ve geri alma özelliklerine sahip olmalı; özelliklerinin kolay bulunabilmesi, yapılan işlemlerin kaydedilip tekrar izlenebilmesi ve farklı temsiller arasındaki bağlantıların kolay sağlanması gibi özellikler taşınmalıdır (Clements & McMillen, 1996; Ngeche, 2017).

Araştırmalar, DMÖN'lerin öğrenci merkezli öğrenmeyi destekleyerek öğrencilerin matematik dersine yönelik olumlu düşüncelerini artırdığını ve bu yönetime karşı olumlu tutum geliştirdiklerini göstermektedir. Özellikle yükseköğretimde etkili olduğu belirlenen öğrenme nesnelere, ilk ve ortaöğretimde de öğrencilerin derse karşı tutumlarını ve akademik başarılarını olumlu yönde etkiler. Öğrencilerin öğrenme nesnelereyle çalışmaktan zevk aldıkları ve bu yönetime karşı olumlu tutum geliştirdikleri yapılan mülakatlarla da doğrulanmıştır (Kay ve Knaack, 2008; Lopez ve Lopez, 2007; Pata, Pedaste ve Sarapuu, 2009).

DMÖN'lerin kullanılması, matematiğin soyut kavramlarını somutlaştırarak, somut algılama düzeyindeki öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarını, yorum yapma yeteneklerini geliştirmelerini ve problem çözmeye daha etkili olmalarını sağlar (Mersin & Durmuş, 2021).

Öğrenci merkezli yaklaşım ve teknoloji kullanımının artması, öğrencilerin matematik dersine yönelik olumlu düşüncelerini ve motivasyonunu artırarak daha etkili ve ilgi çekici bir öğretim ortamı sağlar (Bonaveri vd., 2015; Jalal vd., 2015; Pilli ve Aksu, 2013).

Öğrenme nesnelere, modüller ve paylaşılabılır yapılarıyla ders içerikleri oluştururken öğretmenler ve tasarımcıların dikkatini çeker (Karaman, 2005). National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), öğrenme nesnelere kullanımının, öğrencilerin daha anlamlı ve eğlenceli matematik dersleri deneyimlemelerini sağlayabileceğini ve bu potansiyele işaret eden bir nesne ambarı oluşturulmasını önerir (NCTM, 2000). Bu nedenle, öğrenme nesnelere matematik öğretiminde etkili bir araç olarak değerlendirilir ve ders içeriklerinin daha etkili bir şekilde oluşturulmasına katkı sağlar (Bonaveri vd., 2015).

Öğrenme nesnelere kullanımına yönelik çalışmalar, genellikle yükseköğretimdeki etkililiğine odaklanmıştır (Haughey ve Muirhead, 2005). İlk ve ortaöğretimdeki uygulamalar daha az olup, bu çalışmalar öğrencilerin derse karşı tutumları (Lopez ve Lopez, 2007), akademik başarıları (Pata, Pedaste ve Sarapuu, 2009) ve öğrenme nesnelere kullanılabilirliği (Nurmi ve Jaakkola, 2006) gibi konulara yoğunlaşmıştır. Bazı deneysel çalışmalar, öğrenme nesnelere kullanılan sınıflarla geleneksel öğretim yapılan sınıflardaki öğrencilerin akademik başarılarını ve tutumlarını karşılaştırmıştır (Kay ve Knaack, 2008; Lau ve Woods, 2008). Araştırmaların odak noktası genellikle öğrenci tutumları, akademik başarılar ve öğrenme nesnelere kullanımının kullanılabilirliğidir.

Dinamik matematik öğrenme nesnelere, öğrencilerin matematiksel kavramları daha somut ve etkileşimli bir şekilde öğrenmelerine olanak tanır. Katsayıların değişimiyle fonksiyon grafiklerinin nasıl değiştiğini gözlemlemek, öğrencilerin matematiksel ilişkileri anlamalarını kolaylaştırır (Mersin & Durmuş, 2021). MATLAB, bu tür etkileşimli öğrenme nesnelere oluşturmak için kapsamlı bir araç seti sunar ve bu araçlar, öğrenme sürecini daha ilgi çekici ve etkili hale getirir.

Matematiksel eğitimde, fonksiyonların özelliklerini ve grafikleri arasındaki ilişkileri anlamak, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmek için kritik öneme sahiptir. Özellikle ikinci dereceden denklemler, katsayılar ve kökler arasındaki ilişki, matematiksel analizde temel

bir konudur (Aydoğdu, Erşen & Tutak, 2014; Badeleh, 2017). MATLAB yazılımı, bu ilişkilerin dinamik olarak görselleştirilmesini ve öğrenilmesini destekleyen güçlü araçlar sunar. Bu bağlamda, MATLAB kullanılarak geliştirilen dinamik matematik öğrenme nesnelere, öğrencilerin fonksiyonları ve bu fonksiyonların köklerini anlamalarını kolaylaştırır.

## ÖNEM

Matematiğin soyut doğası, dersin anlaşılmasını zorlaştırır (Frenkel, 2013; Patadia & Ramani, 2012; Sarama & Clements, 2009). Somut örnekler ve görsel materyaller bu zorlukları aşmada önemlidir. Mathematica gibi yazılımlarla geliştirilen öğrenme nesnelere, soyut kavramları somutlaştırarak öğrencilerin daha iyi anlamalarını sağlar (Baki, 2002; Gülcü vd., 2013). Bu yazılımlar, etkileşimli ve dinamik öğrenme ortamları sunarak, öğrencilerin üst düzey öğrenme becerilerini geliştirir. Teknoloji destekli yaklaşımlar, öğrenci motivasyonunu artırırken, bireysel öğrenme hızına uyarlanabilir içerikler sunarak farklı öğrenme stillerine hitap eder. Böylece, öğrenci merkezli ve verimli bir öğrenme ortamı oluşturulur (Badeleh, 2017; Kohen & Nitzan-Tamar, 2022).

## BULGULAR

Bu çalışmada, Matlab programı kullanılarak Dinamik Matematik Öğrenme Nesnelere'nin (DMÖN) nasıl modelleneceği ve ikinci dereceden denklemlerin katsayı-kök ilişkisini gösteren 3D bir grafik ve simülasyon oluşturmanın adımları detaylı olarak açıklanmıştır.

### Adım 1: MATLAB'i Açma ve Yeni Bir Script Oluşturma

1. MATLAB'i açın.
2. Yeni bir script oluşturun: MATLAB ana penceresinde, "New Script" düğmesine tıklayarak yeni bir script oluşturun. Bu script'e tüm kodlarımızı yazacağız.

### Adım 2: Katsayıları ve Kökleri Tanımlama

1. Katsayıları tanımlayın:  
a = 1; % x<sup>2</sup> katsayısı  
c = 1; % sabit terim  
b\_values = linspace(-10, 10, 400); % b katsayısı için bir aralık belirleme  
Kökleri hesaplamak için bir döngü oluşturun:  
roots\_pos = zeros(size(b\_values)); % Pozitif kökler için bir vektör  
roots\_neg = zeros(size(b\_values)); % Negatif kökler için bir vektör

```
for i = 1:length(b_values)
    b = b_values(i);
    D = b^2 - 4*a*c;
    if D >= 0
        roots_pos(i) = (-b + sqrt(D)) / (2*a);
        roots_neg(i) = (-b - sqrt(D)) / (2*a);
    else
        roots_pos(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
        roots_neg(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
    end
end
```

### Adım 3: 3D Grafiği Oluşturma

```
1. 3D grafiği oluşturun:
figure;
hold on;
xlabel('b değeri');
ylabel('Kökler');
zlabel('a değeri');
title('Katsayı-Kök İlişkisi (3D)');
grid on;
% Pozitif kökler için 3D çizim
plot3(b_values, roots_pos, a*ones(size(b_values)), 'r-', 'LineWidth', 2);
% Negatif kökler için 3D çizim
plot3(b_values, roots_neg, a*ones(size(b_values)), 'b-', 'LineWidth', 2);
% a ve c katsayılarını gösteren bir çizgi ekleyin
plot3(b_values, zeros(size(b_values)), a*ones(size(b_values)), 'k--');
legend('Pozitif Kökler', 'Negatif Kökler', 'a Değeri');
hold off;
```

### Adım 4: Dinamik Simülasyon İçin Animasyon Döngüsü

```
1. Animasyon döngüsünü oluşturun:
for a = 0.1:0.1:5
```

```
% Kökleri yeniden hesaplayın
for i = 1:length(b_values)
    b = b_values(i);
    D = b^2 - 4*a*c;
    if D >= 0
        roots_pos(i) = (-b + sqrt(D)) / (2*a);
        roots_neg(i) = (-b - sqrt(D)) / (2*a);
    else
        roots_pos(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
        roots_neg(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
    end
end

% Grafiği temizleyin ve yeniden çizin
clf;
hold on;
xlabel('b değeri');
ylabel('Kökler');
zlabel('a değeri');
title(['Katsayı-Kök İlişkisi (3D) - a = ' num2str(a)]);
grid on;

% Pozitif kökler için 3D çizim
plot3(b_values, roots_pos, a*ones(size(b_values)), 'r-', 'LineWidth', 2);

% Negatif kökler için 3D çizim
plot3(b_values, roots_neg, a*ones(size(b_values)), 'b-', 'LineWidth', 2);

% a ve c katsayılarını gösteren bir çizgi ekleyin
plot3(b_values, zeros(size(b_values)), a*ones(size(b_values)), 'k--');

legend('Pozitif Kökler', 'Negatif Kökler', 'a Değeri');

hold off;

pause(0.1); % Kısa bir duraklama
end
```



## Tamamla Kodu

Aşağıda tüm adımları içeren tamamlanmış kodu bulabilirsiniz:

```
% MATLAB'da katsayı-kök ilişkisini gösteren 3D simülasyon
```

```
% Başlangıç katsayılarını tanımlama
```

```
a = 1; % x^2 katsayısı
```

```
c = 1; % sabit terim
```

```
b_values = linspace(-10, 10, 400); % b katsayısı için bir aralık belirleme
```

```
% Kökleri hesaplamak için vektörler oluşturma
```

```
roots_pos = zeros(size(b_values)); % Pozitif kökler için bir vektör
```

```
roots_neg = zeros(size(b_values)); % Negatif kökler için bir vektör
```

```
% Kökleri hesaplama
```

```
for i = 1:length(b_values)
```

```
    b = b_values(i);
```

```
    D = b^2 - 4*a*c;
```

```
    if D >= 0
```

```
        roots_pos(i) = (-b + sqrt(D)) / (2*a);
```

```
        roots_neg(i) = (-b - sqrt(D)) / (2*a);
```

```
    else
```

```
        roots_pos(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
```

```
        roots_neg(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
```

```
    end
```

```
end
```

```
% 3D grafiği oluşturma
```

```
figure;
```

```
hold on;

xlabel('b değeri');

ylabel('Kökler');

zlabel('a değeri');

title ('Katsayı-Kök İlişkisi (3D)');

grid on;

% Pozitif kökler için 3D çizim

plot3(b_values, roots_pos, a*ones(size(b_values)), 'r-', 'LineWidth', 2);

% Negatif kökler için 3D çizim

plot3(b_values, roots_neg, a*ones(size(b_values)), 'b-', 'LineWidth', 2);

% a ve c katsayılarını gösteren bir çizgi ekleyin

plot3(b_values, zeros(size(b_values)), a*ones(size(b_values)), 'k--');

legend ('Pozitif Kökler', 'Negatif Kökler', 'a Değeri');

hold off;

% Dinamik simülasyon için animasyon döngüsü

for a = 0.1:0.1:5

    % Kökleri yeniden hesaplayın

    for i = 1:length (b_values)

        b = b_values(i);

        D = b^2 - 4*a*c;

        if D >= 0

            roots_pos[i] = (-b + sqrt(D)) / (2*a);

            roots_neg[i] = (-b - sqrt(D)) / (2*a);

        else
```

```
roots_pos[i] = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN

roots_neg[i] = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN

end

end

% Grafiği temizleyin ve yeniden çizin

clf;

hold on;

xlabel('b değeri');

ylabel('Kökler');

zlabel('a değeri');

title(['Katsayı-Kök İlişkisi (3D) - a = ' num2str(a)]);

grid on;

% Pozitif kökler için 3D çizim

plot3(b_values, roots_pos, a*ones(size(b_values)), 'r-', 'LineWidth', 2);

% Negatif kökler için 3D çizim

plot3(b_values, roots_neg, a*ones(size(b_values)), 'b-', 'LineWidth', 2);

% a ve c katsayılarını gösteren bir çizgi ekleyin

plot3(b_values, zeros(size(b_values)), a*ones(size(b_values)), 'k--');

legend ('Pozitif Kökler', 'Negatif Kökler', 'a Değeri');

hold off;

pause (0.1); % Kısa bir duraklama

end
```

Bu adımları takip ederek MATLAB'da katsayı-kök ilişkisini gösteren 3D bir simülasyon oluşturulmuştur.

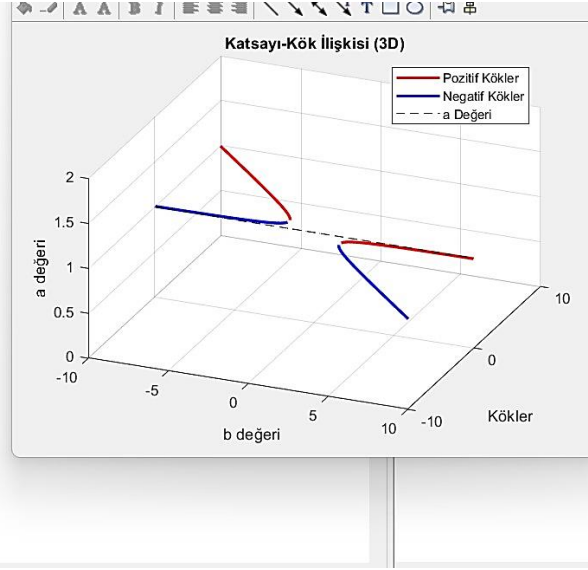
```
>> % MATLAB'da katsayı-kök ilişkisini gösteren 3D simülasyon

% Başlangıç katsayılarını tanımlama
a = 1; % x^2 katsayısı
c = 1; % sabit terim
b_values = linspace(-10, 10, 400); % b katsayısı için bir aralık belirleme

% Kökleri hesaplamak için vektörler oluşturma
roots_pos = zeros(size(b_values)); % Pozitif kökler için bir vektör
roots_neg = zeros(size(b_values)); % Negatif kökler için bir vektör

% Kökleri hesaplama
for i = 1:length(b_values)
    b = b_values(i);
    D = b^2 - 4*a*c;
    if D >= 0
        roots_pos(i) = (-b + sqrt(D)) / (2*a);
        roots_neg(i) = (-b - sqrt(D)) / (2*a);
    else
        roots_pos(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
        roots_neg(i) = NaN; % Gerçek kök yoksa NaN
    end
end

% 3D grafiği oluşturma
figure;
hold on;
```



## SONUÇLAR

Öğrenme nesnesi temelli çalışmalarda, öğrenci görüşlerine dayalı değerlendirmeler önem taşır. Kay ve Knaack (2009a) tarafından yapılan bir çalışmada, öğrencilerin beğendikleri ve beğenmedikleri öğrenme nesnelerini belirlemeleri istenmiş ve nesnelere üzerinden yapılan etkinlikleri değerlendirmeleri istenmiştir. Araştırma sonuçları, öğrencilerin özellikle kolay kullanımı ve etkileşim özellikleriyle görsel destekleyici özellikleri çok beğendiklerini göstermiştir. Bu tür değerlendirmeler, öğrenme nesnelerinin tasarımı ve geliştirilmesinde öğrenci geri bildirimlerinin kritik önemini vurgular (Bonaveri vd., 2015; Jalal vd., 2015).

Yapılan araştırmalar, öğrenme nesnelerinin öğrencilerin matematik dersine olan tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu bulgular, öğretim tasarımlarında öğrenme nesnelerinin etkili bir şekilde nasıl kullanılabileceği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır. Araştırmalar, öğrenme nesnelerinin matematik derslerinde kullanılmasının öğrencilerin derslere olan ilgi ve motivasyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır (Zehir, 2010; Gürbüz & İlğaz, 2021; Kohen & Nitzan-Tamar, 2022).

## KAYNAKLAR

- [1] Aşkar, P. (2004). Eğitim teknolojisi için yeni bir kavram: Öğrenme nesneleri. 12.Eğitimi Bilimleri Kongresi Bildiriler Cilt II, s1148-1155, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Aydoğdu, M., Erşen, A. N., & Tutak, T. (2014). Materyal destekli matematik öğretiminin ortaokul 6. Sınıf öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(3), 166-185.

- [3] Badeleh, A. (2017). The impact of electronic content and workshop teaching on learning and retention of mathematics. *Quarterly of Educational Psychology Allameh Tabataba'i University*, 13(44).
- [4] Baki, A. (2002). Öğrenen ve öğretmenler için bilgisayar destekli matematik. İstanbul: Ceren Yayınları.
- [5] Bonaveri, P. D., Blanco, L. S., Calvo, M. J., ve Cepeda, G. (2015). The Use of Computers and Technology Increase Student Achievement and Improve Attitude. *Escenarios*, 13(2), 114-134.
- [6] Clements, D. H., & McMillen, S. (1996). Rethinking Concrete Manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270-279.
- [7] Frenkel, E. (2013). *Love and math: the heart of hidden reality*. NY: Basic Books.
- [8] Gülcü, A., Solak, M., Aydın, S., & Koçak, Ö. (2013). İlköğretimde görev yapan branş öğretmenlerinin eğitimde teknoloji kullanımına ilişkin görüşleri. *Electronic Turkish Studies*, 8(6), 195-213.
- [9] Gürbüz, N., & İlgaz, S. (2021). 5. sınıf sosyal bilgiler dersinde drama ve bilgisayar destekli öğretimin akademik başarı ve bilgilerin kalıcılığına etkisi. *Milli Eğitim Dergisi*, 50(229), 179-203.
- [10] Haughey, M. ve Muirhead, B. (2005). The Pedagogical and Multimedia Designs of Learning Objects for Schools. *Australasian Journal of Educational Technology*, 21(4), 470-490.
- [11] Jalal, A. A., Ayub, A. F. M., Tarmizi, R. A., ve Bakar, K. A. (2015). Assessing Teachers' Attitude and Use of Laptops for Teaching and Learning Among Primary School Mathematics Teachers. *In Research and Education in Mathematics (ICREM7)*.
- [12] Karakırık, E. (2011) İlköğretim Matematik Setleri. [http://karakirik\\_e.web.ibu.edu.tr/yazilimler/matematikseti.html](http://karakirik_e.web.ibu.edu.tr/yazilimler/matematikseti.html)
- [13] Karaman, S. (2005). *Öğrenme Nesnelere Dayalı Bir İçerik Geliştirme Sisteminin Hazırlanması ve Öğretmen Adaylarının Nesne Yaklaşımı ile İçerik Geliştirme Profillerinin Belirlenmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- [14] Kay, R. H., ve Knaack, L. (2009a). Assessing learning, quality and engagement in learning objects: The Learning Object Evaluation Scale for Students (LOES-S). *Educational Technology Research and Development*, 57(2), 147-168.

- [15] Kay, R. ve Knaack, L. (2008). A Formative Analysis of Individual Differences in the Effectiveness of Learning Objects in Secondary School. *Computers and Education*, 51(3),1304-1320.
- [16] Kohen, Z. & Nitzan-Tamar, O. (2022). Contextual mathematical modelling: Problem-solving characterization and feasibility. *Education Sciences*, 12(7), 454. <https://doi.org/10.3390/educsci12070454>.
- [17] Lau, S., H. ve Woods, P. C. (2008). An Investigation of User Perceptions and Attitudes Towards Learning Objects. *British Journal of Educational Technology*, 39 (3), 685-699.
- [18] Lopez, M. G., Lopez G., (2007). Computer Support For Learning Mathematics: A Learning Environment Based on Recreational Learning Objects. *Computers and Education*, 48, 4, 618-641.
- [19] Mersin, N. & Durmuş, S. (2021). Matematik tarihi destekli matematik derslerine yönelik tutum ölçeği geliştirme çalışması. *Trakya Eğitim Dergisi*, 11(2), 766-782. <https://doi.org/10.32960/uead.764576>.
- [20] NCTM, 2000. Principles And Standarts for School Mathematics, VA: NCTM, Reston.
- [21] Nurmi, S. ve Jaakkola, T. (2006). Promises and Pitfalls of Learning objects, *Learning, Media and Technology*, 31(3), 269-285.
- [22] Pata, K., Pedaste, M. ve Sarapuu, T. (2009). The Formation Of Learners' Semiosphere By Authentic Inquiry with an Integrated Learning Object "Young Scientist", *Computer and Education*, 49 (4),1357-1371.
- [23] Pilli, O., ve Aksu, M. (2013). The Effects of Computer-Assisted Instruction on the Chievement, Attitudes and Retention of Fourth Grade Mathematics Students in North Cyprus. *Computers and Education*, 62, 62-71.
- [24] Ramani, R. & Patadia, H. (2012). Computer assisted instruction in teaching of mathematics. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (JHSS)*, 2, 39-42.
- [25] Sarama, J. & Clements, D. H. (2009). “Concrete” computer manipulatives in mathematics education. *Child Development Perspectives*, 3(3), 145-150.
- [26] Zehir, H. (2010). Çalışma yaprakları ile lineer dönüşümler ve lineer dönüşümlere karşılık gelen matrislerin öğretimi. *Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum*.

## THE GENERALIZED TAXICAB CIRCULAR INVERSION

**YELİZ BİLGİN**

Eskişehir Osmangazi University,  
yelizbilginn5@gmail.com - 0000-0001-6867-1220

**Prof. Dr. SÜHEYLA EKMEKÇİ**

Eskişehir Osmangazi University,  
sekmekci@ogu.edu.tr - 0000-0003-2820-2096

### ABSTRACT

In this study, the concept of the generalized taxicab circular inversion is presented, which is similar to the definition of inversion in a Euclidean circle. The generalized taxicab circular inversion maps a point to another point along the same ray such that the product of the generalized taxicab distances from the inversion center to these points is constant, equal to the square of the radius of the inversion. The well-known properties of inversion with respect to the Euclidean circle are then investigated for the circular inversion defined in the generalized taxicab plane. It has been shown that the generalized taxicab circular inversion transforms points inside the circle to outside and vice versa. Theorems and propositions that describe the relationships between points and their inverse points in detail are presented and explained with examples. Furthermore, the concept of the generalized taxicab cross-ratio for four distinct collinear points in the generalized taxicab plane is introduced. Another important result is that the generalized taxicab cross-ratio of these points remains invariant under this circular inversion, analogous to classical Euclidean geometry. Additionally, the concepts of harmonic conjugate and harmonic set are introduced in the generalized taxicab plane. It is observed that harmonic conjugate points with respect to two given points are the inverse points under the generalized taxicab circular inversion, where the inversion center is the midpoint of the given points and the diameter is the line segment joining them. Various examples related to the definitions and theorems in the study make generalized taxicab circular inversions and their properties more understandable.

**Anahtar Kelimeler :** Inversion, Circular, Generalized taxicab, Inverse, Distance.

### 1. INTRODUCTION

Euclidean distance represents the shortest path between two points, often described as the "as-the-crow-flies" distance. On the other hand, taxicab distance calculates the total of the distances along the coordinate axes between two points. Originally introduced by Menger and further developed by Krause and others, taxicab geometry has evolved significantly through various studies focused on taxicab distance [1–3,5,10,11,14]. Minkowski distance, or p-norm, is a

generalization where the value of  $p$  determines the type of metric: taxicab for  $p = 1$ , Euclidean for  $p = 2$ , and maximum metric for  $p = \infty$ . Wallen later redefined taxicab distance to address symmetry issues, leading to the concept of generalized taxicab distance, [15]. This approach involves multiplying the Euclidean distances along the axes by positive real values before summing them, making it also known as weighted taxicab distance. This metric has become an important tool for exploring non-Euclidean geometry, with numerous recent studies contributing to its development [4,6,7-9,11].

Inversion transformation is a valuable tool in geometry for exploring and solving various problems and theorems. The concept of inversion in circle was firstly introduced by Apollonius of Perga and has since been further developed by numerous researchers. Various generalizations of the inversion map have been studied by using different geometric figures and metrics [5,6,8,9,12-14].

In this study, the generalized taxicab circular inversions are introduced. The well-known properties of inversion with respect to the Euclidean circle are then investigated for the circular inversion defined in the generalized taxicab plane. Theorems and corollaries that describe the relationships between points and their inverse points in detail are presented and explained with examples. Then, the concepts of the generalized taxicab cross-ratio and the harmonic conjugate are given in the generalized taxicab plane.

## 2. PRELIMINARIES

This section reminds of some concepts used in this study.

**Definition 2.1.** Let  $X = (x_1, x_2)$  and  $Y = (y_1, y_2)$  be any two points in the analytic plane. The generalized taxicab distance between points  $X$  and  $Y$ , for  $a > 0$  and  $b > 0$ ,  $a, b \in \mathbb{R}$ , is defined as:

$$d_G(X, Y) = a|x_1 - y_1| + b|x_2 - y_2|.$$

Here,  $d_G$  represents the generalized taxicab distance function. As seen from the definition, for every pair of non-zero real numbers  $a$  and  $b$ , there corresponds a distance function. Therefore, the  $d_G$  distances form a family of distances. Additionally, when  $a=b=1$ , the generalized taxicab distance equals the taxicab distance,  $d_G = d_T$ . The plane equipped with this distance function is called the generalized taxicab plane,  $\mathbb{R}_G^2$ . In the generalized taxicab plane, points and lines are the same as in the Euclidean plane. Angle measurement is also performed similarly to the Euclidean plane. The planes differ only in the definition of distance, [4].

**Example 2.2 :** In the generalized taxicab plane where  $a = 1$  and  $b = 3$ , the distance between the points  $X = (5, -1)$  and  $Y = (-2, 3)$  is found as:

$$d_G(X, Y) = |5 + 2| + 3|-1 - 3| = 19.$$

In the generalized taxicab plane where  $a = 3$  and  $b = 2$ , the distance between these points is



$$d_G(X, Y) = 3|5 + 2| + 2|-1 - 3| = 29.$$

In generalized taxicab plane, a circle is still defined as the set of points that are all the same generalized taxicab distance (the radius) from a point ( the center), but because of the generalized taxicab distance formula, the figure of circle becomes a **diamond** rather than a smooth curve. The points on the generalized taxicab circle with the center  $M = (m_1, m_2)$  and the radius  $r$  satisfy the equation:

$$a |x - m_1| + b |y - m_2| = r.$$

The generalized taxicab circle has four vertices at points that are on the horizontal and the vertical lines passing through the center. These vertices are  $(m_1 + \frac{r}{a}, m_2)$ ,  $(m_1, m_2 + \frac{r}{b})$ ,  $(m_1 - \frac{r}{a}, m_2)$  and  $(m_1, m_2 - \frac{r}{b})$ . Thus, it is made up of the line segments connecting these vertices, forming a diamond, , [4].

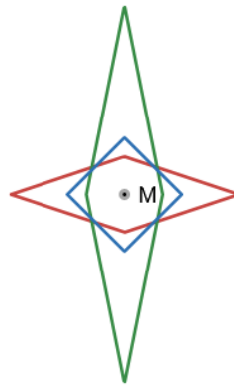


Fig. 1 The generalized taxicab circles

The figure above shows the generalized taxicab circles. The red circle is in the generalized taxicab plane where  $a = 1$  and  $b = 3$ , the green circle is in the generalized taxicab plane where  $a = 3$  and  $b = \frac{1}{3}$ , and the blue circle is in the generalized taxicab plane where  $a = b = 2$ . All circles have the center at  $M = (0, 0)$  and the radius  $r = 3$ .

**Definition 2.3:** In the generalized taxicab plane, let  $d$  be the line with the equation

$a_1x + a_2y + a_3 = 0$  given where  $m$  is the slope of the line, then:

- If  $|m| > \frac{a}{b}$ , the line  $d$  is called a steep line.
- If  $|m| < \frac{a}{b}$ , the line  $d$  is called a gradual line.

c) If  $|m| = \frac{a}{b}$ , the line  $d$  is called a separator line.

d) In the cases where  $m = 0$  and  $m \rightarrow \infty$ , the line  $d$  is referred to as a horizontal line and a vertical line, respectively, [4].

In the generalized taxicab plane, every translation is an isometry, just as in the Euclidean plane. Reflections in the coordinate axes and the separator lines passing through the origin are isometries in the generalized taxicab plane since they preserve the generalized taxicab distance. The set of the rotations about the origin that preserve the generalized taxicab distance is as follows in matrix form:

$$\left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & -b \\ a & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & b \\ -a & 0 \end{bmatrix} \right\}$$

, [4, 7].

### 3. THE GENERALIZED TAXICAB CIRCULAR INVERSIONS

In the generalized taxicab plane, let  $C$  be a circle centered at  $O$  with the radius  $r$ . The *generalized taxicab circular inversion* in the circle  $C$  is defined as follows:

$$I_C: \mathbb{R}_G^2 \setminus \{0\} \rightarrow \mathbb{R}_G^2 \setminus \{0\}$$

$$I_C(X) = X'$$

and it satisfies the following conditions:

i) The point  $X'$  lies on the ray  $OX$ .

ii)  $d_G(O, X) \cdot d_G(O, X') = r^2$ .

The point  $X'$  is called *the generalized taxicab circular inverse* of the point  $X$  with respect to the circle  $C$ . Moreover, the points  $X$  and  $X'$  are the generalized taxicab circular inverses. The circle  $C$  is referred to as *the inversion circle*, and the point  $O$ , its center, is called *the inversion center*.

The generalized taxicab circular inversion is not defined at the center of the inversion circle. According to the definition of inversion, as the distance  $d_G$  between a point  $Y$  and the inversion center decreases, the distance  $d_G$  between the generalized taxicab circular inverse  $Y'$  and the inversion center will increase in the direction of the ray  $YY'$ . If the generalized taxicab plane is extended with a point at infinity, the inverse of the inversion center can be defined. Then, in the

extended generalized taxicab plane  $\mathbb{R}_G^2 \cup \{O_\infty\}$ , the circular inverse of the inversion center  $O$  will be the point at infinity,  $O_\infty$ . Thus, the generalized taxicab circular inversion becomes a one-to-one and onto transformation in the extended generalized taxicab plane, [6].

**Theorem 3.1.** Let  $C$  be a circle with the center  $M = (m_1, m_2)$  and the radius  $r$  in the generalized taxicab plane. For  $X = (x, y)$  where  $X \neq M$  and  $X' = (x', y')$  being the inverse points under the generalized taxicab circular inversion, the relationship between the coordinates of  $X$  and  $X'$  is given by the following equations:

$$x' = m_1 + \frac{r^2(x - m_1)}{(a|x - m_1| + b|y - m_2|)^2}$$

$$y' = m_2 + \frac{r^2(y - m_2)}{(a|x - m_1| + b|y - m_2|)^2}$$

,[6].

**Example 3.2.** In the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ , the coordinates of the generalized taxicab circular inverse of the point  $P = (-1, 2)$  with respect to the unit circle are as follows:

Let the coordinates of the point  $P'$  be  $P' = (x', y')$ . From Theorem 3.1,

$$(x', y') = \frac{1}{(2|-1| + 3|2|)^2}(-1, 2),$$

the inverse of the point  $P$  is found to be  $P' = \left(\frac{-1}{64}, \frac{1}{32}\right)$ .

**Theorem 3.3.** In the generalized taxicab plane, let  $C$  be a circle with the center  $M$  and the radius  $r$ , and let  $M, A$  and  $B$  be three distinct collinear points. If the generalized taxicab circular inverses of the points  $A$  and  $B$  are  $A'$  and  $B'$ , respectively, then the following equality holds between these points:

$$d_G(A', B') = \frac{r^2 d_G(A, B)}{d_G(M, A) \cdot d_G(M, B)}.$$

**Example 3.4.** Let us consider the generalized taxicab circular inversion with respect to the unit circle in the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ . The points  $A = (-1, 1)$ ,  $B = (2, -2)$  and the inversion center  $O$  are collinear since they lie on the line  $y = -2x$ . The generalized taxicab circular inverses of points  $A$  and  $B$  are  $A' = \left(-\frac{1}{25}, \frac{1}{25}\right)$  and  $B' = \left(\frac{1}{50}, -\frac{1}{50}\right)$ . Additionally, the generalized taxicab distance between the points  $A'$  and  $B'$  is  $\frac{3}{10}$ , the generalized taxicab distance between the points  $A$  and  $B$  is 15, the generalized taxicab distance between the inversion center and the point  $A$  is 5, and the generalized taxicab distance between the inversion center and the point  $B$  is 10. Thus, it is immediately seen that

$$\frac{r^2 d_G(A, B)}{d_G(M, A) \cdot d_G(M, B)} = \frac{15}{50} = \frac{3}{10} = d_G(A', B').$$

When the points  $X$ ,  $Y$  and the inversion center are not collinear, the mentioned equality generally does not hold. Let us explain this with an example:

**Example 3.5.** Let us consider the generalized taxicab circular inversion with respect to the unit circle in the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ . Taking the non-collinear the points  $A = (1, 3)$ ,  $B = (0, 2)$  and the inversion center  $O$ , The generalized taxicab circular inverses of points  $A$  and  $B$  are  $A' = \left(\frac{1}{121}, \frac{3}{121}\right)$  and  $B' = \left(0, \frac{1}{18}\right)$ . When the values  $d_G(A', B') = \frac{157}{2178}$ ,  $d_G(A, B) = 5$ ,  $d_G(O, A) = 11$  and  $d_G(O, B) = 6$  are substituted into the equality stated in theorem 3.3,

$$\frac{r^2 d_G(A, B)}{d_G(M, A) \cdot d_G(M, B)} = \frac{5}{66} \neq \frac{157}{2178} = d_G(A', B').$$

**Theorem 3.6.** Let  $C$  be a circle with the center  $M$  and the radius  $r$  in the generalized taxicab plane, and let  $M$ ,  $A$  and  $B$  be three distinct non-collinear points. Let the inverses of  $A$  and  $B$  under the the generalized taxicab circular inversion in the circle  $C$  be  $A'$  and  $B'$ , respectively. If the directions of the vectors  $OA$  and  $OB$  belong to one of the sets  $\{(1, 0), (0, 1)\}$  or

$\{(b, a), (b, -a)\}$ , then the equality

$$d_G(A', B') = \frac{r^2 d_G(A, B)}{d_G(M, A) \cdot d_G(M, B)}$$

holds.

**Example 3.7.** Consider the generalized taxicab circular inversion with respect to the unit circle in the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ . For the points  $A=(3,2)$  and  $B=(6,-4)$ , the directions of the vectors  $OA$  and  $OB$  belong to the set  $\{(3,2), (3,-2)\}$ . If the calculated values  $d_G(A', B') = \frac{1}{12}$ ,  $d_G(A, B) = 24$ ,  $d_G(O, A) = 12$  and  $d_G(O, B) = 24$  are substituted to the equality stated in theorem 3.3, It is seen that the equality is achieved as follows:

$$\frac{r^2 d_G(A, B)}{d_G(O, A) \cdot d_G(O, B)} = \frac{24}{12 \cdot 24} = \frac{1}{12} = d_G(A', B').$$

**Definition 3.8.** Let the points  $A$  and  $B$  lie on a directed line  $d$ . In the generalized taxicab plane, the directed generalized taxicab length of the line segment  $\overline{AB}$  is defined as:

$$d_G[A, B] = \begin{cases} d_G(A, B), & \text{when } \overline{AB} \text{ and } d \text{ have the same direction} \\ -d_G(A, B), & \text{when } \overline{AB} \text{ and } d \text{ have the opposite directions.} \end{cases}$$

Additionally, it holds that  $d_G[A, B] = -d_G[B, A]$ .

**Definition 3.9.** In the generalized taxicab plane, let  $A_i$   $i=1,2,3,4$  be four distinct collinear points on a directed line. The generalized taxicab cross-ratio of these points, denoted as  $(A_1 A_2, A_3 A_4)_G$ , is defined as:

$$(A_1A_2, A_3A_4)_G = \frac{d_G[A_1A_3]}{d_G[A_1A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2A_4]}{d_G[A_2A_3]}$$

**Example 3.10.** Let  $A_1 = (0,0)$ ,  $A_2 = (2,1)$ ,  $A_3 = (4,2)$  and  $A_4 = (6,3)$  be four distinct points on a directed line in the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ . The generalized taxicab cross-ratio for the arrays  $A_2A_1A_4A_3$ ,  $A_1A_3A_4A_2$  and  $A_2A_3A_1A_4$  is calculated as follows:

If the values  $d_G(A_1, A_3) = 14$ ,  $d_G(A_1, A_4) = 21$ ,  $d_G(A_2, A_4) = 14$ ,  $d_G(A_2, A_3) = 7$  are substituted to the generalized taxicab cross-ratio for the array  $A_2A_1A_4A_3$ , one obtains that

$$(A_1A_2, A_3A_4)_G = \frac{d_G[A_1A_3]}{d_G[A_1A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2A_4]}{d_G[A_2A_3]} = \frac{14}{21} \cdot \frac{14}{7} = \frac{4}{3}$$

The generalized taxicab cross-ratio for the array  $A_1A_3A_4A_2$  is

$$(A_1A_2, A_3A_4)_G = \frac{d_G[A_1A_3]}{d_G[A_1A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2A_4]}{d_G[A_2A_3]} = \frac{14}{21} \cdot \frac{(-14)}{(-7)} = \frac{4}{3}$$

The generalized taxicab cross-ratio for the array  $A_2A_3A_1A_4$  is

$$(A_1A_2, A_3A_4)_G = \frac{d_G[A_1A_3]}{d_G[A_1A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2A_4]}{d_G[A_2A_3]} = \frac{(-14)}{21} \cdot \frac{14}{7} = -\frac{4}{3}$$

**Corollary 3.11.** Let  $A_i$   $i=1,2,3,4$  be four distinct collinear points on a directed line in the generalized taxicab cross-ratio  $(A_1A_2, A_3A_4)_G$  is positive both when the points  $A_3$  and  $A_4$  are between the points  $A_1$  and  $A_2$ , and when they are not. Also, If each of the point pairs  $\{A_1, A_2\}$  and  $\{A_3, A_4\}$  separates the other, the generalized taxicab cross-ratio  $(A_1A_2, A_3A_4)_G$  is negative.

**Theorem 3.12.** The generalized taxicab cross-ratio of four collinear points, distinct from the inversion center, remains invariant under the generalized taxicab circular inversion.

**Example 3.13.** Let  $A_1 = (2,1)$ ,  $A_2 = (4,2)$ ,  $A_3 = (6,3)$  and  $A_4 = (8,4)$  be taken four distinct points on a directed line in the generalized taxicab plane where  $a = 2$  and  $b = 3$ . The inverses of these points under the generalized taxicab circular inversion with respect to the unit circle are  $A'_1 = \left(\frac{2}{7^2}, \frac{1}{7^2}\right)$ ,  $A'_2 = \left(\frac{4}{4.7^2}, \frac{2}{4.7^2}\right)$ ,  $A'_3 = \left(\frac{6}{9.7^2}, \frac{3}{9.7^2}\right)$  and  $A'_4 = \left(\frac{8}{16.7^2}, \frac{4}{16.7^2}\right)$ . It is obtained the values  $d_G(A_1, A_3) = 14$ ,  $d_G(A_1, A_4) = 21$ ,  $d_G(A_2, A_4) = 14$ ,  $d_G(A_2, A_3) = 7$ ,  $d_G(A'_1, A'_3) = \frac{7.6}{9.7^2}$ ,  $d_G(A'_1, A'_4) = \frac{14.6}{16.7^2}$ ,  $d_G(A'_2, A'_4) = \frac{7}{4.7^2}$  and  $d_G(A'_2, A'_3) = \frac{7}{6.7^2}$ .

The points  $A_i$   $i=1,2,3,4$  are outside the unit circle. Under the generalized taxicab circular inversion, the inverses of these points lie inside the unit circle. Additionally, since the array of these points is  $A_1A_2A_3A_4$ , the array of their inverses will be  $A'_4A'_3A'_2A'_1$ . The generalized taxicab cross-ratios for these arrays are as follows:

$$(A_1A_2, A_3A_4)_G = \frac{d_G[A_1A_3]}{d_G[A_1A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2A_4]}{d_G[A_2A_3]} = \frac{14}{21} \cdot \frac{14}{7} = \frac{4}{3}$$

and

$$\begin{aligned} (A'_1 A'_2, A'_3 A'_4)_G &= \frac{d_G[A'_1 A'_3]}{d_G[A'_1 A'_4]} \cdot \frac{d_G[A'_2 A'_4]}{d_G[A'_2 A'_3]} \\ &= \frac{(-d_G(A'_1, A'_3))}{(-d_G(A'_1, A'_4))} \cdot \frac{(-d_G(A'_2, A'_4))}{(-d_G(A'_2, A'_3))} = \frac{7.6}{16.7^2} \cdot \frac{7}{6.7^2} = \frac{4}{3}. \end{aligned}$$

Thus, it is observed that the generalized taxicab cross-ratios of four collinear points different from the inversion center and their inverses are the same.

**Definition 3.14.** Let  $A_1$  and  $A_2$  be two points in the generalized taxicab plane. The points  $A_3$  and  $A_4$  on the line segment  $A_1 A_2$  that divide it in the ratio

$$\frac{d_G[A_1 A_3]}{d_G[A_3 A_2]} = \frac{d_G[A_1 A_4]}{d_G[A_4 A_2]}$$

are called *harmonic divided* of the points  $A_1$  and  $A_2$ . The points  $A_3$  and  $A_4$  are said to be *the generalized taxicab harmonic conjugates* with respect to the points  $A_1$  and  $A_2$ . The collinear points  $A_1, A_2, A_3, A_4$  are called a *generalized taxicab harmonic set*, denoted by  $H(A_1 A_2, A_3 A_4)_G$ .

**Corollary 3.15.** In the generalized taxicab plane, the points  $A_3$  and  $A_4$  are the generalized taxicab harmonic conjugates with respect to the points  $A_1$  and  $A_2$  if and only if the generalized taxicab cross-ratio  $(A_1 A_2, A_3 A_4)_G$  is equal to -1.

**Theorem 3.16.** In the generalized taxicab plane, let  $C$  be the generalized taxicab circle with the center  $O=(0,0)$  and the diameter  $A_1 A_2$ . Let the points  $A_3$  and  $A_4$  on the ray  $OA_2$  divide the line segment  $A_1 A_2$  internally and externally, respectively. Then, the points  $A_3$  and  $A_4$  are the generalized taxicab harmonic conjugates with respect to the points  $A_1$  and  $A_2$  if and only if the points  $A_3$  and  $A_4$  are the inverse points under the generalized taxicab circular inversion with respect to the circle  $C$ .

**Example 3.17.** Let the points  $A_1 = \left(-\frac{1}{3}, -\frac{2}{3}\right)$ ,  $A_2 = \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right)$ ,  $A_3 = \left(\frac{1}{2}, 1\right)$  be taken in the generalized taxicab plane where  $a = b = 1$ . Let the point  $A_4$  be found such that the points  $A_3$  and  $A_4$  are the generalized taxicab harmonic conjugates with respect to the points  $A_1$  and  $A_2$ . Since the points  $A_1, A_2, A_3, A_4$  are collinear, then  $A_4 = (x, 2x)$ . Also,  $(A_1 A_2, A_3 A_4)_G = -1$ . Then

$$\begin{aligned} (A_1 A_2, A_3 A_4)_G &= \frac{d_G[A_1 A_3]}{d_G[A_1 A_4]} \cdot \frac{d_G[A_2 A_4]}{d_G[A_2 A_3]} = -1 \\ &= \frac{\frac{5}{2}}{3x+1} \cdot \frac{3x-1}{\frac{1}{2}} = -1 \end{aligned}$$

$$x = \frac{2}{9}$$

is obtained and  $A_4 = \left(\frac{2}{9}, \frac{4}{9}\right)$ . And, the inverse of the point  $A_3$  under the generalized taxicab circular inversion with respect to the circle with the diameter  $A_1 A_2$  is

$$\frac{1}{\binom{3}{2}^2} \binom{1}{2, 1} = \binom{2}{9, 9} = A_4.$$

#### 4. CONCLUSION

In this study, the concept of the circular inversion defined in classical Euclidean plane is adapted to the generalized taxicab plane and the generalized taxicab circular inversion is introduced. The study clarifies some basic properties of this transformation. In addition, the generalized taxicab cross ratio and the generalized taxicab harmonic conjugates are examined and it is shown that these concepts give similar results with their counterparts in Euclidean geometry. The properties and applications of the generalized taxicab circular inversion are explained using various theorems and examples. These results contribute to the studies on geometric transformations and non-Euclidean geometries.

#### REFERENCES

- Akça, Z., Nazlı, S. On the Thales Theorem in the Iso-Taxicab Plane, *Hagia Sophia Journal of Geometry*, 5, 1, June, 2023.
- Akça, Z., Çalış, C. Voronoi Diyagramı ve Taksi Düzlemi Üzerine, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14, 1, March, 2021.
- Akça, Z., Kaya, R. On the Taxicab Trigonometry, *J. of Inst. Math. Comput. Sci. Math. Ser.*, 10, 3, April, 1997.
- Altıntaş, A. The Application of Some Geometric Problems on Euclidean Plane Using Generalized Taxicab Metric, MSc, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey, 2009.
- Bayar, A., Ekmekçi, S. On Circular Inversions in Taxicab Plane, *Journal of Advanced Research in Pure Mathematics*, 6, 4, 2014.
- Bilgin, Y. Inversions with Respect to Circles in the Generalized Taxicab Plane. Master's Thesis, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, 2023.
- Çolakoğlu, B. H. The Generalized Taxicab Group, *International Electronic Journal of Geometri*, 11, 2, 2018.
- Ekmekçi, S., Bilgin, Y. On the Inversion in a Generalized Taxicab Circle, *Hagia Sopia Journal of Geometry*, 5, 2, December, 2023.
- Ekmekçi, S., Bilgin, Y., On the Inverses of Lines under the Inversion in a Generalized Taxicab Circle, *Hagia Sopia Journal of Geometry*, 5, 2, December, 2023.
- Ekmekçi, S., Bayar, A., Akça, Z. On the Plane Geometry with Generalized Absolute Value Metric, *Math. Probl. Eng.*, 1, 0, 2008.
- Ekmekçi, S., Akça, Z., Altıntaş, A. K. On Trigonometric Functions and Norm in the Generalized Taxicab Metric, *Mathematical Sciences and Applications E-Notes*, 3, 2, October, 2015.

- Pekzorlu, A., Bayar, A. On the Chinese Checkers Circular Inversions in the Chinese Checkers Plane, *Hagia Sophia Journal of Geometry*, 4, 2, December, 2022.
- Pekzorlu, A., Bayar, A. On The Chinese Checkers Spherical Inversions in Three Dimensional Chinese Checkers Space, *Commun.Fac.Sci.Univ.Ank.Ser.A1 Math. Stat*, 69, 2, 2020.
- Pekzorlu, A., Bayar, A. Taxicab Spherical Inversions in Taxicab Space, *Journal Of Mahani Mathematical Research Center*, 9, 1–2, 2020.
- Wallen, L.J., Kepler, the Taxicab Metric, and Beyond: An Isoperimetric Primer. *The College Mathematics Journal* 26, 3, 1995.



## GİRESUN'DAKİ BAZI LİSELERİN BAHÇELERİNDEKİ ÇİÇEKLİ BİTKİLERİN BELİRLENMESİ

**Prof. Dr. Bahadır KOZ<sup>1</sup>**

Giresun Üniversitesi

bahadir.koz@giresun.edu.tr- ORCID:0000-0003-3264-0144

### ÖZET

Bu çalışma; Giresun'da bulunan bazı liselerin bahçelerindeki çiçekli bitki türlerinin belirlenmesine yöneliktir. Seçilen tüm liselerin bahçelerinde, bahçe alanları, bahçelerdeki yeşil alanlar ve öğrenci sayısı verileri elde edilmiştir. Okul bahçelerinde hangi bitkilerin bulunduğu, gözlem, flora ve sistematik kitapları yardımıyla belirlenmiştir. Elde edilen veriler, nitel veri toplama teknikleriyle, rastgele örnekleme yoluyla belirlenen 5 devlet lisesi ve 1 özel kolejden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem saha çalışmaları, literatür taraması ve gözlemdir. Belirlenen liselerde yapılan çalışma neticesinde öğrenci başına düşen bahçe alanı 6,45 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmış ve Türkiye ve Dünya standartları dikkate alındığında yetersiz olduğu görülmüştür. Ayrıca bahçelerdeki yeşil alanlar gelişmiş ülkelerdeki okul bahçelerindeki yeşil alanlara göre oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Milli Eğitim Bakanlığının, lise bahçelerinde özel bir peyzaj çalışması yapmadığı ve bitki bakımları için herhangi bir destek sağlamadığı belirlenmiştir. Bitkilerden bazılarının ise alerjen türler olduğu ve çocukların sağlığı için uygun olmadığı da belirlenmiştir. **Anahtar kelimeler:** Lise, Okul bahçeleri, Bitki türleri, Yeşil alan

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi/ Mat. ve Fen Bil. Eğitimi Böl.,

### DETERMINATION OF FLOWERING PLANTS IN THE GARDENS OF SOME HIGH SCHOOLS IN GİRESUN

**Prof. Dr. Bahadır KOZ<sup>1</sup>**

Giresun Üniversitesi

bahadir.koz@giresun.edu.tr- ORCID:0000-0003-3264-0144

### ABSTRACT

This study aims to determine the flowering plant species in the gardens of some high schools in Giresun. In the gardens of all selected high schools, data on garden areas, green areas in the gardens and the number of students were obtained. The plants in the school gardens were determined with the help of observation, flora and systematic books. The obtained data were obtained from 5 state high schools and 1 private college determined by random sampling with qualitative data collection techniques. The methods used in the study are field studies, literature

review and observation. As a result of the study conducted in the determined high schools, the garden area per student was calculated as 6.45 m<sup>2</sup> and it was seen that it was insufficient considering the Turkish and World standards. In addition, it is seen that the green areas in the gardens are quite insufficient compared to the green areas in the school gardens in developed countries. It was determined that the Ministry of National Education did not carry out a special landscaping study in the high school gardens and did not provide any support for plant care. It was also determined that some of the plants were allergenic species and were not suitable for the health of children.

**Keywords:** High School, School gardens, Plant species, Green area

<sup>1</sup>Giresun University/ Department of Mathematics and Science Education,

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsanlar yeşil alanlarda sağlıklı ve huzurlu yaşamaktadırlar. Doğa ile bağlar koparıldığı zaman bu durumun, psikolojik ve fiziksel etkileri olmaktadır. (Zubari, 2019). Yeşil alanlar, insana refah ve huzur sunarken, betonla çevrili şehirlerde insanı psikolojik ve ruhsal açıdan olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda geleceğimiz olan çocuklarımızı, küçük yaştan itibaren doğayla iç içe büyütmemiz gerekmektedir. Ne yazık ki kişiliğin temelini de oluşturduğu çocukluk yıllarında, çocuklarımız; azalan yeşil alanlara karşı, artan beton alanlarla başa çıkmak zorunda bırakılmıştır.

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda, çocuklar için yaşanabilecek daha güzel şehirler oluşturmak amacıyla projeler başlatılmıştır. Bu projelerde sokaklardaki; yeşil alanlar ve oyun parklarının özelliklerinin geliştirilmesine ve sayılarının artırılmasına çalışılmaktadır. Sokaklarda başlatılan bu çalışmalar, okullara da genişletilmiştir; Bu duruma örnek olarak; ABD'nin Kaliforniya eyaletinde okulun kurulacağı alanın; güvenlik, çevre, yeşil alan olması gibi birçok kriter göz önünde bulundurulmuştur. Yoğun trafikten uzak, gürültüsüz alanlar ve güvenli olması tercih edilmiştir. Bununla birlikte okul sahasının büyük olması, öğrenci başına daha fazla alanın düşmesine özen gösterilmektedir. Yine bir başka projede; Okul yeşil alanını büyütmek amacıyla; Eğitimciler, idareciler, aileler, öğrenciler ve peyzaj mimarları işbirliği içerisinde çalışmaktadır. Bunun sonucunda örnek bir okul bahçeleri rehberi sunulmuştur. Bu rehber göre; bahçenin yeterince güneşlenmesi, bahçede çocuk yaralanmalarına karşı seçilen malzemelerin güvenli olması, yüzeylerde geçirgen olan malzeme kullanılması gibi birçok uygulama çocukları doğayla daha fazla buluşturmaktadır. Ayrıca okul bahçelerindeki bitkilerin, bitkilerin estetik, doğal ve dayanıklı olmasına özen gösterilmelidir. Bunun dışında okul bahçelerindeki çim alanlarının genişletilmesine ve mümkün olduğunca bölgedeki bitkilerin kullanılmasına önem verilmelidir (Kutay, 2019).

İngiltere'de hükümet son yıllarda, "Gelecek İçin Okullar" adlı bir kılavuz yayınlamış olup 5 yıllık bir planla bu işe başlamıştır. Burada, okul ve toplum yararına okul bahçelerinin peyzajının yapılması, yeşil alanların artırılması, sürdürülebilir sağlıklı bir okul çevresinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Ayrıca öğrencilerin okuldaki oyun alanlarında günlük en az 1 saat zaman geçirmeleri önerilmektedir, bunların neticesinde öğrencilerin yeteneklerinde gelişme olacağı,

akademik başarılarının yükseleceği ve öğrenci davranışlarına bu durumların olumlu yansıtacağı vurgulanmaktadır (Kutay, 2019).

Almanya’da Baden-Württemberg eyaletinde okul bahçeleri ile ilgili hazırlanan rehberde çocuk ve doğa ilişkisine yönelik güzel örnekler yer verilmektedir, okul bahçelerinin öğrenci yaşına ve yeteneklerine uygun olmasının üzerinde durmaktadır. (Kutay, 2019).

Çocuklarımızın şehirlerde yeşil alan bulabilmesi gün geçtikçe zorlaşmaktadır ve çocuklarımız maalesef ekran başında zamanlarını geçirmektedir (Zubari, 2019). Sonuç olarak eve bağımlı kalan çocuklarımızda, ruhsal, biyolojik ve fizyolojik bazı sorunlar oluşmaktadır (Aklıbaşında ve ark., 2018).

Çocukluk döneminde atılacak doğa sevgisi çocuğun kimliğini oluşturacaktır. Çocukluk yıllarında doğayla ilgilenen çocukların doğaya ilgileri ileriki yıllarda da devam etmektedir (Laaksoharju ve Rappe, 2017). Bu amaçla kuzey Avrupa ülkelerinde ‘woonerf’, ‘home zone’ gibi örnek projeler gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, ağaçlar ve bitkilerle dolu yollar planlayıp tarafı yavaşlatmak, gürültünün azaltılması ve kentlerin yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedeflenmektedir (Tandoğan, 2014).

Okulun ve eğitimin kalitesini arttırmaktadır, okul bahçeleri (Başar, 2020). Okul bahçeleri, çocukları fiziksel aktiviteye yöneltmez ise, obezite oranları artar. Obezite; kardiyovasküler rahatsızlıklar, diyabet, kas ve iskelet sistemi bozuklukları ve bazı kanser çeşitleriyle ilişkilendirilmektedir (World Health Organization, 2021).

Okul bahçeleri öğrencileri teneffüste fiziksel aktiviteye yönlendirmelidir. Hareketsizlik ve yanlış beslenme sonucu oluşan obezite, toplumun çoğunluğunu etkilemeden okul bahçelerinde fiziksel aktiviteyi arttırmalıyız (Arslan, 2021).

Okulların bahçeleri, nitelik ve nicelik yönünden geliştirilmeli, doğal yaşam alanları haline almalı ve yeşil alanlar artırılmalıdır.

Isparta merkezde; 19 lise ve 37 ilköğretimde yapılan çalışmaya göre; yeşil alan her bir öğrenci için 10 m<sup>2</sup> olurken, 10 öğrenciye ancak bir adet ağaç düşmektedir. Bahçe zemini sert malzeme olup ve bitkiler oldukça azdır (Gül ve Küçük, 2001). Ankara Yenimahalle’de 115 okulda yapılan çalışmada, okul bahçelerinin küçük olduğu, bahçedeki bitkilerin rastgele seçildiği belirtilmektedir. (Kuş, 2001). Çanakkale’de 20 ilköğretim okulu ve 14 lisede yapılan çalışmada; ilköğretim okullarında öğrenci başına 7,8 m<sup>2</sup>/kişi alan düşerken, liselerde 10,94 m<sup>2</sup>/kişi alan düşmektedir (Kelkit ve Özel, 2003).

Bu çalışma; Giresun ilindeki Liselerde ilk defa yapılmaktadır. Bu çalışmada; Türkiye’de öğrenci başına düşen okul bahçe alanlarının öğrenci için yetersiz olduğunu, yeşil alanların her geçen gün azaldığını, bahçedeki bitkilerin rastgele seçildiği ve bu bitkilerin bakımlarının maalesef yapılmadığı belirlenmiştir. Giresun da yapılan bu çalışmada; Giresun’da merkezde 5 devlet okulu ve 1 Özel okul incelenmiş ve yeşil alanların ve okul bahçelerinin yeterlilik durumları belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2) MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

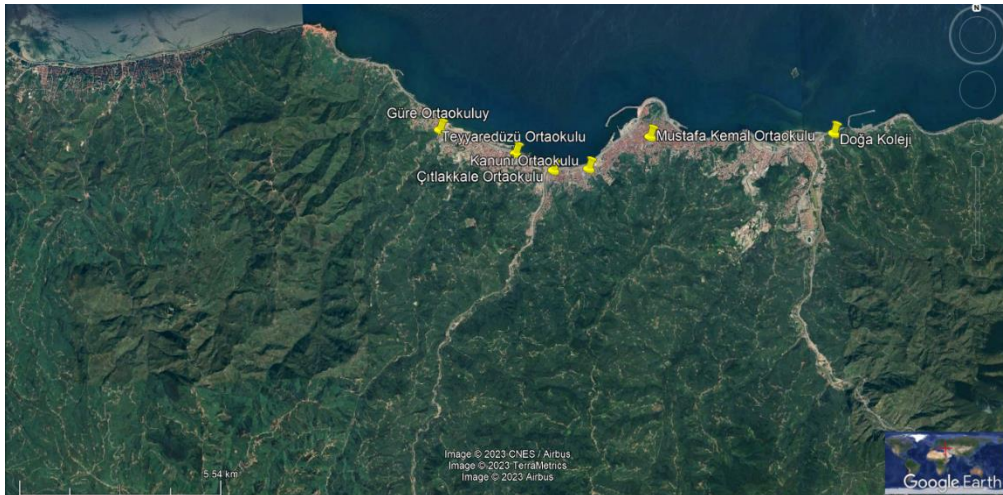
Çalışma da 5 Devlet Lisesi ile, 1 Kolej bahçesi incelenmiştir. Çalışma alanındaki okul alanı ( $m^2$ ), öğrenci sayısı, öğrenci başına düşen bahçe alanı ( $m^2$ /kişi), öğrenci başına düşen yeşil alan, bitki türü çeşitliliği, okul bahçelerindeki bitki türlerinin kullanım alanları incelenmiş ve okul bahçelerinin yeşillendirilmesinin ve okul idarecileri ile bahçe bakımının nasıl yapıldığına ilişkin görüşüldü.

### 2.2. Yöntem

Araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde; Gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi bazı yöntemler kullanılır.

Çalışmaya kapsamlı literatür taraması ile başlanmış, çalışma alanı olarak belirlediğimiz kurumlar gezilmiş, bilgi toplanmış ve fotoğrafları çekilmiştir. Okul bahçesindeki tohumlu bitki türleri belirlenmiş, bitki türlerinin belirlenmesinde Michael G. Simpson'ın yazdığı Bitki Sistematiği ( Plant Systematics) kitabı, Faik Yaltrık ve Asuman Efe'nin yazdığı Otsu Bitkiler Sistematiği ve Rahim Anşın, Zafer Cemal Özkan'ın yazdığı Tohumlu Bitkiler- Odunsu Taksonlar kitabı ve Gürkan Ceylan'ın yazdığı Dış Mekan Süs Bitkileri ve Peyzajda Kullanımları gibi kaynaklardan yararlanarak teşhisleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmada gözlem ve görüşme yöntemleri kullanılmıştır. Veri toplarken video, fotoğraf ve ses kaydı alınmıştır ve çalışma da 2024 yılının Haziran ayında gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. Çalışma alanı



Şekil 1. Giresun şehrindeki çalışma alanı haritası

3.

## BULGULAR

Tablo 1 . Giresun Kent Merkezi'nde bulunan Lise bahçelerinde kişi başına düşen bahçe alan miktarı ( $m^2$ )

Ortaokullar	Devlet okulu (D) Özel okul (Ö)	öğrenci sayısı	toplam alan (m <sup>2</sup> )	bahçe alan (m <sup>2</sup> )	öğrenci başına düşen alan (m <sup>2</sup> /kişi)
HAMDİ BOZBAĞ ANADOLU LİSESİ	D	550	4350	3300	7,9
GİRESUN MİMAR SİNAN LİSESİ	D	411	3850	3010	9,36
DOĞA KOLEJİ	Ö	1074	23500	8500	7,91
GİRESUN LİSESİ	D	410	3994	2526	9,74
ATATÜRK ANADOLU LİSESİ	D	505	7850	2350	15,54
GİRESUN KALE MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ	D	622	4530	6705	7,28

### HAMDİ BOZBAĞ ANADOLU LİSESİ

*Tilia cordata* (Ihlamur Ağacı), *Syringa vulgaris* (Leylak), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Prunus* (Erik ağacı), *Robinia pseudoacacia* (Akasya ağacı), *Acacia dealbata* (Gümüşi akasya), *Pinus pinaster* (Sahil çamı), *Acer pseudoplatanus* (Dağ akçaağacı), *Juniperus communis* (Ardıç ağacı), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Corylus colurna* (Türk fındığı-Giresun tombul fındığı), *Vitis vinifera* (Asma ağacı), *Albizia julibrissin* (Gülibrişim), *Hedera helix* (Duvar sarmaşığı), *Rosa sp.* (Gül), *Gravillea robusta* (Gravilla bitkisi), *Gazania rigens* (Koyun gözü çiçeği), *Hydrangea paniculata* (Panikül Ortancası), *Chamomillae romanae* (Papatya), *Rosa canina* (Kuş burnu), *Ligustrum vulgare* (Kurt bağı), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

### GİRESUN MİMAR SİNAN LİSESİ

*Pinus pinaster* (Sahil ağacı), *Hydrangea paniculata* (Panikül Ortancası), *Acacia dealbata* (Gümüşi akasya), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Albizia julibrissin* (Gülibrişim), *Rosa sp.* (Gül), *Hedera helix* (Duvar sarmaşığı), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Ligustrum vulgare* (Kurt bağı), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

### DOĞA KOLEJİ

*Tilia cordata* (Ihlamur ağacı), *Ligustrum* (Kurtbağı bitkisi), *Petroselinum crispum* (Maydonoz), *Lycopersicum esculantum* (Domates), *Phaseolus vulgaris* (fasulye), *Brassica oleracea* (Kara lahana) *Juniperus communis* (Ardıç ağacı), *Ilex aquifolium* (Çoban püskülü), *Hedera helix* (Duvar sarmaşığı), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Photinia serratifolia* (Kırmızı alev çalısı), *Accacia dealbata* (Sarı mimoza), *Helichrysum italicum* (Balkaymak), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Phormium Tenax* (Yeni zelandda keteni), *Elaeagnus pungens maculata aurea*

(Altuni yapraklı sus iğdesi), *Nandina domestica* (Cennet bambusu), *Hydrangea paniculata* (Panikül Ortancası), *Rosa sp.* (Gül), *Juniperus virginiana* (Kurşun kalem ardıcı), *Acer palmatum* (Japon akçağacı), *Ligistrum vulgare* (Kurt bağı), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

## GİRESUN LİSESİ

*Platanus orientalis* (çınar ağacı), *Picea pungens* (mavi ladin), *Cupressus sempervirens* (selvi ağacı), *Pinus pinaster* (çam ağacı), *Tilia cordata*. (ıhlamur ağacı), *Ulmaceae* (karaağaç), *Juniperus comminus* (ardıç ağacı), *Rosa sp.*(gül), *Picea orientalis* (doğu ladin), *Alnus glutinosa* (kızılağaç), *Morus alba* (beyaz dut ağacı), *Laurocerasus officinalis*(karayemiş ağacı), *Pyrus communis* (armut ağacı), *Prunus avium* (kiraz ağacı), *Vitaceae* (asma ağacı), *Solanis lycopersicum* (domates), *Solanum melongena* (patlıcan), *Ficus carica* (incir), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Hedera helix* (Duvar sarmaşığı), *Ligistrum vulgare* (Kurt bağı), *Rosa sp.* (Gül), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

## ATATÜRK ANADOLU LİSESİ

*Pinus pinaster* (çam ağacı), *Pinus sylvestris* (Sarı Çam) *Juniperus comminus* (ardıç), *Ulmaceae* (karaağaç), *Citrus sinensis* (portakal ağacı), *Carpinus betulus* (gürgen), *Pinus sylvestris* (sarıçam), *Nerium oleander* (zakkum), *Hydrangea macrophylla* (ortanca), *Ligistrum vulgare* (Kurt bağı), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Narcissus poeticus* (Nergis), *Hedera helix* (Duvar sarmaşığı), *Rosa sp.* (Gül), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

## GİRESUN KALE MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

*Juniperus comminus* (Ardıç ağacı), *Ulmaceae* (karaağaç), *Rosa sp.* (Gül), *Nerium oleander* (Zakkum), *Morus alba* (Beyaz dut ağacı), *Wisteria spp.* (Mor salkım), *Robinia pseudoacacia* (Akasya ağacı), *Ficus Carica* (İncir), *Hydrangea paniculata* (Panikül Ortancası), okul bahçesinde bu bitkiler tespit edildi.

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Okullarda öğrenci başına ortalama açık alan 9,62 m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir, tablo 1'e göre. Öğrenci başına düşen bu ortalama değer oldukça düşük olduğu görülmektedir ve ortalama standartlara dahi yaklaşmamaktadır. Bahçe alanlarının küçük olması akran zorbalığı gibi önemli problemlere yol açabilmektedir (Karadeniz ve ark., 2018).

Öğrenci başına düşen en az bahçe alanının Giresun Kale Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde olduğu tespit edilmiştir. Birçok Avrupa ülkesinde öğrenci başına en az 25 m<sup>2</sup> bahçe alanı önerilmektedir. Giresun'daki okulların çoğunda öğrenci başına düşen bahçe alanı dünya standartlarının oldukça altındadır. Çocuklar, okul bahçelerinin büyük ve oldukça yeşil

olmasından oldukça mutlu olurlar. Öğretmen ve öğrenciler okul bahçelerinin yetersizliği karşısında oldukça olumsuz bir tavır takınabilirler (Karasolak, 2009).

Bütün iklimlerde, iklim konforunu sağlayan etken yeşil alanların varlığıdır. Bununla birlikte yeşil alanların varlığı bazı okullarda yok denecek kadar azdır. Yeşil alanlar, küresel ısınmanın azaltılmasında da oldukça yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde; Çölleşmeyle mücadele, biyolojik çeşitliliğin korunması ve yeşil alanların artırılması hedeflenmektedir. Yeşil bahçelerinde daha çok zaman geçiren çocuklar, yeşil bahçelerde daha fazla zaman geçirmeyen akranlarına göre sosyal etkileşimleri daha olumlu ve yaşadıkları problemi daha barışçıl yollarla çözüme eğiliminde daha çok oldukları gözlenmiştir (Aksu, 2023).

Okul bahçelerinde çocukların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek zehirli oldukları bilinen *Ligustrum* (kurtbağrı bitkisi), *Nerium oleander* (zakkum) gibi zehirli bitkiler tespit edilmiştir fakat bu bitkiler besin olarak tüketilmemektedir. Bazı bahçelerde ise alerjen olabilecek, *Hydrangea macrophylla* (ortanca), *Albizia julibrissin* (gülibrişim), *Juniperus comminus* ( ardıç ağacı), *Acer negundo* (akçaağaç), *Morus sp.*(dut) ve çocuklara zarar verebilecek dikenli yapılı *Rosa sp.* (gül) bitkiler görülmüştür. *Juniperus communis* (Ardıç ağacı), *Platanus orientalis* (çınar ağacı) tozlaşma zamanlarında bu bitkilerden etrafa yayılan polenler, allerjisi olan çocukları rahatsız edebilmektedirler. Ayrıca okul bahçelerindeki iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlardan dökülen yapraklar yağmurda zeminin kayganlaşmasına neden olabilmektedir. Bu durum çocuklar için tehlike arz edebilmektedir (Ceylan, 1999).

Okul bahçesinde kullanıma uygun ağaç türlerinin bazıları şunlardır: *Acer campestre* (ova akçaağacı), *Acer pseudoplatanus* (yalancı çınar yapraklı akçaağaç), *Aesculus carnea* (kırmızı çiçekli atkestanesi), *Betula pendula* (sarkık huş), *Carpinus betulus* (gürgen), *Cercis siliquastrum* (erguvan), *Tilia cordata* (küçük yapraklı ihlamur). Büyük ağaçların yanı sıra çocukların yaş ve boylarına uygun küçük ağaççıklarda bahçede kullanılabilir. Bunlar: *Crataegus monogyna* (adi alıç), *Crataegus oxyacantha* (alıç), *Eleagnus angustifolia* (iğde), *Prunus cerasifera* (kiraz eriği), *pisardii nigra* (kırmızı yapraklı süs eriği), *Prunus serrulata* (çiçek kirazı). Okul sınırını belirlerken tel kullanıldığında pas ve küf oluşturabilir. Çocuklara zarar vermemesi ve gürültüyü engelleme amacıyla okul sınırlarında sarılıcı ve tırmanıcı özellikte *Amphelopsis quenquifolia* (amerikan sarmaşığı), *Fallopia aubertii* (gümüş dantel sarmaşığı), *Hedera helix* (duvar sarmaşığı), *Jasminum officinalis* (beyaz çiçekli yasemin) bitkiler kullanılabilir (Özdemir,2011).

Doğa kolejinin, bahçe alanın yüksek çıkmasına rağmen öğrenci sayısının fazlalığından dolayı öğrenci başına düşen alan 7. 91m<sup>2</sup>'dir.

Çevreye karşı duyarlı bireyler yetiştirebilmek amacıyla çocuklarımızı çevre ile daha çok etkileşime sokmamız gerekmektedir. Okullarda bahçeler yeşillendirilmeli ve o bölgenin bitkileri daha çok kullanılmalıdır. Böylece çocuklar birçok bitki türünü de tanımış olacaklardır.

Bitki seçiminde bölgenin iklim özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Giresun genelde havası kapalı, güneşlenme periyodu az bir ildir, bundan dolayı okullarda güneşlenmeyi engelleyecek ağaçlar ekilirken dikkat edilmelidir.

Okullarda, yola paralel olarak gürültüyü engellemesi için ağaçlandırma yapılması önemlidir. Gürültü, iletişim problemleri yaratır ve huzursuzluğa neden olur. Bazı yaramaz olarak kabul gören çocuklar, gürültüsüz bir ortamda daha sakin ve daha olumlu davranışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Gürültülü ortamlarda daha stres yarattıkları için verim düşmektedir (Kalıpcı, 2007). Gürültüyü azaltmak amacıyla bahçelerde genellikle *Pinus sylvestris* (Sarı Çam), *Populus nigra* (Kara Kavak) gibi bitkiler tercih edilmektedir. Gürültüsüz ortamlarda, eğitim kalitesi ve akademik başarı artmaktadır (Onay, 2021). Giresun'daki gürültü artık insan sağlığını etkileyebilecek boyutlara geldiği çalışmalarla gösterilmiştir. Bundan dolayı Giresun'da ılıman iklimi seven meşe ve gürgen ağaçları tercih edilmelidir (Kalıpcı, 2007).

## Kaynakça

- Aksu, F. (2023). *Çevreye Yönelik Tutum İle Okul Bahçesi Yeşil Alan Kullanımının Çocuklardaki Çatışma Çözme Davranışlarını Yordama Düzeyi* (Master's thesis, TC Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Arslan, H. 2021. 8-11 yaş arası fazla kilolu ve obez çocuklarda okul temelli kilo yönetimi programının etkinliği. İstanbul Üniversitesi. Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Aklıbaşında, M., Tırnakçı, A., & Özhanç, E. 2018. Çocuk Oyun Alanlarının Önemi ve Tasarım Kriterlerinin Nevşehir Kenti Örneğinde İrdelenmesi. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 8(17), 59-71.
- Ceylan, G., (1999). Dış Mekan Süs Bitkileri ve Peyzajda Kullanımları. Flora Yayınları, İstanbul.
- Gül, A., & Küçük, V. (2001). Kentsel Açık-Yeşil Alanlar Ve Isparta Kenti Örneğinde İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), s. 27-48.
- Kalıpcı, E., 2007. Giresun il merkezinde gürültü kirliliği ölçümü ve haritasının hazırlanması. Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karadeniz, B., Özyavuz, A., Türk, Y. A., Topaloğlu, G., Bayram, Z. Y. (2018). İlkokul Bahçelerinde Davranış Haritaları Bağlamında Mekânsal ve İşlevsel Bir Analiz: Trabzon Örneği/A Spatial Functional Analysis in the Context of Behavioral Maps in Primary School Grounds: Case of Trabzon. *Journal of History Culture and Art Research*, 7(3), 649-667.
- Karasolak, K. (2009). Mimari özellikleri farklı ilköğretim okullarındaki öğrenci ve öğretmenlerin okullarının bina ve bahçeleri hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.*
- Kelkit A, Özel E 2003. A Research on The Determination of Physical Planning of School Gardens in Çanakkale City. *Journal of Applied Sciences*, 3 (4), 240-246.



- Kuş, C., 2001. Ankara Kenti Yenimahalle İlçesinde Okul Bahçeleri Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara, 149 s.
- Kutay Eminel, M., 2019. Çocukların doğa ile ilişkilerinin güçlendirilmesinde okul bahçelerinin rolü (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Laaksoharju, T., & Rappe, E. 2017. Trees as affordances for connectedness to place—a framework to facilitate children’s relationship with nature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 28, 150-159.
- Özdemir, A. 2011. Okul Bahçesi Peyzaj Tasarım Anlayışındaki Değişim ve Bu Değişimin Uygulamaya Yansımalarının Bartın Kenti Örneğinde İrdelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 41-51.
- Anşın, R. Ve Özkan, Z. C. (1994). *Tohumlu bitkiler : odunsu taksonlar*, KTU., Trabzon.
- Simpson, M. G. (2019). *Plant systematics*. Academic press.
- Tandoğan, O. 2014. Çocuk İçin Daha Yaşanılır Bir Kentsel Mekan: Dünyada Gerçekleştirilen Uygulamalar. *Megaron*, 9(1).
- Yaltrık, F. Ve Efe, A. (1989). Otsu bitkiler sistematigi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü(3)
- Zubari, D. 2019. Yetişkin Çevre Gönüllülerinin Çocukluk Dönemlerindeki Doğa Deneyimleri Üzerine Bir Araştırma. İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- World Health Organization (2021, June 9). *Obesity and overweight*.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

## GİRESUN İLİNDEKİ BAZI LİSELERİN HAVA KALİTESİNİN AĞIR METALLER YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Prof. Dr. Bahadır KOZ<sup>1</sup>**

Giresun Üniversitesi

[bahadirkoz@yahoo.com](mailto:bahadirkoz@yahoo.com); [bahadir.koz@giresun.edu.tr](mailto:bahadir.koz@giresun.edu.tr)

ORCID:0000-0003-3264-0144

### ÖZET

Hava kirliliği, bütün ekosistemi olumsuz etkileyen, kirlenici kaynaklarla havaya karışan maddelerin havanın doğal karışımından başka bir yapıya sahip olması olayıdır. Bu çevreyi kirlenenden unsurlardan birisi de ağır metallendir. Bu ağır metaller Tıp'ta toksik özellikleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Ağır metaller, düşük yoğunluklarda bile vücuda alındığında yağ dokuda birikip daha sonra kanser için alt yapı oluşturmaktadır. Çevremizdeki ağır metallerin çoğu insan etkileri sonucu çevreye verilmektedir.

Son 30-40 yıl içinde hava kirliliğinin monitörleme çalışmalarında çok yoğun bir artış gözlenmektedir. Bu çalışmalarda, havadaki kirliliğin ölçümlerinde çıkan yüksek maliyetlerden dolayı alternatif çözümler geliştirilmiştir. Karayosunları, çevre kirliliğinin monitörlenmesi çalışmalarında çok fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemizdeki ağır metal kirliliği biyomonitörlenmesinde şehir merkezleri, otoyolların çevreleri, fabrikalar, enerji santralleri ve bazı endüstriyel kuruluşların çevrelerinde birçok çalışma yapıldığını gözlemlemekteyiz. Okullarda ise bu tür çalışmalar daha çok okul içi hava kalitesini ölçmek şeklinde yapılmaktadır.

Bu çalışmada Giresun İlindeki bazı liselerin bahçelerindeki ağır metal kirliliğini tespit edebilmek amacıyla karayosunları biyomonitör olarak kullanıldı. Okul bahçelerinden toplanan karayosunu numuneleri ICP-MS cihazı ile analiz edildi ve sonuç olarak Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb ağır metalleri belirlendi ve elde edilen sonuçlar okul hava kalitesi ağır metal kirliliği açısından değerlendirildi.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kirliliği, Ağır Metal Kirliliği, Okul Bahçesi, Karayosunu

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi/ Mat. ve Fen Bil. Eğitimi Böl.,

## EVALUATION OF AIR QUALITY OF SOME HIGH SCHOOL IN GIRESUN PROVINCE IN TERMS OF HEAVY METALS

Prof. Dr. Bahadır KOZ<sup>1</sup>

Giresun University

bahadirkoz@yahoo.com; bahadir.koz@giresun.edu.tr- ORCID:0000-0003-3264-0144

### ABSTRACT

Air pollution is the phenomenon of substances mixed into the air with pollutant sources that negatively affect the entire ecosystem and have a structure other than the natural mixture of the air. One of the elements that pollutes this environment is heavy metals. These heavy metals come to the forefront in Medicine with their toxic properties. Heavy metals, even in low concentrations, accumulate in the fat tissue when taken into the body and then form the basis for cancer. Most of the heavy metals in our environment are released into the environment as a result of human effects.

A very intense increase has been observed in air pollution monitoring studies in the last 30-40 years. Alternative solutions have been developed due to the high costs in measuring air pollution in these studies. Mosses have started to be used a lot in environmental pollution monitoring studies.

We observe that many studies have been carried out in the biomonitoring of heavy metal pollution in our country in city centers, around highways, factories, power plants and some industrial establishments. In schools, such studies are mostly carried out in the form of measuring air quality inside schools.

In this study, mosses were used as biomonitors in order to detect heavy metal pollution in the gardens of some high schools in Giresun Province. Moss samples collected from school gardens were analyzed with ICP-MS device and as a result, heavy metals Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb were determined and the obtained results were evaluated in terms of heavy metal pollution in school air quality.

**Keywords:** Air Pollution, Heavy Metal Pollution, School Garden, Moss

<sup>1</sup>Giresun University/ Department of Mathematics and Science Education,

## 1. Giriş

Hava kirliliği, insanlığın en önemli çevre problemlerinden biri olarak karşımıza çıkarken, bu problemlerin en önemlilerinden birisi de ağır metallere aittir. Ağır metaller, çevreye doğal kaynaklar (Volkanik patlamalar, orman yangınları, okyanus kaynaklı tuzlar gibi) ve insan faaliyetleri sonucu oluşan kaynaklar (Demir çelik fabrikaları, petro kimya sanayii, gübre fabrikaları, trafik gibi) olmak üzere iki temel kaynaktan verilmektedir (U.S. Government, 2001) Markert, çevredeki ağır metallerin çoğunun insan kaynaklı olduğunu belirtmektedir (Markert, vd., 2003). Sanayileşme, şehirleşme, trafik, refah düzeyinin yükselmesi gibi etkenler çevreye daha fazla ağır metalin verilmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı; Dünyada nüfus yoğunluğu fazla olan bölgelerde havadaki ağır metallerin monitörlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

Doğal çevremizdeki en önemli sorunlardan birisi, endüstriden çevreye, ağır metal atıklarının atılmadan dışarıdır. Bu durum ağır metalleri, dirençleri, toksisite ve kalıcılıkları sebebiyle büyük bir endişe kaynağı haline getirmiştir (Mohyudin vd., 2022). Çevre kirleticileri iki ana kategoride toplanabilir, Organik ve İnorganikler olarak. Ağır metaller, kanserojen olmaları ve toksisiteye neden olmaları sebebiyle canlı organizmalar ve çevre üzerinde olumsuz bir etki oluştururlar. Bazı ağır metallerde müsaade edilen maksimum konsantrasyonları şunlardır: Arsenik: 0,05 mg/l, Kadmiyum: 0,005 mg/l, Kurşun: 0,015 mg/l, Cıva: 0,002 mg/l, Antimon: 0,006 mg/l (Rasheed ve ark., 2022)

Havadaki ağır metallerin takip edilmesi son yıllarda giderek artan bir şekilde önemi artmaktadır. Hava kirliliğinin ölçümü alet ve makinelerle gerçekleştirmek maliyetli bir iş olduğu için alternatif olarak biyomalzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bunların kullanılması ile yapılan biyoizleme Wolterbeek (2002) tarafından önerilmiştir. Karayosunlarının, yaprakları yapılarında kütikula ve epidermis tabakası olmaması, köksü yapılarının tutunduğu yüzeyden herhangi bir madde almaması ve havayı absorblaması gibi sebepler dolayısıyla bu tür biyoizleme çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Karayosunları bu özellikleri dolayısıyla kentsel kirlilik haritalarının çıkarılmasında da kullanılmaktadır (Wolterbeek, 2002).

Ülkemizdeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi çalışmaları şehir merkezleri, otoyol çevreleri, enerji santralleri, tarımsal alanlar ve bazı endüstriyel kuruluşların çevreleri üzerinde daha çok çalışılmıştır. Okullarda yapılan çalışmalarda ise genellikle iç ortam hava kalitesini ölçmek üzere yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmada; Giresun'daki bazı liselerin bahçelerinde bulunan karayosunları analiz edilerek, okulların havasının ağır metal kirliliği açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Okul bahçelerinden alınan karayosunu örnekleri ICP-MS cihazında analiz edilmiş ve sonucunda; Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Pb gibi ağır metaller belirlenmiş ve okulun bulunduğu bölgenin hava kalitesi ağır metal kirliliği açısından değerlendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada kara yosunu numunesi alınacak liseler belirlenmiştir. Bu kapsamda Giresun Merkez ilçesine bağlı Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi, Giresun Lisesi, 125. Yıl Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Atatürk Lisesi ve Giresun Kale Mesleki ve Teknik Lisesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanını gösteren harita Şekil 1'de sunulmuştur. Zechmeister ve

arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> 'lerin karayosunlarının klorofillerini parçaladıkları için hava kirliliği olan bölgelerde karayosunlarının çok fazla bulunmadığını göstermişlerdir (Zechmeister, vd., 2005).

## 2.2. Örnekleme ve Hazırlama

26-27 Ağustos 2024 tarihlerinde arazi çalışmaları yapılmış, karayosunu numuneleri toplanmıştır. Toplanan numuneler buzdolabı poşetlerine alınmış ve substratum, Lokalizasyon, Yükseklik, konum, tarih gibi bilgileri not edilmiştir. Toplanan numuneler laboratuvara getirilmiş, gerekli temizlikleri yapılmış ve tür tayini yapmak amacıyla mikroskopik ve makroskopik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Karayosunlarının tür teşhislerini yapmak için, The Moss Flora Britain and Ireland (Smith, 2004), Die Moos-und Farnpflanzen Europas (Frey, vd., 1985), Flora dei Muschi D'Italia (Pedrotti, 2001), İntroduction to Bryolgy (Schofield, W.B., 1985) gibi Flora kitaplarından yararlanılmıştır. Tür teşhislerinin sonuçları Tablo 1'de verilmektedir. Daha sonra karayosunu numuneleri ağır metal analizlerinin yapılması amacıyla Sinop Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarındaki ICP-MS spektrometre cihazına gönderilmiştir.

## 2.3. Inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS) analizleri

2 ml hidrojen peroksit ve 6 ml nitrik asit karıştırılıp üzerine 1 gr numune ekleyerek mikrodalgada çözüldü (CEM MARSX, 240/50, USA). Elde edilen tortu 10 ml saf suyla seyreltildi (Turkmen ve Dura, 2016). Analiz yapmadan önce numuneler 0.45 µm'lik filtrelerden geçirilerek ve kalibrasyon standartları multi element standart'larına göre hazırlandı. (Merck, Darmstadt, Almanya). Geri kazanım yüzdesi Ni için 93, Cu için 104, Cr için 113, Zn için 102, Cd için 91 ve Pn için 115. Örnekler, mgkg<sup>-1</sup> yaş ağırlık olarak bir ICP-MS(BRUKER 820-MS, Almanya) yukarıdaki işlemler tekrar edilerek örnekler 3 kez analiz edildi (Turkmen ve Dura, 2016). Bu ICP-MS cihazının çalışma şartları Tablo 2'de verilmektedir. Tablo 4'te, mevcut çalışmada elde edilmiş sonuçların bazı Avrupa ülkelerinde daha önce yapılmış çalışmalarla kıyaslaması görülmektedir. Buna göre;

## 3. Bulgular

Tablo 3'te, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb'un ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 7033.02, 39.21, 18.32, 464.93, 11776.59, 3.37, 10.53, 34.70, 96.1 ve 36.16 mg.kg<sup>-1</sup>'dir. Kontrol bölgesi numunelerinin konsantrasyonları, çalışma alanı konsantrasyonlarından oldukça düşük olduğu görülmektedir. V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn ve Pb'nin en yüksek konsantrasyonları bizim ülkemizde tespit edilmiştir.

## 4. Tartışma

Ağır metal kirliliği ve partikül büyüklüğü bakımından araç trafiği önemli bir kirlenici kaynaktır (Thorpe ve Harrison, 2008). Araçlardan çevreye verilen ağır metallerin kaynağı, petrol yakıtları, dizel motorlar, lastik kaplamaları, fren balataları, yüzey aşınması gibi sebeplerdir.

Ayrıca, trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin önemli bir sebebi de trafikteki dur-kalk hareketidir. Dur-Kalk hareketiyle arabaların fren balatalarından çevreye verilen Cu 5 kat ve Pb 9 kat artmaktadır (Westerlund ve Johansson, 2002).

Okul bahçelerindeki karayosunlarının ağır metal konsantrasyonları, kontrol bölgesindeki karayosunlarının, ağır metal konsantrasyonlarının hepsinden daha yüksektir. Bu sonucun temeli şehirleşme, trafik yoğunluğu, araç sayısı, nüfus gibi sebeplerdir. Çevredeki kurşunun ana kaynağı araçlarda kullanılan kurşunlu benzindir. Kurşun; çocukların zeka gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve yetişkinlerde de kardiyovasküler sistem hastalıklarına sebep olmaktadır (Communities of the European Commission, 2002). Trafikle ilişkili olan Bakır ve Çinko, araba frenlerinden ve lastiklerinden çevreye verilmektedir (Zechmeister, vd.,2005, Hulskotte, vd., 2007).

Garg ve arkadaşlarının 2000 yılında yaptıkları çalışmada da; Cu, Zn ve Co'ın çevreye arabalar ve kamyonlar tarafından verildiği belirtilmektedir. Krom, Mangan,, Demir, Nikel gibi elementler de aynı zamanda yer kabuğunda da bulunmaktadır. İnsanlar, ağır metallerle içiçe yaşamaktadırlar. Kobalt'ın akut toksisitesi, akciğerleri etkilemektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı da, Kobalt ve Krom'un insanlarda kanserojen olduğunu belirtmektedir (IARC, 1993). Krom, havadan yüksek oranda solunduğunda Akciğerlerde, midede ve bağırsaklarda hasara neden olmaktadır. Nikel ayrıca insanlarda alerjik reaksiyonlara sebep olduğu bilinmektedir. Bütün bu ağır metaller çevreye, gübre, endüstriyel atıklar, oto egzostları ve araç akaryakıtlarından verilmektedir (Koz, vd., 2008).

Mevcut sonuçlar Tablo 4'te Literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Tablo 4'te de görüldüğü gibi Avrupa'daki çalışmalarla kıyaslandığında bizim elde ettiğimiz sonuçların oldukça yüksek olduğu aşıkardır. Bu sonuçlar Türkiye'de önemli çevre problemleri olduğunu göstermektedir ve çevreyi koruma konusunda daha fazla önlem alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de, 2007 yılından sonra kurşunlu benzin kullanımı yasaklanınca, daha sonra yapılan çalışmalarda görüldü ki; kurşun konsantrasyonlarında önemli bir düşüş olmuştur (<http://www.ekonomihaber7.com>; 8.Mart.2018)). Kurşun kirliliği insan nüfusu, şehirleşme ve araç sayısı ile ilişkili olup, hem çocuklar da hem de yetişkinlerde sinir sistemi üzerine etkileri vardır. Aşırı kurşuna maruz kalan çocukların beyin ve böbreklerinde hasar oluşurken yetişkinlerde böyle bir durum ölümle sonuçlanabilmektedir (ATSDR, 2003).

Vanadyum, beyin bariyerlerini ve kan damarlarını geçebilme yeteneğine sahiptir. Nefesle alındıktan sonraki toxisite de, yeşil renkli bir dil, ishal ve kramplar görülmektedir (Mukherjee, vd., 2004). Krom'un eksikliği kardiyovasküler hastalıklara sebep olabilirken aynı zamanda karbonhidrat ve lipid metabolizmasının temel elementidir (World Health Organization, 1988). Çalışılan ortamlarda aşırı derece de Mangan'a maruz kalmak, mongolizm ve nörolojik hastalıklara sebep olabildiğini belirtmektedir Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, 1980).

Kadmiyum da insan faaliyetleri sonucunda çevreye verilen bir ağır metaldir. Aşırı Bakır'a maruz kalmaktan dolayı oluşan toxisite oldukça nadir görülmektedir, bununla birlikte gastrointestinal problemlere öncülük edebilmektedir (World Health Organization, 1992).

Nikel, Üreaz ve bazı enzimlerin kofaktörü olmasına rağmen, aşırı Nikel'e maruz kalındığında gelişimin yavaşlaması ve anemi gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir (World Health Organization, 1991).

Aşırı çinko çevre kirliliğine sebep olur ve aşırı Çinko'ya maruz kalındığında; Bulantı, kusma, ishal, uyuşukluk, ateş gibi belirtiler görülür (World Health Organization, 2001).

Ozaki ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada araçlardan çevreye Zn, Cd, Ni gibi ağır metallerin verildiğini göstermişlerdir (Ozaki vd., 2004).

Vanderpoorten ve goffinet (Vanderpoorten ve Goffinet, 2009) yapmış oldukları çalışmada, Briyofitlerin çevresel koşullara bağlı olarak morfolojik karakterlerinde değişiklikler olabileceğini belirtmişlerdir. Bu değişikliğin nedenleri arasında, yaprak yüzey alanı, karayosunlarının morfolojik ve anatomik yapısı, rüzgar yönü, element konsantrasyonları ve havadaki nem gibi faktörler sayılabilir (Koz vd., 2008).

Otistik çocuklarda ki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olması, çinko ve manganez gibi besinlerle alımının az olması gibi sebepler otizmin artmasında etkili olduğunu düşündürmektedir. Özellikle gelişen çocuklarda ağır metal birikimi ve beslenmeye bağlı mineral noksanlıklarının bir arada görülmesi beyin gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Otizm gelişiminin anne karnında başladığını bazı uzmanlar düşünürken ve gebelik döneminde maruz kalınan ağır metallerin bu süreci etkilediğine inanmaktadırlar. Bu durum ile alakalı yapılan bir çalışmada bebek dişlerinde yüksek oranda ağır metal tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, otistik çocukların dişlerinde çinko ve manganez miktarları oldukça düşük belirlenmiştir (www.synevo.com.tr/20.10.2024).

On yıl kadar önce otizm vakalarında yedi kat artış olmuş ve bu durum araştırmacıların dikkati ağır metal içeren tarım ilaçları, PCB, hava kirliliği, antibakteriyel sabunlar gibi kimyasallara yöneltti. Çocukların, beslenme şekli, elektromanyetik dalgalar, antibiyotikler, D vitamini eksik olması gibi bir çok neden ile otizm arasında bağlantı var mı yok mu araştırılmaktadır. Muhtemelen birçok faktörün bir araya gelmesi otizme tetikleyebilmektedir. (www.synevo.com.tr/20.10.2024).

## 5. Sonuç ve Öneriler

Okul bahçelerinden toplanan karayosunu numunelerinde ağır metal konsantrasyonlarının, trafik yoğunluğundan ve insan kaynaklı kirlilikten uzak olan kontrol bölgesine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, trafik kaynaklı ağır metallerin okul havasında oldukça yoğun olduğunu göstermiştir. Okulların yapılacağı yerler belirlenirken, trafik kaynaklı ağır metaller de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yollar ile okul bahçeleri arasında ağaç bariyerleri oluşturulmalıdır.

Son olarak, karayosunları çevredeki ağır metallerin belirlenmesinde önemli indikatör bitkilerdir.

## KAYNAKÇA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2003. Division of Toxicology, Clifton Road, NE, Atlanta, GA, available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>.

Communities of the European Commission, 2002. Commission Regulation (EC) 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) No.466/2002 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official journal of the European Communities. Brussels, 6 February 2002; 2008.

Frey, W., Frahm, J. P., Fischer, E., Lobin, W. Die Moosund Farnpflanzen Europas. Stuttgart: G. Fischer; 1985.

Garg, B.D., Cadle, S.H., Mulawa, P.A., Groblicki, P.J., Laroo, C. and Parr, G.A., 2000. Brake wear particulate matter emissions. *Environmental Science Technology*, 34; 4463-4469.

Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Ruhling, A., 2007. Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe between 1990 and 2000. *Atmospheric Environment*, 41; 6673-6687.

Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Ruhling, A., 2008. Temporal trends (1990-2000) in the concentration of cadmium, lead, and mercury in mosses across Europa. *Environmental Pollution*, 151; 368-376.

<http://www.ekonomihaber7.com> (8.Mart.2018)

[http://www.synevo.com.tr/Agir-Metaller-ve-Mineral-Noksanliklari-Otizm\(20.Ekim.2024\)](http://www.synevo.com.tr/Agir-Metaller-ve-Mineral-Noksanliklari-Otizm(20.Ekim.2024))

Hulskotte, J.H.J., Denier van der Gon, H.A.C., Visschedijk, A.J.H., Schaap, M., 2007. Brake wear from vehicles as an important source of diffuse copper pollution. *Water Science & Technology*, 56; 223-231.

IARC., 1993. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 58, Lyon, France.

Koz. B., Cevik, U., Ozdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gundogdu, A., Celik, N., 2008. Analysis of Mosses along Sarp-Samsun Highway in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 1-2, 646-654.

Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. *Bioindicators&Biomonitoring, Principles, Concepts and Applications*. London, 334; 2003.

Mohyudin, S., Farooq, R., Jubeen, F., Rasheed, T., 2022. Microbial fuel cells a state of the art technology for wastewater treatment and bioelectricity generation. *Environmental Research*, 204, 112387.

Mukherjee, B., Patra, B., Mahapatra, S., Banerjee, P., Tiwari, A., Chatterjee, M., 2004. Vanadium-An element of atypical biological significance. *Toxicology Letters*, 150; 135-143.

Ozaki, H., Watanabe, I., Kuno, K., 2004. Investigation of the heavy metal sources in relation to automobiles. *Water, Air&Soil Pollution*, 157; 209-223.

Pedrotti, C. C. *Flora Dei Muschi D'Italia*. Rome: Antonia Delfino Editore; 2001.



Rasheed, T., Shafi, S., Ali, J., Sher, F., Rizwan, K., Khan, S., 2022. Recent advances in chemically and biologically synthesized nanostructures for calorimetric detection of heavy metal. *Journal of King Saud University-Science*, 34, 101745.

Schofield, W.B., *Introduction to Bryology*. New Jersey, 1985.

Smith, A. J. E. *The moss flora of Britain and Ireland*. Edinburgh: Cambridge University Press; 2004.

Thorpe A., Harrison, R.M., 2008. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review, *Science of the Total Environment*, 400; 270-282.

Turkmen.M., Dura, N., 2016. Assessment of heavy metal concentrations in fish from south western black sea. *Indian Journal of Geo Marine Science*, 45(11); 1552-1559.

U.S. Government. *Control of emissions of hazardous air pollutants from mobile sources; final rule*. Federal register 40, CFR parts 80 and 86. US Government Printing Office, Washington, DC; 2001.

Westerlund, K.G., Johansson, C. Emissions of metals and particulate matter due to wear of brake linings in Stockholm. In: Brebbia, C.A., Martin-Duque, J.F.(Eds), *Air Pollution X*. WIT Press, Southampton, pp793-802; 2002.

World Health Organization. *Environmental Health Criteria 58- Chromium*. Geneva: WHO; 1988a.

World Health Organization. *Environmental Health Criteria-Manganese*. Geneva: WHO; 1980b

World Health Organization. *Environmental Health Criteria- Cadmium*. Geneva: WHO; 1992

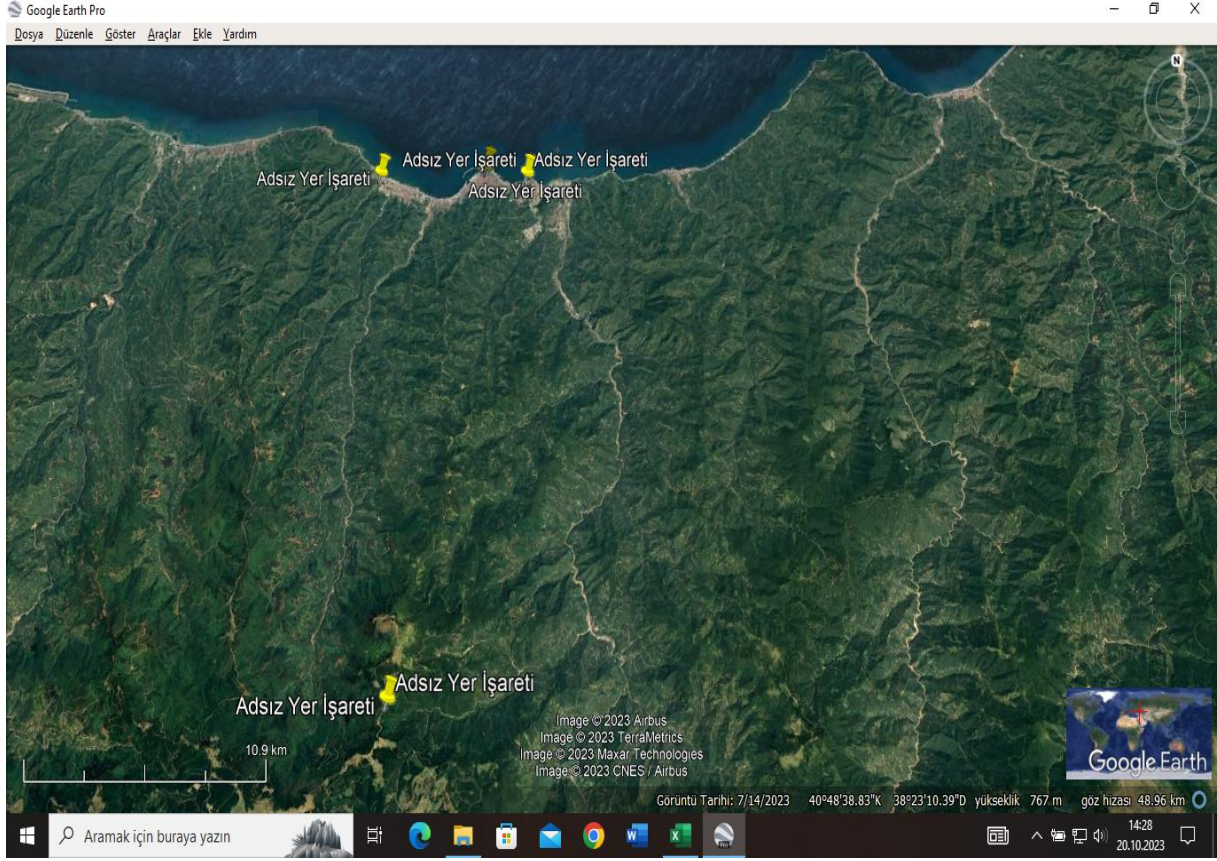
World Health Organization. *Environmental Health Criteria- Nickel*. Geneva: WHO; 1991a

World Health Organization. *Environmental Health Criteria- Zinc*. Geneva: WHO; 2001a

Vanderpoorten, A., Goffinet, B. *Introduction to bryophytes*. New York: Cambridge University Press; 2009.

Wolterbeek, B., 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution*, 120 (1); 11–21.

Zechmeister, H.G., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Illnar, A., 2005. Estimation of element deposition derived from roadtraffic sources by using mosses. *Environmental Pollution*, 138; 238-249.



Şekil 1. Çalışma Bölgesi Haritası

**Tablo 1.** Çalışma alanı istasyonları ve Karayosunu Türleri.

Örnek Numarası	Lokasyon	Karayosunu Türleri
1	Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,
2	Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi	<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.)B,S,G,
3	Giresun Lisesi	<i>Plagiothecium elegans</i> (Brid.)Z. Iwats.
4	Giresun Lisesi	<i>Tortella fragilis</i> (Hook & Wilson) Limpr.
5	125. Yıl Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.)Schimp.
6	125. Yıl Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	<i>Tortella fragilis</i> (Hook & Wilson) Limpr.
7	Atatürk Lisesi	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G
8	Atatürk Lisesi	<i>Tortula muralis</i> Hedw.
9	Giresun Kale Mesleki ve Teknik Lisesi	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,
10	Giresun Kale Mesleki ve Teknik Lisesi	<i>Hypnum resupinatum</i> Tayl,
11	Kulakya Yaylası-Kontrol bölgesi	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.
12	Kulakya Yaylası-Kontrol bölgesi	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,

**Tablo 2.** ICP-MS çalışma koşulları ve ayarları.

Parameters	Settings	Parameters	Settings
Plasma flow	18.0 (l/min)	Corner lens	-193 (volt)
Auxiliary flow	1.80 (l/min)	Left mirror lens	45 (volt)
Nebulizer flow	0.90 (l/min)	Right mirror lens	33 (volt)
Sheath gas	0.15 (l/min)	Bottom mirror lens	38 (volt)
CRI gas He	160 (ml/min)	Entrance lens	-1 (volt)
CRI gas H2	100 (ml/min)	Fringe bias	2.5 (volt)
RF power	1.40 (kW)	Entrance plate	-39 (volt)
Sampling depth	6.5 (mm)	Pole bias	0 (volt)
Pump rate	4 (rpm)	Scan mode	Peak hopping
Stabilization delay	15 (s)	Dwell time	20 (ms)
Spray chamber	3 (°C)	Points per peak	1
First extraction lens	-1 (volt)	Scans/Replicate	50
Second extraction lens	-180 (volt)	Replicates/Sample	3
Third extraction lens	-226 (volt)		

**Tablo 3.** Karayosunlarındaki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).

Örnek numarası	Al (mg/kg)	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	12283,5				17578,4					
2	54,27	13,54	528,06	3	6,42	14,66	43,18	129,66	34,09	
2	10319,6	80,94	19,64	936,65	6	2,08	17,46	46,71	180,43	53,37
3	9817,09	82,30	16,87	757,12	2	7,82	12,00	51,53	119,70	56,84
4	4735,32	26,15	17,61	157,79	7384,98	4,05	5,56	33,01	19,85	41,65
5	6375,90	24,26	11,90	123,14	8926,65	N,D,	13,21	51,07	157,58	44,89
6	9698,86	46,82	23,21	156,38	15206,0	0	4,02	14,16	56,40	143,63
7	10806,8	54,13	22,22	516,04	17135,7	9	6,05	11,32	48,88	103,47
8	4590,90	26,21	17,55	112,72	6012,60	3,87	4,44	22,92	89,84	44,37
9	8358,22	31,62	41,15	380,37	11861,6	4	2,93	13,88	35,90	79,69
10	1632,14	23,86	23,77	1010,2	1780,83	N,D,	8,81	10,71	49,77	13,70
11	1532,14	5,86	3,77	310,25	1740,83	1,33	4,81	7,71	29,77	11,70
12	4245,71	14,15	8,69	590,41	2374,05	1,93	6,09	8,49	49,81	13,11
Ortalama	7033,02	39,21	18,32	464,93	11776,5	3,37	10,53	34,70	96,1	36,16
Max,- Min Değerler	12283,5 2- 1532,14	82,30- 5,86	41,15- 3,77	1010,2 5- 112,72	26515,6 6- 1740,83	7,82-0	17,46- 4,44	56,4- 7,71	180,43 -19,85	57,84- 11,7

N,D,= Dedekte edilmeyenler

**Tablo 4.** Literatürdeki bilgilerle mevcut çalışmanın elementel konsantrasyon sonuçlarının kıyaslanması (mg/kg),

	V(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Cr(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Mn(mg/kg) (Harm ens vd., 2007)	Fe(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Co(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Ni(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Cu(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Zn(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Cd(mg/kg) (Har mens vd., 2007)	Pb(mg/kg) (Har mens vd., 2008)	Yıl	Kaynaklar
Finlandiya	3,36	1,47		357		1,70	5,07	35,9	0,26	9,9	1990	(Har mens vd., 2007)
Finlandiya	1,24	1,06		210		1,38	3,38	27,6	0,12	3,0	2000	(Har mens vd., 2007)
Fransa	2,89	1,69		654		2,30	6,40	40,4	0,20	5,7	2000	(Har mens vd., 2007)
Almanya	1,06	0,91		343		1,13	7,14	41,0	0,21	4,6	2000	(Har mens vd., 2007)
Romanya	7,99	8,46		2518		3,35	21,56	79,6	0,46	14,4	2000	(Har mens vd., 2007)
Sarp-Samsun otolyolu		52,2	790,5	40090	11,6	17,2	267,5	175,5	0	39,1	2008	(Koz vd., 2008)
Giresun Lise Bahçeleri	39,21	18,32	464,93	11776,59	3,37	10,53	34,70	96,1		36,16	2024	Mevcut çalışma

## TABAN KÜLÜNÜN TOPRAK İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**SERCAN YAKIN**

Çukurova Üniversitesi

srcnykn@gmail.com - 0000-0001-9765-3304

**Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU**

Çukurova Üniversitesi

zeynepzaimoglu6@gmail.com - 0000-0002-9573-4781

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, termik santrallerden atık olarak çıkan taban külünün kullanım dışı kalmış killi toprakların dokusunda düzelme, İtalyan çimi bitkisi yetiştirmeye uygun hale getirilmesiyle birlikte, taban külünü doğaya tekrar kazandırılması ve iklim değişikliği ile mücadelede yutak alanlar olarak kullanılabilir hale getirmektir. Çalışmada 3 tekerrürlü saksı denemesinde laboratuvar koşullarında kil tekstürlü toprak ile taban külü 3 farklı dozda (%50 killi toprak-%50 taban külü, %75 killi toprak-%25 taban külü ve %90 killi toprak-%10 taban külü) karıştırılmıştır. Aynı zamanda %100 toprak, %100 taban külü ve %100 torf denemeleri de yapılmıştır.

Denemede kullanılan taban külü; Adana İli, Yumurtalık İlçesi'nde bulunan İşken Sugözü Termik Santralinde kömürün yanması sonucunda kazan tabanına düşen materyaldir. Deneme gruplarında yetiştirilen İtalyan çiminin başak uzunluğu hariç diğer bitkisel parametreler ile birlikte pH ve elektriksel iletkenlik değerleri istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0.05$ ) farklar yarattığı belirlenmiştir. Yetiştirme ortamına %50, %25 ve %10 taban külü eklenen tuzluluk oranları normal düzeydedir. Taban külü ilavesi yapılan yetiştirme ortamlarında makro besin elementlerinden Ca ve Mg elementlerinin bitkiye geçişinin daha yüksek olduğu, N elementinin ise “yeterli” ve “fazla” miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir. %100 taban külü uygulaması haricinde bitki içerisinde Si miktarı normal düzeyde olmakla birlikte Al içeriği ise tüm denemeler için normal seviyededir.

Sonuç olarak, istatistiksel analizlere ve önceki çalışmalar doğrultusunda %100 kül uygulaması haricinde killi toprağa kontrollü olarak taban külü uygulanması toprak için faydalı bir gelişim göstermiştir. Ayrıca, çevre kirliliği oluşturabilecek bir materyal ile kullanım dışı kalmış alanların yeniden kullanımı konusunda olumlu bir sonuç elde edilmiştir

**Anahtar Kelimeler:** Taban Külü, toprak iyileştirme, yeniden kullanım ve çevre kirliliği

## 1. GİRİŞ

Türkiye'nin kömür rezervleri ve üretim kapasitesi üzerine detaylı bir inceleme yapılmaktadır. Türkiye, linyit rezervleri bakımından dünya genelinde orta sıralarda yer almakta olup, dünya linyit ve alt bitümlü kömür rezervlerinin %3,2'sine sahiptir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018). Ancak, Türkiye'de çıkarılan linyitlerin düşük ısıl değeri nedeniyle, bu kaynakların termik santrallerde enerji üretimi için kullanımı yaygındır. Türkiye'de kömürle çalışan santrallerin kurulu gücü 2018 yılında 18.997 MW'a ulaşmış olup, bu güç toplam elektrik üretim kapasitesinin %21,5'ini oluşturmaktadır. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 10.203 MW (%11,5), ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 8.794 MW (%10) olarak rapor edilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Paris Anlaşması'nın hızlandırdığı "kömürden çıkış" gündemi, dünya genelinde kömür kullanımına sınırlamalar getirilmesi taleplerini artırsa da, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok ülke henüz kömür üretimi ve kullanımına net bir kısıtlama getirmemiştir. Aksine, Türkiye'de kömür üretimi ve tüketimi, özellikle linyit kömürü kullanımı ve termik santrallerdeki enerji talebi nedeniyle her geçen yıl artmaktadır (TKİ, 2016). Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nun (TKİ) verilerine göre, dünya genelinde elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı kömürden sağlanmakta olup, bu oran ülkeden ülkeye büyük farklılık göstermektedir. Örneğin, ABD'de %53, Almanya'da %53, Çin'de %75, Polonya'da ise %95 gibi yüksek oranlarda elektrik kömür kaynaklı olarak üretilmektedir. Türkiye'de ise bu oran %32'dir.

Kömürle çalışan termik santrallerin yoğun kullanımı, enerji üretimi sırasında büyük miktarda atık ve kül üretimine neden olmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018 yılı verilerine göre, Türkiye'de faaliyet gösteren 61 termik santralden toplamda 26,1 milyon ton atık üretilmiş, bu atıkların 14 bin tonu tehlikeli atık olarak sınıflandırılmıştır. Santral atıkları arasında en büyük payı %89,2 oranında cüruf ve kül atıkları oluşturmaktadır olup, bu atıkların %87,5'i düzenli depolama alanlarında bertaraf edilmekte, %12,4'ü lisanslı atık işleme tesislerine gönderilmekte ve maden sahalarında geri dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Külün kalan %0,1'i ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmektedir (TÜİK, 2018).

Linyit kömürü tüketiminin yıllık ortalama %20'sinin kül atığına dönüştüğü göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'de termik santrallerde yakılan kömürlerden yılda yaklaşık 3,4 milyon ton kül atığı üretilmektedir (Yılmaz, 2015). Bu atık miktarı, hacimsel olarak yılda 5,9 milyon metreküp bir alan kaplamaktadır. Kömür atıklarının düzensiz bir şekilde doğaya bırakılması veya vahşi depolama yöntemleri, ciddi çevresel tahribata neden olmakta ve tarıma elverişli arazilerin kullanım dışı kalmasına yol açmaktadır.

Kömür kaynaklı bu çevresel etkiler, özellikle uçucu ve taban küllerinin farklı alanlarda değerlendirilmesi gerektiğini gündeme getirmiştir. Literatürde bu küllerin tarımsal amaçlarla kullanılması üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, uçucu ve taban küllerinin tarımsal alanlarda kullanılarak toprak verimliliğinin artırabileceğini ve tarımsal verim üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermektedir (Das ve ark., 2000). Uçucu ve taban küllerinin kullanımı, toprak yapısının iyileştirilmesi, kil içerikli toprakların dokusunun düzeltilmesi ve toprak bünyesindeki mikro ve makro besin elementlerinin konsantrasyonunun artmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu atıkların, azot dışı kimyasal gübre kullanımını azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlayabileceği belirtilmiştir (Adriano ve ark., 1980).

Türkiye'de termik santrallerden çıkan uçucu ve taban küllerinin çeşitli sektörlerde kullanımı halihazırda sınırlı olmakla birlikte, bu atıkların %80'inden fazlası vahşi depolama yöntemleriyle doğrudan çevreye bırakılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kullanım dışı kalmış kil tekstürlü toprakların İtalyan çimi yetiştirilmesine uygun hale getirilmesi ve bu toprakların çevreye yeniden kazandırılmasıdır. Termik santrallerden çıkan taban külü kullanılarak yapılan

çalışmalar, bu materyalin tarımsal ıslah amacıyla kullanılabilceğini ve toprak dokusunu iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan materyaller ve deneysel yöntemler laboratuvar ortamında gerçekleştirilen 3 tekerrürlü saksı denemeleri ile belirlenmiştir. Denede, kil tekstürlü toprak ve taban külü üç farklı dozda karıştırılarak kullanılmıştır. Ayrıca, %100 toprak, %100 taban külü ve %100 torf karışımları da kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Denede kullanılan taban külü, Adana İli, Yumurtalık İlçesi'nde yer alan İsken Sugözü Termik Santrali'nden elde edilen, kömürün yanması sonucunda kazan tabanına düşen materyaldir. Denemelerde kullanılan kil tekstürlü toprak, Adana İli, Yumurtalık İlçesi, Sugözü Köyü Mevkii'nden (36.84486114047236, 35.880012555582844 koordinatları) alınmıştır. Ayrıca, denemelerde organik bir bitki yetiştirme toprağı olan torf kullanılmıştır. Bitki materyali olarak, hemen her toprak tipinde yetişebilen, tuzluluğa dayanıklı ve 5.0 ile 7.8 pH aralığında iyi gelişim gösteren İtalyan çimi (*Lolium multiflorum*) seçilmiştir.

#### 2.1.2. Toprağın Özellikleri

Denemelerde kullanılan toprak örneğı, Adana İli Yumurtalık İlçesi'nden temin edilmiştir. Bu toprak, Çukurova Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, toprak killi yapıya sahip, orta alkali (pH değeri yaklaşık 7.8), tuzsuz ve yüksek kireç içeriğı bulunan bir topraktır. Yarayışlı fosfor (P2O5) konsantrasyonu düşük bulunmuştur. Bu toprak özellikleri, deneylerde kullanılan bitkilerin gelişim performansını etkileyen önemli faktörlerden biridir.

### 2.2. Yöntem

Deneysel çalışmada, farklı dozlarda kül-toprak karışımlarının İtalyan çimi üzerindeki etkilerini incelemek için 3 tekerrürlü bir saksı denemesi tasarlanmıştır. Saksılarda farklı karışım oranlarında kül-toprak ve torf karışımları hazırlanmış ve her bir karışım grubuna İtalyan çimi

(*Lolium multiflorum*) ekilmiştir. Denemeler, laboratuvar ortamında sabit sıcaklık ve nem koşullarında yürütülmüştür.

### 2.2.1. Saksı Denemesi

Deneyde kullanılan saksılar, her biri aynı hacimde olacak şekilde hazırlanmış ve kil tekstürlü toprak, taban külü ve torf karışımlarıyla doldurulmuştur. Karışımlar şu şekilde belirlenmiştir:

- Kontrol Grubu: %100 toprak, %100 kül ve %100 torf
- Deney Grupları: Toprak ve kül karışımı üç farklı dozda (%10, %25, %50 kül oranları) hazırlanmıştır. Her bir saksıya belirlenen miktarda İtalyan çimi tohumları ekilmiş ve aynı miktarda su verilmiştir. Saksılarda tohumların filizlenme süreci, bitki gelişimi ve yeşil alan oranları periyodik olarak gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

### 2.2.2. Analiz Yöntemleri

Deneme süresi sonunda, her bir saksı grubunda yetişen İtalyan çimi örnekleri hasat edilmiştir. Bitki örneklerinin kuru ağırlıkları, protein miktarı ve bitki besin elementleri analiz edilmiştir. Ayrıca, kül-toprak karışımlarının ağır metal içeriği ve toprak özellikleri de incelenmiştir. Bitki örnekleri Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında incelenerek toplam protein ve besin elementleri açısından değerlendirilmiştir. Ağır metal analizleri için İnduktif Eşleşmiş Plazma (ICP) cihazı kullanılmıştır.

Tüm bu yöntemlerle elde edilen veriler, taban külü ve kil tekstürlü toprak karışımlarının İtalyan çimi üzerindeki etkilerini belirlemek için istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Deneysel veriler, ANOVA ve Tukey testi kullanılarak analiz edilmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Taban külü, termik santrallerde kömürün yanması sonucu ortaya çıkan ve genellikle çevreye büyük ölçüde zarar veren bir yan üründür. Doğrudan doğaya bırakıldığında ya da vahşi depolama yöntemleri ile biriktirildiğinde, tarıma elverişli alanları istila ederek verimli toprakların kullanımını engeller ve geniş araziler üzerinde çevre tahribatına neden olur. Bu çalışmada, taban külünün tarım toprağına belirli oranlarda karıştırılarak toprak düzenleyicisi olarak kullanılmasının potansiyel faydaları araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, külün kontrollü dozlarda toprağına ilavesinin, çevreye olumsuz etkileri en aza indirerek tarımsal üretimde kullanılabilceğini göstermektedir.

Yapılan denemelerde, kil tekstürlü toprağına %10, %25 ve %50 oranlarında taban külü karıştırılmış ve her bir karışımda İtalyan çimi (*Lolium multiflorum*) yetiştirilmiştir. Ayrıca, %100 taban külü, %100 killi toprak ve %100 torf içeren farklı yetiştirme ortamları da



karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu farklı deneme gruplarında, bitki büyüme performansı ve toprağın fiziksel-kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, kül ilavesi yapılan topraklarda pH değerlerinde hafif bir azalma görülmüştür; ancak pH seviyeleri, bitki yetiştirmeyi engelleyecek kritik seviyelere ulaşmamıştır. Taban külü uygulaması, toprağın hafif alkali olmasına neden olmuş ve bu, tarımsal açıdan kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır.

Taban külünün elektriksel iletkenlik üzerindeki etkilerine bakıldığında, kül oranı arttıkça yetiştirme ortamındaki tuzluluk seviyesinin de arttığı gözlenmiştir. Ancak, İtalyan çiminin tuz toleransı yüksek olduğundan, deneme gruplarındaki elektriksel iletkenlik değerleri bitki büyümesi açısından kritik eşikleri aşmamıştır. Bitki gelişimi açısından potansiyel zararlı olabilecek yüksek tuzluluk, yalnızca %100 taban külü uygulanan gruplarda gözlemlenmiş ve bu durum bitki büyümesinde hafif bir gerilemeye yol açmıştır.

Çalışma sonuçları, taban külü uygulamalarının özellikle makro besin elementleri olan kalsiyum, magnezyum ve azot açısından olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. %10 ve %25 oranlarında taban külü ilave edilen topraklarda yetiştirilen İtalyan çimlerinin, %100 killi toprak ya da %100 torf ortamında yetiştirilen bitkilere kıyasla daha yüksek kalsiyum içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kül ilavesi ile birlikte magnezyum seviyeleri de genel olarak artış göstermiştir; ancak magnezyum seviyeleri, literatürde belirtilen düşük sınırların altında kalmıştır. Potasyum içeriği ise kül oranına bağlı olarak farklılık göstermiş ve en yüksek potasyum seviyeleri %100 killi toprak uygulamalarında bulunmuştur.

Topraktaki ve bitki bünyesindeki azot miktarlarına bakıldığında, özellikle %50 ve %90 kül içeren gruplarda azot oranlarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, bitkilerin daha iyi beslenmesine ve daha verimli büyümesine katkı sağlamıştır. Ancak %100 taban külü içeren ortamlar haricinde, genel olarak tüm yetiştirme ortamlarındaki azot seviyeleri tarımsal üretim açısından yeterli bulunmuştur.

Bitkilerin morfolojik özellikleri incelendiğinde, %10 ve %25 kül içeren topraklarda yetiştirilen İtalyan çimlerinin, sadece killi toprakta yetiştirilen bitkilere kıyasla daha uzun boylandığı gözlemlenmiştir. En kısa bitki boyları ise %100 taban külü içeren gruplarda tespit edilmiştir. Bu durum, yüksek tuzluluğun bitki büyümesini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte, yaprak sayısına bakıldığında, %25 ve %50 kül içeren topraklarda yetiştirilen bitkilerin yaprak sayılarının tamamen organik olan torf ortamında yetiştirilen bitkilere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kül uygulamalarının bitkilerin

yaş ağırlığı üzerindeki etkileri de incelenmiş ve kül oranı arttıkça bitki yaş ağırlıklarının da arttığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmada ayrıca, külün bitkilerdeki sodyum, alüminyum ve silisyum elementleri üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir. Kül oranı arttıkça bitkilerdeki sodyum içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir; ancak bu artış, bitkiler için kritik seviyelere ulaşmamıştır. Alüminyum içerikleri ise kül ilaveli gruplarda, sadece toprak ya da torf kullanılan ortamlara göre daha düşük bulunmuştur. Silisyum açısından ise, %100 taban külü uygulamaları haricinde, tüm deneme gruplarında silisyum seviyeleri bitki için yararlı sınırlar içinde kalmıştır.

Sonuç olarak, taban külünün tarımsal topraklarda düzenleyici olarak kullanılabileceği, kontrollü uygulamalarda çevresel zararı minimize edebileceği ve bitki gelişimini olumlu yönde etkileyebileceği görülmüştür. Bu çalışma, taban külünün geri kazanımı ile tarımsal alanların verimliliğinin artırılabilirliğini ve kullanım dışı kalan arazilerin yeniden tarıma kazandırılabilirliğini ortaya koymaktadır. Özellikle makro besin elementleri olan kalsiyum, magnezyum ve azot açısından zenginleşmiş yetiştirme ortamları yaratmak için taban külü uygulanması, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından dikkate değer bir potansiyel sunmaktadır. Taban külü, kontrollü koşullarda kullanıldığında hem çevresel atık sorununu hafifletmekte hem de tarımsal verimliliği artırarak sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır.

## KAYNAKÇA

Das R. K., Kumar V. ve Singh R. S., 2000. Impact of Fly Ash Pond Effluent On Selected Leguminous Plants. Ecology, Environment and Conservation, No:63-66

Adriano D. C. ve Weber J. T., 2001. Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Çim Kurulmasına Uçucu Külün Etkileri. Çevresel Kalite Dergisi J. Environ., 30: 596-601.

Adriano, D.C., Page, A.L., Elseewi, A.A., Chang, A.C., Straughan, I., 1980. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: a review. J. Environ. Qual. 9, 333–344

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU, 2019. Termik santraller 2018'de 26,1 milyon ton atık üretti. <https://www.enerjigunlugu.net/termik-santraller-2018de-261-milyon-ton-atik-uretti-35058h.htm> Erişim Tarihi 21 Aralık 2019

TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU, 2016. Kömür ve Getirdiği Çözümler. <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur/komur-teknolojileri/235>, Erişim Tarihi: 20 Aralık 2019.

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI, 2018. Kömür.  
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi: 20 Aralık  
2019.

## GÖRÜNMEYEN TEHDİT: KARBONDİOKSİT VE EŞDEĞER GAZLARIN HALK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ SESSİZ ETKİLERİ

**Nur Didem KEŞER**

Çukurova Üniversitesi

d.keser22@gmail.com - 0000-0002-4903-6333

**Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU**

Çukurova Üniversitesi

zeynepzaimoglu6@gmail.com - 0000-0002-9573-4781

### ÖZET

Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer sera gazları (metan [CH<sub>4</sub>], diazot monoksit [N<sub>2</sub>O] ve florlu gazlar), enerji üretimi, sanayi, tarım ve ulaşım gibi insan faaliyetleri sonucu hızla birikmektedir. Bu gazların atmosferdeki artışı, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olarak çevresel dengeleri bozmakta, bunun da halk sağlığı üzerinde çok yönlü etkileri bulunmaktadır. Küresel sıcaklıkların artması, daha sık ve şiddetli sıcak hava dalgalarına yol açarak ısıya bağlı ölümlerde ve kardiyovasküler hastalıklarda artışa neden olmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği, tarımsal üretim kapasitesini düşürerek gıda güvenliği sorunlarına yol açmakta ve su kaynaklarının azalmasıyla birlikte içme suyu kıtlıkları riskini artırmaktadır. Artan sıcaklıklar, bulaşıcı hastalıkların yayılma alanını genişletirken, hava kirliliği (özellikle ince partikül madde [PM<sub>2.5</sub>] ve ozon [O<sub>3</sub>]) solunum yolu hastalıklarının prevalansını artırmaktadır.

Bu çalışma, sera gazlarının kontrol altına alınmasının küresel sağlık için ne kadar kritik olduğunu ortaya koyarak, gelecekteki halk sağlığı stratejilerine ve sürdürülebilir kalkınma politikalarına rehberlik edecek bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Karbondioksit, sera gazları, halk sağlığı, iklim değişikliği, bulaşıcı hastalıklar

## 1. GİRİŞ

Atmosfer, az miktarda asal gazların yanı sıra çeşitli gazların bir karışımından oluşur. Ana bileşenleri arasında Azot (%78,08), Oksijen (%20,95) ve Argon (%0,93) bulunurken, daha düşük bir oranda yer alan Karbondioksit (%0,03) ise önemli bir sera gazıdır. Oksijen ve Karbondioksit gibi gazlar, atmosferde en yüksek ısı tutma kapasitesine sahip gazlardır. Atmosferin ışığı geçirgenliği ve ısıyı tutma yeteneği, yeryüzündeki suların sıcaklık dengesini koruyarak nehirlerin ve okyanusların donmasını engeller. Bu ısıyı hapsedici özellik "sera etkisi" olarak adlandırılır ve sera gazları doğal olarak oluşmalarına rağmen, insan faaliyetleri ile doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler [12].

Sanayi Devrimi'nin etkisiyle, 19. yüzyıl ortalarından itibaren fosil yakıtların artan kullanımı, hatalı arazi kullanımı ve mevcut arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma ve sanayileşme gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucunda atmosferde sera gazlarının konsantrasyonunun da belirgin bir artış meydana gelmiştir [ 36 ].

Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer sera gazlarındaki artışın halk sağlığı üzerinde derin etkileri vardır. Atmosferik CO<sub>2</sub> seviyeleri 2023'te 419,3 ppm'lik rekor bir seviyeye ulaşarak, esas olarak enerji için fosil yakıtların yakılmasına atfedilebilen önemli artışların yaşandığı on ikinci yıl oldu.[ 1 ][ 2 ]. Sera gazlarındaki bu artış, doğal sera etkisini artırarak, sağlık açısından geniş kapsamlı sonuçları olan küresel sıcaklık artışlarına yol açıyor[ 1 ].

### 1.1.Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerindeki Etkileri

Özellikle dezavantajlı topluluklarda hava kirliliğine maruz kalmanın çeşitli ruh sağlığı sorunları ve metabolik bozukluklarla bağlantılı olduğu görülmüştür[ 3 ].

Araştırmalar, yoğun trafiğe sahip yolların yakınında yaşayan çocukların, trafik kaynaklı hava kirliliği nedeniyle daha yüksek kaygı seviyeleri yaşadıklarını ve bu etkilerin daha düşük sosyoekonomik statüye (SES) sahip bireyler ve BIPOC toplulukları arasında daha belirgin olduğunu göstermektedir.[ 3 ]. Ayrıca, duman ve tehlikeli kimyasallar gibi kirlleticiler genellikle ani sağlık etkileriyle tanınırken, CO<sub>2</sub> de dahil olmak üzere iklim kirleticileri iklim değişikliğini şiddetlendirerek uzun vadeli sağlık sorunlarına katkıda bulunur. Bu, aşırı hava koşullarına ısıya bağlı artan bulaşıcı hastalıklara ve ölümlere neden olur[ 4 ][ 1 ].

### 1.2.Sera Gazı Bileşimi

Karbondioksit, ABD'nin toplam emisyonlarının yaklaşık %79'undan sorumlu olan en yaygın sera gazıdır, bunu %11'den fazlasını oluşturan metan takip eder[ 4 ]. Bu gazlardaki artış, fosil yakıtların yakılması ve endüstriyel süreçler gibi insan faaliyetleriyle ilişkilendirilebilir; bu faaliyetler, yıllık emisyonları 1960'larda yaklaşık 11 milyar tondan 2023'te tahmini 36,6 milyar tona çıkarmıştır.[ 1 ] Hidroflorokarbonlar ve kükürt heksaflorür gibi diğer endüstriyel gazlar, CO<sub>2</sub>'den binlerce kat daha fazla ısı tutma potansiyeline sahiptir ve atmosferde yüzlerce ila binlerce yıl kalabilir, bu da halk sağlığı manzarasını daha da karmaşık hale getirir.[ 13 ].

Bu artan sera gazı konsantrasyonlarının neden olduğu iklim değişikliği, yalnızca artan sıcaklıklar meselesi değildir; hava desenlerinde değişimlere, yaban hayatı için habitat kaybına

ve yükselen deniz seviyelerine yol açar. Bu faktörler toplu olarak gıda ve su kıtlığı, aşırı hava olayları nedeniyle yerinden edilme ve vektör kaynaklı hastalıkların artan görülme sıklığı gibi sağlık risklerine katkıda bulunur[ 1 ][ 2 ]Atmosferik değişiklikler ile halk sağlığı arasındaki karmaşık bağlantıları anlamak, bu etkileri azaltmayı amaçlayan etkili müdahaleler ve politikalar geliştirmek için önemlidir.

### **1.3.Sağlık Üzerindeki Etkilerin Genel Görünümü**

Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer sera gazlarının artışı, halk sağlığı üzerinde önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu gazlar, iklim değişikliğine katkıda bulunarak mevcut sağlık tehditlerini şiddetlendirir ve çeşitli yollarla yeni halk sağlığı sorunları yaratır. Bu durum, iklime duyarlı olaylar ve koşullar nedeniyle artan hastalık ve ölüm oranları gibi insan sağlığına doğrudan etkileri içerir[ 5 ][ 14 ].

### **1.4.İklim Değişikliği ve Sağlık Üzerindeki Etki Yolları**

İklim değişikliği, çevresel tehlikelere maruziyetteki değişiklikler yoluyla sağlık sonuçlarını etkileyebilir. Örneğin, sıcak hava dalgaları, fırtınalar ve seller gibi aşırı hava olayları, yaralanmalar ve ölümlerle sonuçlanabilen ani sağlık krizlerine neden olabilir. Ayrıca, iklim değişikliği gıda sistemlerini bozarak zoonotik hastalıklar, vektör kaynaklı hastalıklar ve ruh sağlığı sorunlarının yaygınlığını artırır; bu da genel sağlık ve refahı olumsuz yönde etkiler. [15], [16], [14]. Düşük gelirli topluluklar, kadınlar, çocuklar ve yaşlılar gibi kırılgan nüfus grupları, bu sağlık risklerinden orantısız biçimde etkilenmektedir. [14]

### **1.5.Solunum Rahatsızlıkları ve Hiperkapni**

Artan CO<sub>2</sub>'nin sağlığı etkilediği mekanizmalardan biri, kandaki aşırı karbondioksit birikimi ile karakterize edilen hiperkapniye yol açmasıdır. Bu durum baş dönmesi, yorgunluk ve nefes darlığı gibi belirtilere neden olabilir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve astım gibi kronik solunum rahatsızlıkları, artan CO<sub>2</sub> seviyeleri nedeniyle kötüleşebilir, bu da vücudun karbondioksiti etkili bir şekilde atma yetisini zayıflatabilir [17] [18].

### **1.6.Uzun Vadeli Sağlık Etkileri**

Artan CO<sub>2</sub> seviyelerinin uzun vadeli sağlık etkileri, büyük ölçüde toplumların kırılganlığı, dayanıklılığı ve sağlık hizmetlerine erişimlerine bağlıdır. İklim değişikliğine yetersiz uyum sağlanması, sağlık eşitsizliklerini artırabilir ve en savunmasız topluluklar en büyük zorluklarla karşı karşıya kalabilir. Bu nedenle, emisyonları azaltmak ve sağlık üzerindeki etkileri hafifletmek için dönüştürücü eylemlere duyulan ihtiyaç kritik bir önem taşımaktadır [14] [1].

## 1.7.Coğrafi Eşitsizlikler

Çevresel kirleticilere maruz kalma oranlarındaki eşitsizlikler, farklı coğrafi ve sosyoekonomik bölgelerde belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Çeşitli araştırmalar, düşük gelirli mahallelerin çevresel tehlikelerin, özellikle sanayi kaynaklı hava kirliliği ve araç emisyonlarının orantısız bir yükünü taşıdığını göstermektedir. Bu durum, bu toplulukların genellikle daha ucuz arazi ve iş gücü maliyetleri gibi ekonomik teşvikler nedeniyle bu tür kirlilik kaynaklarına yakın bölgelerde yer almasıyla ilişkilendirilmektedir [19] [3].

## 2.Farklılıklara Katkıda Bulunan Faktörler

### 2.1.Sosyoekonomik Statü

Araştırmalar, daha düşük sosyoekonomik statüye (SES) sahip toplulukların, daha zengin bölgelere kıyasla daha yüksek kriter hava kirleticisi konsantrasyonlarına maruz kaldığını sürekli olarak göstermektedir [8].

Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde, ağırlıklı olarak Siyah, Asyalı ve Hispanik ya da Latin kökenli nüfusun yaşadığı bölgeler, beyaz ve Yerli Amerikalı nüfusun yaşadığı bölgelere kıyasla sıklıkla daha yüksek ortalama partikül madde (PM2.5) seviyelerine maruz kalmaktadır [20].

Yıllar içinde hava kalitesinde yaşanan iyileşmelere rağmen, bu maruziyet eşitsizlikleri kalıcı olmaya devam etmektedir [20].

### 2.3.Kirlilik Kaynaklarının Konumu

Kirlilik kaynaklarının dezavantajlı toplulukların yakınına yerleştirilmesi, ırksal ve sınıfsal önyargılar ile ekonomik faktörler dahil olmak üzere birçok etkenden kaynaklanmaktadır. Düşük gelirli topluluklar genellikle tehlikeli atık tesisleri ve sanayi alanlarına yakın yerlerde bulunmakta ve bu durum, zararlı kirleticilere maruziyetlerini daha da artırmaktadır [9][3].

### 2.4.Küresel Eğilimler

Küresel olarak, çevresel eşitsizlik kalıpları farklılık gösterse de birçok bölgede, Kuzey Amerika'da gözlemlenen trendlere benzer eğilimler ortaya çıkmaktadır. Asya ve Afrika'daki çalışmalar, dezavantajlı grupların genellikle çevresel tehlikelere daha fazla maruz kaldığını göstermektedir; ancak bu bölgelerde kapsamlı araştırmalar sınırlı kalmaktadır [8][5]. Avrupa'da yapılan çalışmalar ise karma sonuçlar vermiş olup, sosyoekonomik faktörlerin çevresel sağlık sonuçlarını nasıl etkilediğine dair farklı bağlamlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir [8].

## 2.5.Kentsel-Kırsal Farklılıklar

Amerika Birleşik Devletleri nüfusunun yaklaşık %80'inin yaşadığı kentsel bölgeler, iklim değişikliğinin etkilerine, örneğin sıcak hava dalgaları ve şiddetli fırtınalara, özellikle hassastır. Bu durum, mevcut sağlık eşitsizliklerini daha da derinleştirmektedir [21]. Öte yandan kırsal topluluklar, solunum yolu hastalıkları için tedavinin gecikmesine neden olabilecek sınırlı sağlık hizmetleri ve kaynaklara erişim gibi kendine özgü zorluklarla karşı karşıya kalmakta, bu da bu popülasyonlarda daha yüksek ölüm oranlarına katkıda bulunmaktadır [22][23].

## 2.6.Halk Sağlığı Endişeleri

Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer sera gazlarının artışıyla tetiklenen iklim değişikliği, dünya genelinde önemli halk sağlığı sorunlarına neden olmaktadır. Büyük halk sağlığı örgütleri, iklim değişikliğini kritik bir sağlık sorunu olarak kabul etmekte ve mevcut hastalıkları kötüleştirme, ayrıca zararlı ve patojenlerin yeni bölgelere yayılmasını kolaylaştırma potansiyelini vurgulamaktadır [6].

Çocuklar, yaşlılar ve mevcut sağlık sorunları olanlar gibi savunmasız gruplar, iklimle ilgili sağlık etkilerinden kaynaklanan artan risklerle karşı karşıya kalmaktadır [6].

Belirli gruplar, iklim değişikliğinin sağlık etkilerine karşı özellikle hassastır. Bu gruplar arasında, solunum veya kardiyovasküler hastalıklar gibi mevcut sağlık sorunları olan bireyler ve meslekleri gereği uzun süre dışarıda vakit geçiren kişiler yer almaktadır. Halk sağlığı yetkilileri, toplulukların hassasiyetlerini değerlendirmek ve hedefe yönelik sağlık müdahale stratejileri geliştirmek için ulaşım, hava kalitesi ve sanayi ortaklarıyla iş birliği yapmaya teşvik edilmektedir [24].

İklim değişikliğinin ruh sağlığı üzerindeki etkileri, özellikle savunmasız gruplar arasında giderek daha fazla belgelenmektedir. Aşırı hava olaylarına doğrudan maruz kalma, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) gibi strese bağlı durumlara yol açabilir. Dolaylı olarak, azalan tarımsal verim gibi ekonomik ve sosyal bozulmalar da ruh sağlığı sorunlarını daha da kötüleştirebilir [25]. İklim krizinin farkında olmak, doğrudan etkilenmeyen bireyler arasında bile zihinsel sıkıntıya katkıda bulunabilir [26].

Hava kirliliği, iklim değişikliğinin önemli bir sonucu olarak, artan kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıkları oranlarıyla ilişkilidir. Aşırı sıcaklıklar ve kötü hava kalitesi daha yaygın hale geldikçe, astım ve kalp yetmezliği gibi rahatsızlıkların daha da kötüleşmesi beklenmektedir. Bu durum, özellikle mevcut sağlık sorunları olan bireyler için ciddi riskler taşımaktadır [6][27].

Ayrıca, iç mekanlardaki artan CO<sub>2</sub> seviyeleri, bilişsel bozukluklar ve diğer sağlık sendromlarına yol açabilir. Savunmasız grupları kronik maruziyetten korumak için daha fazla araştırma ve önleme stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır [28].



İklim değışikliği, suyla ilişkili hastalık riskini de artırmaktadır. Artan sıcaklıklar, yoğun yağışlar ve fırtına olayları, içme ve rekreasyonel su kaynaklarının kontamine olmasına neden olabilir ve bu da gastrointestinal hastalıklar ile diğer sağlık komplikasyonlarına yol açabilir [26].

Bu riskler, daha zayıf kamu sağlığı altyapısına sahip bölgelerde özellikle belirgindir ve etkili yönetim ve önleme stratejileri için küresel iş birliği hayati öneme sahiptir [26].

### **3.Azaltma ve Uyum Stratejileri**

Azaltma ve uyum stratejileri, atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazlarının artışından kaynaklanan halk sağlığı etkileriyle başa çıkmak için gereklidir. Bu stratejiler, sağlık risklerini önemli ölçüde azaltabilir ve toplulukların iklim değışikliğine karşı dirençlerini artırabilir.

#### **3.1.Halk Sağlığı Uyarılama Stratejileri**

Halk sağlığı uyarılama stratejileri, toplulukları iklim değışikliğinin yol açacağı beklenen sağlık tehditlerine yanıt verebilecek araçlarla donatmayı amaçlamaktadır. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri'nin (CDC) İklim Etkilerine Karşı Direnç Oluşturma (BRACE) programından gelen beş adımlı bir süreç, bu stratejilerin geliştirilmesi için temel bir çerçeve işlevi görmektedir. Bu süreç, sağlık yetkililerine aşırı sıcaklık ve enfeksiyon hastalıkları salgınları gibi iklim değışikliğiyle ilişkili sağlık etkilerine hazırlıklı olmaları için topluluklar için programlar tasarlamada yardımcı olmaktadır [24][29].

#### **3.2.Farkındalığı Artırma**

Isı adaları ve diğer iklimle ilgili sağlık sorunlarıyla ilişkili riskler hakkında farkındalığı artırmak için toplumsal bilgilendirme ve eğitim kritik öneme sahiptir. Topluluk üyeleri arasında anlayış ve bilgi geliştirilmesi, bu girişimlerin iklim değışikliğinin olumsuz etkilerine karşı proaktif önlemler almayı teşvik etmesine olanak tanır [24].

#### **3.3.Toplumları Dâhil Etme**

Uyarılama stratejilerinin planlanması ve uygulanmasında yerel toplulukların dâhil edilmesi, müdahalelerin onların özel ihtiyaçlarına hitap etmesini sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Katılım, eşitlik ve adaleti teşvik ederken, kamu sağlığı yanıtlarının etkinliğini artırmak için Yerli ve yerel bilgiden faydalanmaktadır [30][31]. Çevresel ve sosyal faktörlerin kesişim noktasına odaklanan hassasiyet değerlendirmeleri, topluluk direncini artırmaya yönelik özel müdahalelerin geliştirilmesine rehberlik edebilir [31].

#### **3.4.Hafifletme Çabaları**

Hafifletme çabaları, iklim değışikliğinin sağlık etkileriyle başa çıkmada da aynı derecede önemlidir. Bu çabalar, hava kalitesini kontrol etme gibi çeşitli stratejiler aracılığıyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasını içermektedir. Bu stratejilerin önemli sağlık yararları

sağlayabileceği kabul edilse de, ekonomik değerlendirmeler aracılığıyla dikkatlice incelenmesi gereken maliyetleri de beraberinde getirmektedir [10]. Politika yapımcıların, iklim değişikliği hafifletme önlemlerinin tüm maliyet-fayda analizlerinde sağlık etkilerini göz önünde bulundurmaları ve sektörleri emisyonlarını azaltmaları için karbon fiyatlandırması gibi mali araçlarla teşvik etmeleri gerektiği vurgulanmaktadır [11][10].

### 3.5.Sağlık Sistemlerini Güçlendirme

Sağlık sistemi direncini artırmak, iklim değişikliğinin sağlık etkilerini hafifletmenin kritik bir yönüdür. Sürdürülebilir sağlık tesislerine yapılan yatırımlar ve aşırı hava olayları için geliştirilen uyarı sistemleri, iklimle ilgili felaketler sırasında sağlık sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirebilir [11][32]. İklim kaynaklı sağlık tehlikeleri arttıkça, sağlık sistemlerinin, özellikle büyük iklim olayları sonrası artan bakım talebini karşılayacak şekilde donatılması hayati önem taşımaktadır [33].

### 3.6.Araştırma ve Gelecek Yönelimler

İklim değişikliğiyle ilişkili sağlık etkilerini azaltmayı amaçlayan uyarılama ve hafifletme stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek için devam eden araştırmalar gereklidir. Çalışmalar, kamu sağlığı müdahalelerinin etkinliği ve toplulukları etkili çözümler geliştirme ve uygulama konusunda dâhil etmenin yenilikçi yaklaşımlarına odaklanmalıdır [31]. Kapsayıcı ve bütünsel bir stratejinin uygulanması, nihayetinde toplulukların iklim değişikliğinin getirdiği karmaşık zorluklarla başa çıkmalarına destek olacaktır.

### 3.7.Ekonomik Etkiler

Hava kirliliği ve iklim değişikliğinin ekonomik etkileri derindir ve dünya genelinde kamu sağlığı ile finansal sistemleri etkilemektedir. Hava kirliliği kontrol stratejilerine dair yapılan sistematik bir inceleme, analiz edilen çalışmaların yaklaşık %70'inin bu stratejilerin uygulanmasının ekonomik faydalarının maliyetlerini aştığını gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu durum, esasen, partikül madde (PM) seviyelerindeki azalmalara bağlı olarak iyileşen ölüm ve hastalık oranlarından kaynaklanmaktadır [10][34].

Hava kirliliği müdahaleleriyle ilişkili maliyetler, temiz teknolojilerin araştırma ve geliştirilmesi gibi başlangıç yatırımları ile ağır araç muayene programlarının bakımı gibi sürekli işletme masraflarını içermektedir [10].

## 4.SONUÇ

Çeşitli çalışmaların incelenmesi, çevresel faktörler ile kamu sağlığı sonuçları arasındaki çok yönlü ilişkiyi ortaya koymaktadır, özellikle karbondioksit ve diğer atmosferik gazların artışıyla ilgili olarak. Mevcut literatürü analiz etmek amacıyla kapsamlı bir arama gerçekleştirilmiş ve

çoğunlukla gelişmiş ülkelerden gelen 12 çalışmanın sentezi yapılmıştır. Bu çalışmalar, kardiyovasküler sağlık hizmetleri ve çevresel değişimlerin geniş sağlık etkileri üzerindeki sonuçları anlamak için hem nicel hem de nitel analizleri içeren karma yöntemler kullanmıştır. Kalp görüntüleme, ilaç reçetesi yazma ve kardiyak cerrahi dahil hastane içi bakım, iklimle ilgili insan sağlığına yönelik tehditlere katkıda bulunan önemli çevresel etkilere, özellikle CO2 e emisyonlarına sahiptir. Önemli olan, kardiyak bakımda çevresel etkileri etkin bir şekilde azaltma fırsatlarının bulunması ve bunun ekonomik, sağlık ve sosyal faydalar sağlayabilmesidir. [32].

#### **4.1. İklim Değişikliğinin Sağlık Etkileri**

Aşırı hava olayları ve kötüleşen hava kalitesi, kamu sağlığını etkileyen kritik faktörler olarak tanımlanmıştır. Örneğin, bu çevresel stres faktörleri ile solunum ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli sağlık sonuçları arasındaki ilişki yeterince incelenmemiştir. Özellikle, cilt hastalıkları, alerjiler ve bazı gebelik sonuçları gibi durumlar mevcut araştırmalarda ya hiç ele alınmamış ya da sadece minimum düzeyde çalışılmıştır [5]. Ayrıca, sel ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarının artan sıklığı, gıda ve su güvenliğini tehlikeye atarak, sağlık hizmetlerine erişimi kesintiye uğratarak ve depresyon ile travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) gibi ruh sağlığı sorunlarına katkıda bulunarak doğrudan sağlık tehditleri oluşturmaktadır [25][15].

#### **4.2. Sosyoekonomik Eşitsizlikler**

Hava kirliliğinin etkileri, nüfuslar arasında eşit olarak dağılmamaktadır. Düşük gelirli topluluklar, ırksal ve etnik azınlıklar ile çocuklar ve yaşlılar gibi savunmasız gruplar, genellikle hava kirlenmelerine daha yüksek maruz kalma düzeyleri ve olumsuz sağlık sonuçları yaşamaktadır [3][9]. Amerika Birleşik Devletleri'nde, bu topluluklar önemli ölçüde artmış kirlilik seviyelerine maruz kalmakta ve bu durum, hastaneye yatış oranlarının artması ve diğer ciddi sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmektedir [35]. Araştırmalar, yaşlıların ve mevcut sağlık sorunları olan bireylerin özellikle risk altında olduğunu göstermekte ve savunmasız popülasyonları tanımlama ve koruma ihtiyacını vurgulamaktadır [22].

#### **4.3. Uzun Dönemli İçgörüler**

Uzun dönemli çalışmalar, kirlilik ve sağlık sonuçları arasındaki dinamik ilişkiler hakkında kritik içgörüler sağlamıştır. Örneğin, pandemi sırasında birden fazla şehirde yapılan araştırmalar, çevresel faktörlerin sağlık üzerindeki derin etkilerini ortaya koyarak, pandemi ile ilgili müdahalelerin kirliliğe bağlı ölüm oranlarını istemeden azalttığını göstermiştir [22]. Bu bulgular, hava kalitesinin uzun vadeli sağlık etkileri üzerine devam eden araştırmanın önemini vurgulamakta ve marjinalleşmiş toplulukların karşılaştığı eşitsizlikleri öne çıkarmaktadır [22][9].

## KAYNAKÇA

- [1]<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide> (Erişim tarihi: 20.10.2024)
- [2]<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/?intent=121> (Erişim tarihi: 20.10.2024)
- [3]<https://ballardbrief.byu.edu/issue-briefs/disproportionate-exposure-to-air-pollution-for-low-income-communities-in-the-united-states>
- [4]<https://www.nrdc.org/stories/air-pollution-everything-you-need-know>
- [5]<https://education.nationalgeographic.org/resource/carbon-dioxide-levels-are-record-high-heres-what-you-need-know/>
- [6]Rocque, R. J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., Cameron, L., Poirier-Bergeron, L., Poulin-Rheault, R. A., Fallon, C., Tricco, A. C., & Wittman, H. O. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ open*, 11(6), e046333. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>
- [7] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- [8]<https://www.epa.gov/climate-indicators/understanding-connections-between-climate-change-and-human-health>
- [9] <https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-health>
- [10] <https://www.healthline.com/health/hypercapnia>
- [11] <https://www.health.com/hypercapnia-7109042>
- [12] Güler, Y. 2020. Sera Gazları, İklim Değişikliğinde Sera Gazı Emisyonlarının Rolü ve Emisyon Ticareti. Academic Platform. <http://www.ishad.info> IEA, International Energy Agency. 2022. World Energy Outlook 2022, IEA, Paris.
- [13] <https://health2016.globalchange.gov/populations-concern>
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Effects\\_of\\_climate\\_change\\_on\\_human\\_health](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_climate_change_on_human_health)
- [15]<https://publichealth.berkeley.edu/news-media/research-highlights/new-method-for-mapping-air-pollution-reveals-disproportionate-burden>
- [16] Hajat, A., Hsia, C., & O'Neill, M. S. (2015). Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure: a Global Review. *Current environmental health reports*, 2(4), 440–450.
- [17] <https://www.hsph.harvard.edu/news/press-releases/racial-ethnic-minorities-low-income-groups-u-s-air-pollution/>
- [18] <https://www.lung.org/clean-air/outdoors/who-is-at-risk/disparities>
- [19][https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-society\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-society_.html)
- [20] Jiang, S., Tang, L., Lou, Z. *et al.* The changing health effects of air pollution exposure for respiratory diseases: a multicity study during 2017–2022. *Environ Health* 23, 36 (2024).
- [21] Gennaro D'Amato , Lorenzo Cecchi , Mariella D'Amato , Isabella Annesi-Maesano, Avrupa Solunum İncelemesi Haziran 2014, 23 (132) 161-169.
- [22]<https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/how-will-global-warming-harm-human-health-and-well-being>
- [23]<https://www.epa.gov/arc-x/public-health-adaptation-strategies-climate-change>
- [24] <https://climatechange.chicago.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health>
- [25] <https://www.epa.gov/air-research/air-pollution-and-cardiovascular-disease-basics>

- [26] Jacobson, T. A., Kler, J. S., Hernke, M. T., Braun, R. K., Meyer, K. C., & Funk, W. E. (2019). Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *Nature Sustainability*, 2(8), 691-701.
- [27] <https://www.kff.org/racial-equity-and-health-policy/issue-brief/climate-change-and-health-equity-key-questions-and-answers/>
- [28] <https://www.ipcc.ch/2022/02/28/pr-wgii-ar6/>
- [29] [https://www.niehs.nih.gov/research/programs/climatechange/health\\_impacts/vulnerable\\_people](https://www.niehs.nih.gov/research/programs/climatechange/health_impacts/vulnerable_people)
- [30] Wang, S., Song, R., Xu, Z. *et al.* The costs, health and economic impact of air pollution control strategies: a systematic review. *glob health res policy* 9, 30 (2024).
- [31] <https://www.who.int/news/item/05-12-2018-health-benefits-far-outweigh-the-costs-of-meeting-climate-change-goals>
- [32] Alexandra L Barratt, Yan Li and Isabelle Goroovadoo et al. Environmental impact of cardiovascular healthcare. *Open Heart*. 2023. Vol. 10(1). DOI: 10.1136/openhrt-2023-002279
- [33] <https://www.npr.org/2023/11/14/1211888762/climate-change-fossil-fuels-hurting-peoples-health-says-new-global-report>
- [34] Wang, S., Song, R., Xu, Z., Chen, M., Di Tanna, G. L., Downey, L., Jan, S., & Si, L. (2024). The costs, health and economic impact of air pollution control strategies: a systematic review. *Global health research and policy*, 9(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s41256-024-00373-y>
- [35] <https://www.nrdc.org/press-releases/report-health-costs-climate-change-and-fossil-fuel-pollution-tops-820-billion-year>
- [36] Kaygusuz, K. (2023). Sera Gazlarının Azaltılmasında Biyokütlenin Rolü ve Çözüm Önerileri. *Interdisciplinary Studies on Contemporary Research Practices in Engineering in the 21st Century-V*, 165.

## DRINKING WATER QUALITY MONITORING AND EVALUATION IN IĞDIR PROVINCE

**MSc Zehra SİNİ**

Iğdır University,

zehra0809@gmail.com - ORCID ID: 0009-0000-0959-6021

**Assist. Prof. Dr. Sevtap TIRINK\***

Iğdır University,

sevtaptirink@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-0123-0054

### ABSTRACT

This study presents the monitoring and evaluation results of the drinking water quality of Iğdır province for the last ten years. Drinking water is one of the primary sources that directly affect human health, and it is of great importance that the water is safe regarding microbiological and chemical parameters. The physical and chemical quality of the spring waters monitored by Iğdır Public Health was evaluated between 2013-2023. In the microbiological, physical, and chemical evaluation of water quality, *Escherichia Coli*, *Enterococcus*, *Coliform bacteria*, color, taste, odor, turbidity, pH, aluminum, boron, arsenic, ammonium, nitrite, and nitrate parameters are analyzed. The analysis results were evaluated according to the "Regulation on Water Intended for Human Consumption" criteria. For this purpose, in the examinations conducted on a total of 2311 water samples, it was determined that 27.91% of microbiological parameters, 1.82% of physical parameters, and 9.17% of chemical parameter levels exceeded the regulation value. In particular, the presence of microorganisms such as *Escherichia coli*, coliform bacteria, and enterococci indicates a risk of microbiological pollution in some samples. In chemical analyses, high arsenic and other heavy metals were observed. In addition, the sanitation of drinking water sources in rural areas has been inadequate compared to central settlements, which has caused microbiological non-compliance rates to be higher in villages. As a result, regular monitoring of drinking water, effective maintenance of sanitation processes, and the introduction of advanced treatment systems in all provinces and districts are of great importance in protecting public health.

**Keywords:** Spring water, arsenic, water quality.

## DOĞRUDAN SÜRÜŞLÜ VE DİŞLİ KUTUSU SÜRÜŞLÜ RÜZGAR TÜRBİNİ SİSTEMLERİ

**Dr.Öğr.Üyesi Ahmet ILICA**

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü,  
ahmet.ilica@dpu.edu.tr - 0000-0003-3344-6618

### ÖZET

Rüzgar gücünün büyük ölçekli yerel uygulamalarının yaygınlaşması çevresel kaygılar ve arz güvenliği gibi sorunları azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına büyük katkı sağlayacaktır. Rüzgar gücünün büyük ölçekli uygulanmasını gerçekleştirmek için farklı tipte rüzgar türbinleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, doğrudan sürüşlü ve dişli kutusu sürüşlü rüzgar türbinleri arasındaki karşılaştırmanın bir incelemesi verilmektedir. Genellikle düşük hızdaki rotor şaftı hızını az kutuplu generatörün ihtiyaç duyduğu yüksek hızlara ulaştırmak için dişli kutusu kullanılmaktadır. Doğrudan sürüşlü sistemlerde ise büyük çaplı çok kutuplu yapısı ile dişli kutusu gerektirmeyen düşük hızlı generatörler kullanılmaktadır. Dayanıklı, yüksek performanslı dişli kutuları ve doğrudan sürüşlü sistemlerin geliştirilmesi rüzgar türbinlerinin güvenilirliğini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. İki rüzgar türbini sürücü tipinden hangisinin başarıya ulaşma şansının en yüksek olduğunu anlamak için belirleyicilere görece önem tahsis edilmektedir. Elde edilen sonuçlardan generatör çözümlerinde, verimlilik, enerji kaybı, enerji maliyeti ve güvenilirliğin en önemli belirleyiciler olduğu ve günümüzde her iki sürüş tipinin de diğerine baskın olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Dişli kutusu sürüşlü sistemlerin yeni kurulan rüzgar türbinleri pazarında baskın olmaya devam edeceği ancak doğrudan sürüşlü sistemlerin payı potansiyel bir büyümeyi ortaya koymaktadır. Enerji maliyeti ve güvenilirlik gibi faktörlerin teknoloji başarısı için en önemli belirleyiciler olduğu ve her iki teknolojinin de başarıya ulaşma şansının eşit olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki konsept de zayıf ve güçlü rüzgar rejimlerinde biraz farklılık göstererek karşılaştırılabilir bir seviyededir. Tasarımların unsurlarını birleştiren hibrit tasarımlar olasılık dahilindedir. Rüzgar türbini sistemlerinin iyileştirilmeye devam edeceği, verimlerinin, maliyet etkinliklerinin ve hizmet gereksinimlerini karşılama yeteneklerinin tercih edilebilirliklerini belirleyeceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar türbini, dişli kutusu sürüşlü, doğrudan sürüşlü

## **DIRECT DRIVE AND GEARED DRIVEN WIND TURBINE SYSTEMS**

The widespread use of wind power in large-scale local applications will greatly contribute to achieving sustainability goals by reducing environmental concerns and supply security. Different types of wind turbines have been developed to achieve large-scale applications of wind power. In this study, a comparison between direct drive and gearbox driven wind turbines is presented. Gearboxes are generally used to increase the rotor shaft speed from low speed to the high speeds required by the low-pole generator. In direct drive systems, low-speed generators that do not require gearboxes are used with large-scale multi-pole structures. The development of durable, high-performance gearboxes and direct drive systems directly affects the reliability and efficiency of wind turbines. The relative importance is assigned to the determinants in order to understand which of the two wind turbine drive types has the highest chance of success. The results obtained show that efficiency, energy loss, energy cost and reliability are the most important determinants in generator solutions and that both drive types have the potential to dominate the other today. Gearbox driven systems will continue to dominate the newly installed wind turbine market, but the share of direct drive systems shows potential growth. Factors such as energy cost and reliability are the most important determinants of technology success, and both technologies have an equal chance of success. Both concepts are comparable, with some differences in weak and strong wind regimes. Hybrid designs combining elements of the designs are possible. It is anticipated that wind turbine systems will continue to be improved, and their efficiency, cost-effectiveness and ability to meet service requirements will determine their desirability.

**Keywords:** Wind turbine, direct drive, geared driven

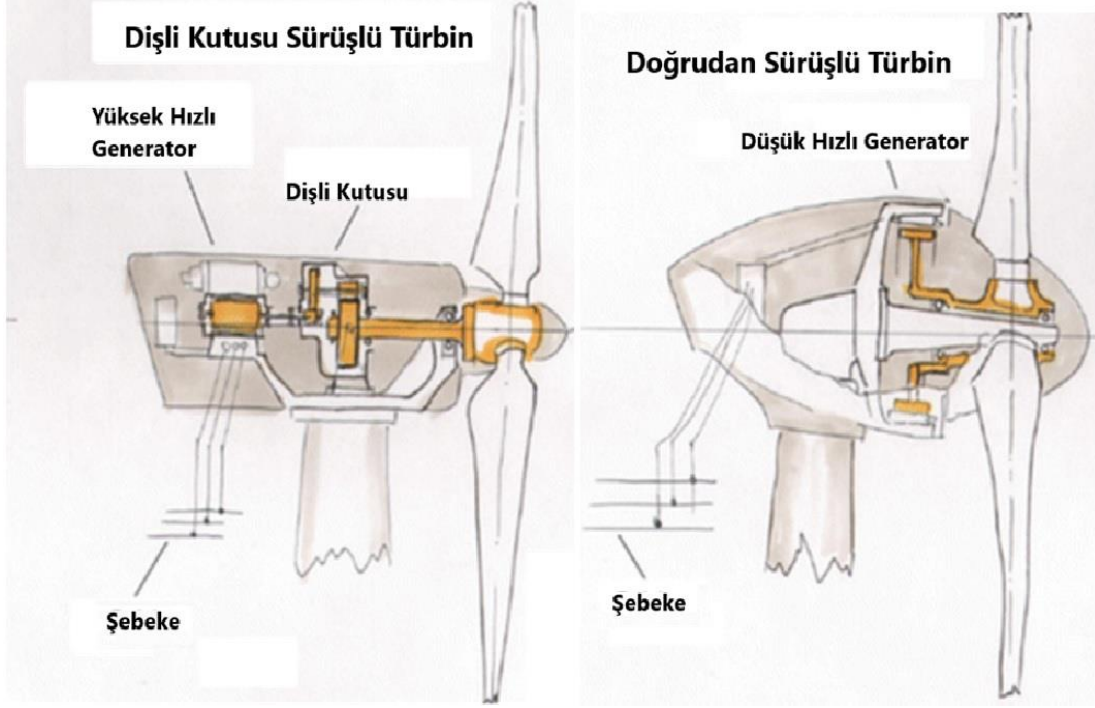


## 1. GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir bir enerji geleceği sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtlara alternatifler arasında rüzgar enerjisi küresel enerji için en büyük potansiyellerden biridir. Rüzgar enerjisi son yıllarda dünya çapında güç üretiminde giderek artan bir şekilde yer almaktadır. Ancak rüzgar türbini teknolojilerinin maliyeti hala büyük bir sorundur ve bu teknolojilerin tam enerji kullanım potansiyellerini kanıtlamasını engellemektedir. Rüzgardan enerji elde etmek farklı nedenlerle pahalıdır. Bu nedenler arasında kurulumların yüksek ilk maliyeti, yüksek bakım maliyetleri ve rüzgar enerjisi yatırımlarında uzun geri ödeme süreleri yer almaktadır. Bu maliyetleri düşürmek ve rüzgar enerjisinden yararlanmanın daha verimli yollarını bulmak için akademik ve ar-ge çalışmaları simülasyon ortamında, laboratuvarlarda ve sahada yoğun olarak yürütülmektedir. Bu çalışma da literatür esas alınarak doğrudan sürürlü ve dişli kutusu sürürlü rüzgar türbinlerinin bir karşılaştırması sunulmaktadır.

## 2. RÜZGAR TÜRBİNLERİ SÜRÜŞ TIPLERİ

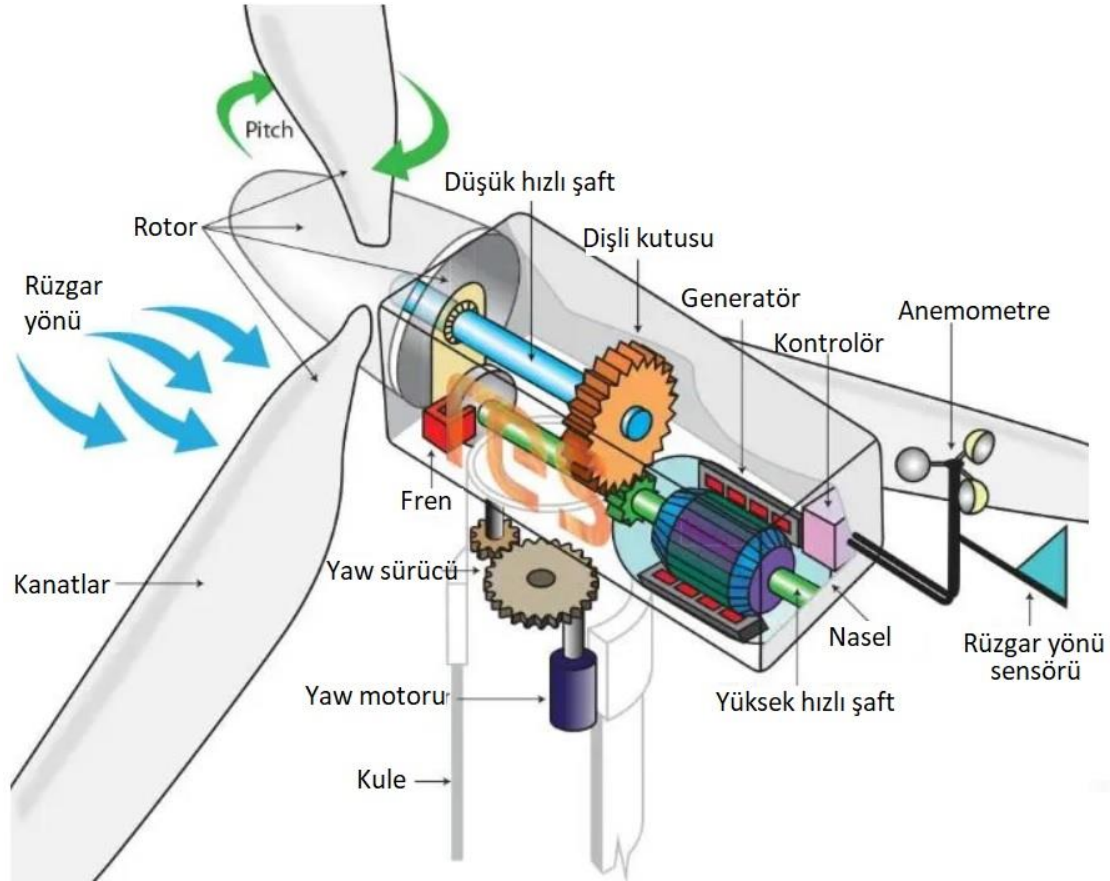
Rüzgar türbinlerinde tahrik sistemleri olarak da ifade edilen ve Görsel 1’de görülen genel olarak iki sürüş tipi vardır. Dişli kutulu sürüş sistemlerinde bir hız arttıran dişli kutusu aracılığıyla generatör hızı yüksek devirlere çıkarılmakta böylece düşük kutup sayılı küçük çaplı bir generatör ile istenen frekans değerine ulaşılmaktadır. Doğrudan sürürlü sistemlerde ise düşük hızlı rotor doğrudan düşük hızlarda generatörü döndürmektedir. Düşük hızlı generatörün istenen frekansı üretebilmesi için büyük çaplı çok kutuplu bir yapı gerektirmektedir. Rüzgar türbinleri için en yaygın kullanılan üç generatör sistemi bulunmaktadır. Rüzgar türbinleri için 1990'ların sonuna kadar, çoğu rüzgar türbini üreticisi, doğrudan şebekeye bağlı çok kademeli bir dişli kutusu ve standart bir sincap kafesli indüksiyon generatörü kullanarak 1,5 MW'ın altındaki güç seviyelerinde sabit hızlı rüzgar türbinleri tesis etmiştir. 1990'ların sonundan sonra ise, çoğu rüzgar türbini üreticisi, esas olarak duyulabilir gürültü, güç kalitesi ve enerji verimini dikkate alan gereksinimlerle daha değişken rüzgar hızlarından daha fazla enerji hasat edebilmek için esnek yapılı, yaklaşık 1,5 MW'tan itibaren güç seviyeleri için değişken hızlı rüzgar türbinlerine geçmiştir. Bu sistemlerde çok kademeli bir dişli kutusu, nispeten düşük maliyetli standart bir çift beslemeli indüksiyon generatör (DFIG) ve türbinin nominal gücünün yaklaşık %30'luk bir güç derecesine sahip rotor sargısını besleyen ve rotor tarafı dönüştürücü ve şebeke tarafı dönüştürücü yapısındaki bir güç elektroniği dönüştürücüsü kullanmışlardır. 1991'den sonra yine esas olarak dişli kutularından kaynaklanan arızaları azaltmak ve bakım sorunlarını düşürmek için, doğrudan sürürlü generatör adı verilen dişlisiz generatör sistemleri öneren ve üreten rüzgar türbini üreticileri de olmuştur. Ancak bu sistemlerde şebeke bağlantısı için tam anma gücünde bir güç elektroniği dönüştürücüsü gerekmiştir.. Bu rüzgar türbinleri için düşük hızlı yüksek torklu generatörler ve tam anma dönüştürücülerin maliyeti yüksektir. Bu rüzgar türbinleri için düşük hızlı yüksek torklu generatörler ve tam anma dönüştürücülerin maliyeti yüksektir[1-3].



**Görsel 1. Dişli kutusu sürüslü ve doğrudan sürüslü rüzgar türbinleri genel görünümü**

## 2.1. Dişli Kutusu Sürüslü Rüzgar Türbinleri

Dişli kutulu rüzgar türbinleri Görsel 2’de görüldüğü gibi rotor ile generator arasında, rotorun ürettiği dönme hareketini artıran bir dişli kutusu bulunmaktadır. İlk sabit hızlı dişli kutulu indüksiyon motor kullanılan rüzgar türbinleri 1970’lerde piyasaya sürülmüştür [4,5]. 1990’lardan sonra, çok kademeli bir dişli kutusuna sahip değişken hızlı rüzgar türbini yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır[1, 6]. Bu dişli kutulu sistemlerde de genellikle standart bir çift beslemeli indüksiyon generator kullanılmıştır [3]. Dişli kutusu kullanılan rüzgâr türbinleri generatorleri az kutuplu, yüksek devirlidir. Bu yüzden türbin kantlarının devir sayısı ile generator devir sayısını uygunlaştırmak için 1/90-1/125 oranlı dişli kutuları kullanılarak generatorün istenen frekans ve voltajı üretmek için ihtiyaç duyduğu hızlara ulaşılır. Örneğin dişli kutulu bir rüzgar türbininde rotor 15 d/dk hız ile dönerken dişli oranı 1/100 ise generator mili hızı 1500 d/dk olur ve 50 Hz frekans için  $p=60f/n$  ifadesi ile çift kutup sayısı  $p=2$  (N-S-N-S) olur. Burada  $f$  generatorün ürettiği voltajın frekansı,  $n$  rotor hızı,  $p$  ise çift kutup sayısıdır. Bu türbinlerde dişli kutusu ekstra ağırlık, gürültü, bakım/arıza maliyeti getirir, Ancak sistemde çift beslemeli indüksiyon generator kullanılırsa anma gücünün yaklaşık  $\frac{1}{4}$  oranında bir güç elektroniği sistemi gücü yeterlidir. Dişli kutulu sürüslü rüzgar türbinlerinde genel olarak sabit hızlı sincap kafesli indüksiyon generator (SCIG), değişken hızlı - çift beslemeli indüksiyon generator (DFIG), değişken hızlı sabit mıknatıslı senkron generator (PMSG) kullanılmaktadır.

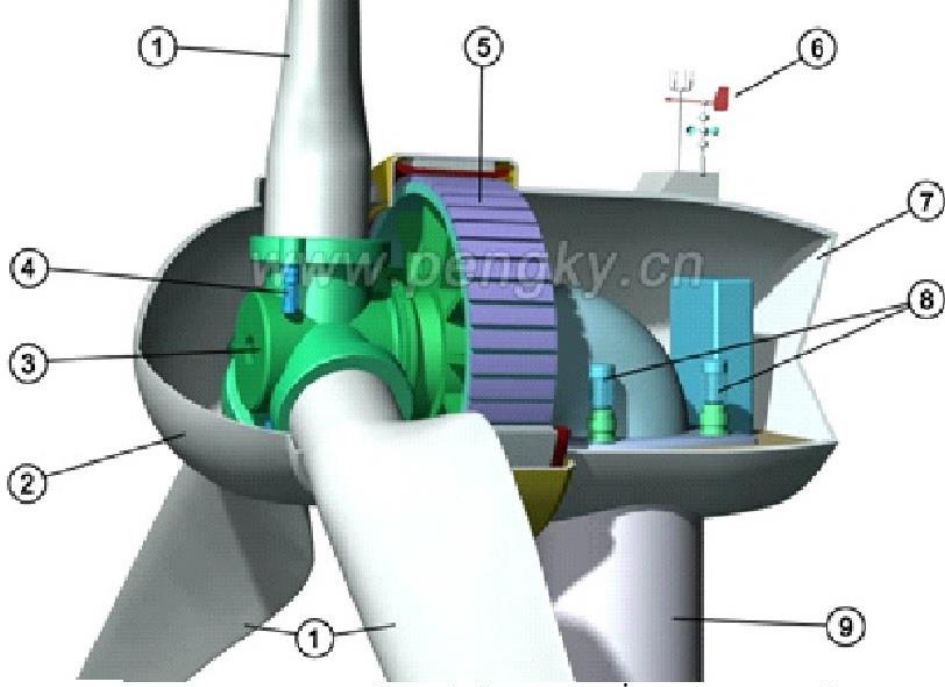


Görsel 2. Dişli kutusu sürürlü rüzgar türbini

## 2.2..Doğrudan Sürürlü Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbini üreticileri 1990'ların başlarında dişli kutusu olmayan Görsel 3'de görülen doğrudan sürürlü rüzgar türbinleri geliştirmiştir. Bu tip rüzgar türbinleri, dişli kutusu arızalarını ve mekanik iletim kayıplarını ortadan kaldıran sistem olarak sunulmuştur. Bu türbinlerde rotor doğrudan generatöre bağlı olduğundan generatör hızı rotor hızına eşittir ve devri düşüktür. Generatörde düşük sönme hızında yeterli anma frekansını elde edebilmek için  $p=60f/n$  ifadesine göre kutup sayısının artırılması gerekir. Burada  $f$  generatörün ürettiği voltajın frekansı,  $n$  rotor hızı,  $p$  ise çift kutup sayısıdır. Örneğin rotor 15 d/dk hız ile dönerse, üretilen frekansın 50Hz olması için  $p=200$  olan senkron generatör kullanılmalıdır. Bu nedenle doğrudan sürürlü sistemler çok kutupludur. Doğrudan sürürlü rüzgar türbinlerinde dişli kutusundan kaynaklanan gürültü yoktur. Ancak gerekli frekans için kutup sayısının artırılması gerektiğinden generatörün çapı büyüktür. Ayrıca değişken hızdan kaynaklanan değişken voltaj ve frekans sabit frekans ve voltaja dönüştürmek için türbin anma gücünde güç elektroniği sisteminin kullanılması gerekir. Doğrudan sürürlü rüzgar türbinlerinden kutupları sabit mıknatıslı ve elektriksel uyartımlı olarak iki türdedir. Sabit mıknatıslı senkron generatör (PMSG) ve Elektriksel uyartımlı senkron generatör (EESG) kullanılmaktadır. İlk yıllarda sabit mıknatısların yüksek maliyeti nedeniyle elektriksel uyartımlı kutuplar daha çok tercih edilirken, daha sonraki yıllarda düşen maliyetler sayesinde sabit mıknatıslı kutuplar popüler olmuştur.[6] Ancak, sabit mıknatıslarda yaşanabilecek tedarik sorunlarına karşı elektriksel uyartım her

zaman önemini korumuştur. Günümüzde her iki uyarım teknolojisi de yaygın olarak kullanılmaktadır [3]



1. Kanat 2. Rotor 3. Hub 4. Pitch motor 5. İç rotor generatör  
6. rüzgar hızı ölçümü 7. Nasel 8. Yaw motor 9. Kule

**Görsel 3. Doğrudan sürürlü rüzgar türbini**

### 3. DOĞRUDAN SÜRÜŞLÜ VE DİŞLİ KUTUSU SÜRÜŞLÜ RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Gerçekleştirilen bir çalışmada [3] dişli kutulu sürüş ve doğrudan sürürlü rüzgar türbin sistemleri karşılaştırılmıştır. Çalışma; elektrik makinaları, rüzgar enerjisi sistemleri, rüzgar enerjisi generatörleri, elektrik şebekeleri alanında uzman olan akademisyen, araştırmacı, saha mühendisi, yönetici, danışman gibi uzmanlık alanlarına sahip katılımcıların değerlendirmelerini kapsamaktadır. İki rüzgar türbini sürücü tipinden hangisinin başarıya ulaşma şansının en yüksek olduğunu anlamak için bu belirleyicilere göre önem tahsis edilmektedir. Sürüş sistemleri güvenilirlik, enerji verimi, enerji maliyeti, fiyat, mknatis gibi kıt kaynak temini, üretici taahhüdü ve tedarikçi sayısı gibi etkili faktörler üzerinden karşılaştırılmıştır. Toplam enerji verimliliği, güvenilirlik (az arıza ve bakım) gibi kriterler açısından doğrudan sürürlü sistemler, enerji maliyeti, fiyatlandırma stratejisi, kıt kaynak temini, tedarikçi sayısı gibi kriterler açısından dişli kutusu sürücülü sistemler daha fazla performans puanı almıştır. Elde edilen sonuçlardan generatör çözümlerinde, verimlilik, enerji kaybı, enerji maliyeti ve güvenilirliğin teknoloji başarısı için en önemli belirleyiciler olduğu ve günümüzde her iki sürüş tipinin de diğerine baskın olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Dişli kutusu sürücülü rüzgar türbininin genel puanının % 52,8 ve doğrudan sürürlü türbinin genel puanının %47,2 bulunmuştur[3]. Çalışmaya katılan bazı uzmanlara göre, her teknolojinin kendi

teknik avantajları vardır. Ancak, genel olarak doğrudan sürüş teknolojisinin sonunda baskın teknoloji haline geleceği yönünde görüşler vardır. Gerekçe olarak; a) Doğrudan sürürlü rüzgar türbinlerinin hafif olması nedeniyle açık deniz destek yapısı maliyetinin daha düşük olması, b) Doğrudan sürüşün daha fazla iyileştirme potansiyelinin olması. Dişli kutulu rüzgar türbini maksimum verimlilik noktasına yaklaşırken, doğrudan tahrikli türbinler hala daha fazla iyileştirme olanağına sahip olması, b) Mevcut dereceden daha yüksek güç derecelerine sahip gelecekteki rüzgar türbinleri için, dişli kutulu rüzgar türbinleri daha fazla dişli kademesi gerektirdiğinden ve bu da daha fazla dişli kutusu kaybına yol açtığından doğrudan sürüş daha verimli olması gösterilmektedir[3]. Günümüzde iki teknoloji baskın tasarım olmak için yarışıyor. Dişli kutusu sürürlü sistemlerin yeni kurulan rüzgar türbinleri pazarında baskın olmaya devam edeceği ancak doğrudan sürürlü sistemlerin payı potansiyel bir büyümeyi ortaya koymaktadır. Her iki konsept de zayıf ve güçlü rüzgar rejimlerinde biraz farklılık göstererek karşılaştırılabilir bir seviyededir. Tasarımların unsurlarını birleştiren hibrit tasarımlar olasılık dahilindedir. Rüzgar türbini sistemlerinin iyileştirilmeye devam edeceği, verimlerinin, maliyet etkinliklerinin ve hizmet gereksinimlerini karşılama yeteneklerinin tercih edilebilirliklerini belirleyeceği öngörülmektedir.

Yapılan başka bir çalışmaya göre [7] dişli kutulu sistemler maliyet ve boyut açısından avantajlıdır. Doğrudan sürürlü PMSG sistemlerde enerji verimi, güvenilirlik ve bakım sorunu açısından daha üstündür. Doğrudan tahrik sistemi performans açısından üstün olmasına rağmen, dişli tahrik sistemi çoğunlukla rüzgar türbinleri pazarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğrudan tahrikli generatör sisteminin dünya pazar payı %15'lik doğrudan sürürlü EESG ve %5'lik doğrudan tahrikli PMSG makinelerinin payının toplamı olan %20 civarında olmuştur. Doğrudan sürürlü rüzgar türbinleri için uygun generatör konseptlerini belirlemek amacıyla, literatürdeki farklı jeneratör sistemlerinin enerji verimi, maliyet ve ağırlığa dayalı kriterlerle karşılaştırmaları tartışılmıştır. Literatürdeki ve piyasadaki farklı generatör sistemlerinin incelenmesine göre, hafif, düşük maliyetli, maksimum enerji verimli doğrudan sürürlü PMSG sisteminin en uygun sistem olabileceği beklenebilir. Birçok yazar, rüzgar türbinlerinin farklı doğrudan tahrikli ve dişli jeneratör sistemlerini tartışmıştır. Literatürde tartışılan farklı doğrudan tahrikli ve dişli jeneratör sistemlerinin karşılaştırılmasına göre, sistemlerin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Üç kademeli dişli kutusuna sahip çift beslemeli indüksiyon generatör sistemi (DFIG 3G) hafif ve düşük maliyetli bir çözüm gibi görünmektedir.
- Enerji verimi ve güvenilirlik göz önüne alındığında, doğrudan sürürlü generatör sistemleri, özellikle açık deniz için, dişli tahrik sistemlerine kıyasla daha güçlü görünmektedir.
- Doğrudan tahrikli kalıcı mıknatıslı senkron jeneratör sistemi (PMSG DD), kayıplar ve enerji verimi açısından diğer sistemlere kıyasla daha üstündür.
- Tek kademeli dişli kutulu kalıcı mıknatıslı senkron jeneratör (PMSG 1G), yıllık enerji veriminin maliyete oranı en yüksek olanıdır.
- Farklı jeneratör sistemleri, yüksek maliyet sırasına göre EESG DD > PMSG DD > PMSG 1G > DFIG 3G şeklinde sıralanabilir. PMSG DD'nin maliyetini DFIG 3G maliyeti kadar veya daha düşük bir değere düşürmek mümkünse, PMSG DD en uygun jeneratör konsepti olabilir, çünkü PMSG DD'nin enerji verimi maksimumdur. Bu nedenle doğrudan tahrikli jeneratör sistemlerinin maliyetini düşürmek hem elektromanyetik tasarımda hem de mekanik tasarımda

en önemli konu olmaktadır. Rüzgar türbini ölçeklendirilirken, uç hız sınırlaması dikkate alınarak dönüş hızı giderek azaltılır. Doğrudan sürürlü daha yüksek tork üretmek için daha büyük bir çapa sahiptir. Bu daha yüksek tork, dolayısıyla generatörün yüksek teğetsel kuvveti ve büyük hava boşluğu çapını gerektirir. Yüksek teğetsel kuvvet ve büyük hava boşluğu çapı, rotor ve stator arasındaki normal gerilime karşı hava boşluğunu uygun saptırma tutmak için malzemelerin artmasına neden olur. Bu nedenle düşük hızda çalıştırılan doğrudan tahrikli generatör konsepti, dişli kutusu generatörlü konseptle kıyasla yüksek tork değeri, büyük çap, ağır kütle ve yüksek maliyet gibi dezavantajlara sahiptir. Dolayısıyla doğrudan tahrik konsepti, verimliliği artırmak, aktif malzemeyi azaltmak ve uç sargı kayıplarını küçük tutmak için genellikle büyük çap ve küçük kutup aralığı ile tasarlanır. PMSG'nin EESG'ye kıyasla avantajları vardır; Enerji verimi yüksektir ve hafiftir, kutup sargılarının uyarımı için ek güç kaynağı gerekmez, bilezik ve fırça olmadan daha yüksek güvenilirlik, daha yüksek güç-ağırlık oranına sahiptir.

Doğrudan sürürlü sistem, dişli sistemine kıyasla yüksek maliyetle sonuçlanan büyük boyut dezavantajına sahiptir. Bu dezavantaj doğrudan tahrik sistemini üretim, nakliye, kurulum ve bakımda cazip hale getirmez. Ancak, yalnızca enerji verimi göz önünde bulundurulduğunda, PMSG DD sistemi en iyi konsepttir. PMSG DD'nin maliyeti, DFIG 3G ile aynı veya daha düşük olacak şekilde düşürülebilirse, PMSG DD en uygun jeneratör sistemi olarak tanımlanabilir. PMSG DD maliyeti düşürmek için malzeme miktarı önemli ölçüde azaltılmalıdır. PMSG DD'nin yapısı, maliyeti düşürmek için kolay üretim, nakliye, kurulum ve bakım için de iyileştirilmelidir. Düşük hızlı elektrikli makinelerde, düşük elektrik frekansı nedeniyle bakır kaybı demir çekirdek kaybından daha baskındır.

Doğrudan tahrikli ve dişli jeneratör konseptleri üzerindeki karşılaştırmaya göre, DFIG 3G hafif ve düşük maliyetli konsepttir. PMSG DD konsepti, hem dişli jeneratör konseptine hem de EESG DD konseptine kıyasla en yüksek enerji verimine sahiptir. Literatürde ve piyasada 1,5 MW'dan 10 MW'a kadar büyük doğrudan sürürlü generatör konseptlerinin geleneksel yapısı ve hafif yapısı, kütle karşılaştırması dikkate alınarak tartışılmıştır. Geleneksel PMSG DD konseptinin kütle oranına göre optimum torkun 25 kg/kNm olması beklenmektedir. Ölçeklendirildiğinde, geleneksel DD yapısının toplam kütlesi önemli ölçüde artırılmış ve atıl kütle (yapısal kütle) daha baskın olması istenmiştir. Minimum maliyetli PMSG DD en uygun generatör konsepti olarak tanımlanmıştır. Maliyetin düşürülmesi için hem elektromanyetik hem de mekanik yapının beklenen uygun konseptleri sağlaması gerekir. Başka bir çalışma da rüzgar türbinleri için beş farklı jeneratör sistemini karşılaştırılmıştır: üç kademeli dişli kutusuna sahip çift beslemeli endüksiyon jeneratörü (DFIG3G), elektriksiz uyartımlı doğrudan tahrikli senkron jeneratör (DDSG), doğrudan tahrikli sabit mıknatıslı jeneratör (DDPMG), tek kademeli dişli kutusuna sahip sabit mıknatıslı jeneratör (PMG1G) ve tek kademeli dişli kutusuna sahip çift beslemeli endüksiyon jeneratörü (DFIG1G)[7]. Bu rüzgar türbinleri için düşük hızlı yüksek torklu generatörler ve tam nominal dönüştürücüler oldukça pahalıdır. Artan güç seviyeleri ve azalan hızlar için, bu doğrudan generatörler daha büyük ve daha da pahalı hale gelmektedir. Bu nedenle, tek kademeli bir dişli kutusu (6 veya daha yüksek mertebesinde bir dişli oranına sahip) ve PMSG kullanılması önerilmektedir. Bir yandan, ortaya çıkan sistem hem dişli hem de doğrudan tahrikli sistemlerin bazı dezavantajlarını birleştirir: sistemin bir dişli kutusu ve özel ve bu nedenle pahalı bir jeneratörü ve tam dereceli bir

dönüştürücüsü vardır. Öte yandan, doğrudan tahrikli sistemlerle karşılaştırıldığında, jeneratör maliyetinde önemli bir düşüş ve jeneratör verimliliğinde bir artış elde edilebilir. Ayrıca, tek kademeli bir dişli kutusuna sahip bu sistemin bir DFIG ile birlikte kullanılıp kullanılmayacağı sorusu ortaya çıkmaktadır. Jeneratör torku hala oldukça yüksek ve hız oldukça düşük olduğundan, jeneratörün büyük bir çapa ve hava boşluğuna sahip olması ve dolayısıyla yüksek bir mıknatıslama akımı ve yüksek kayıplara sahip olması beklenebilir. Ancak, dönüştürücünün derecesi yaklaşık %30'a düşürülebilir ve bu da maliyet ve verimlilikte önemli bir avantaj sağlar. Tek kademeli dişli kutusuna sahip her iki sistem için de, dişli kutusunun kullanımı dış boyutlarda önemli bir azalmaya yol açarak, lojistik açıdan şu anda 1,5 MW türbinlerle sınırlı olan yerlere böyle bir 3 MW rüzgar türbininin kurulmasını mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, bu makalenin amacı beş rüzgar türbini jeneratör sistemini karşılaştırmaktır: 1) şu anda kullanılan DFIG3G; 2) şu anda kullanılan DDSG; 3) DDPMG; 4) PMG1G; 5) DFIG1G. Beş jeneratör sistemini karşılaştırmak için 3 MW, 15 dev/dak rüzgar türbini kullanılır. Bu türbin için, ağırlık ve maliyet göstergeleri elde etmek için jeneratörlerin yaklaşık bir tasarımı yapılır. beş jeneratör konseptinin karşılaştırılmasıyla sonuçlanmaktadır[1].

Şaşırtıcı bir şekilde, DFIG1G maliyete bölünen enerji verimi açısından en ilginç seçim gibi görünüyor. Bunun başlıca nedeni dönüştürücünün daha düşük derecesidir ve bu da dönüştürücü maliyetinin ve dönüştürücü kayıplarının azalmasıyla sonuçlanır. Ancak, bu sistem üreticiler için çekici olmak için fazla özel olabilir. Daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulan çok önemli tasarım yönleri güvenilirlik ve kullanılabilirliktir [8].

Bunlar rüzgar türbinleri için, özellikle açık denizdekiler için giderek daha önemli konulardır. DFIG3G'yi tedarik eden üreticiler, standardizasyon, maliyet ve güvenilirlik açısından faydalar sağlayan endüstriyel standartlara yakın jeneratör ve dönüştürücü bileşenleri kullanır. Ancak, bu sistemde dişli kutusu ve fırçalar gibi aşınan bileşenler vardır. Enercon tarafından kullanılan elektriksel uyarımlı DDSG, tam dereceli bir dönüştürücünün kullanılması sonucunda şebeke arızalarından kaynaklanan voltaj bozulmalarından kaynaklanan sorunlara karşı bağışıklık da dahil olmak üzere gelişmiş güvenilirlik iddia etmektedir. Prensip olarak, DDPMG en iyi çözüm olabilir çünkü aşınan fırçaları veya dişli kutusu yoktur ve tam dereceli bir dönüştürücünün avantajlarına sahiptir. Üretim, taşıma ve kurulum dahil olmak üzere türbin ve jeneratör sisteminin entegre tasarımı, bir rüzgar türbininin fiyatını önemli ölçüde etkileyebilir[1]. Dişli ve doğrudan sürüş konseptinin karşılaştırılması, her iki konseptin de zayıf ve güçlü rüzgar rejimlerinde biraz farklılık göstererek karşılaştırılabilir bir seviyede puan aldığını göstermektedir[9]. Gelecek yıllarda gelişmiş üretim tekniklerinin kullanımıyla daha verimli, güvenilir ve uygun fiyatlı aktarma organları üretilmesi beklenmektedir. Bu alandaki teknolojik gelişmeler arasında yeni tek kademeli dişli kutuları, kalıcı mıknatıs jeneratörler, yüksek verimli güç elektroniği, doğrudan sürüş sistemleri ve hibrit sistemlerin kullanımı yer almaktadır. Özellikle kanatlarda, aktarma organlarında ve kontrol teknolojilerindeki ilerlemeler, daha yüksek kapasite derecelerine sahip daha büyük, daha güvenilir türbinlerin daha da geliştirilmesini sağlayacaktır. Türbinler büyüdükçe kurulu kapasite başına MW sermaye maliyetinin de artması muhtemeldir. Bu arada, daha yüksek enerji üretimi ve daha düşük temel ve kurulum maliyetleriyle enerji maliyeti düşecektir. İşletme giderleri de daha fazla güvenilirlik ve daha az bakım ihtiyacıyla azalacaktır. Yeni doğrudan tahrik teknolojisini kullanmak için, geliştiriciler operasyonel dişli kutusu tabanlı türbinleri aniden devre dışı bırakmayacaklardır.

Rüzgar türbini üreticileri, dişli kutusu teknolojisinin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Yine de, doğrudan tahrik teknolojisi, üreticilerin dişli kutusu tabanlı rüzgar türbinlerine karşı rekabet gücünü artırmak için araştırma ve geliştirmeye önemli ölçüde yatırım yapmasıyla gelecekte önemli bir ilgi görecektir. Doğrudan sürüş rüzgar türbini sistemlerinin enerji verimliliği, güvenilirlik ve tasarım basitliği açısından daha üstün olduğunu, düşük gürültü ve yüksek verimlilik avantajları nedeniyle, doğrudan sürüşlü sistemlerin gelecekte tercih edilen sistem olacağı yönünde görüşlerde bulunmaktadır[10-13].

#### 4. SONUÇLAR

Dişli kutusu sürüşlü veya doğrudan sürüşlü rüzgar türbinlerinin kesin olarak daha güvenilir olduğu sonucuna varmak mümkün değildir, ancak önerilen analiz yöntemi kavramları güvenilirlik açısından karşılaştırmanın bir yolunu göstermektedir. Analiz, genel kullanılabilirliği hesaplamada alt montaj güvenilirlik verilerinin önemini göstermektedir. Her iki WT konsepti için güvenilirlik diyagramlarından, dişli tahrikin dişli kutusu ve kısmen derecelendirilmiş konvertörünün doğrudan tahrikin tam derecelendirilmiş konvertörüyle karşılaştırılabileceği görülebilir. Bu iki konseptteki jeneratörler, farklı arıza ve onarım oranları nedeniyle güvenilirlik üzerinde açıkça farklı etkilere sahiptir. Daha sonra, bu makalede önerilen yöntem benzer ayrıntılı bir güvenilirlik analizi, farklı WT yapılandırmalarının ve konseptlerinin güvenilirliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Ancak, WT konseptinin diğer alt montaj performansını etkileyebileceği ve tüm alt montajlar dikkate alınarak farklı WT'ler için gerçek bir kullanılabilirlik değerinin elde edilebileceği unutulmamalıdır. WT'lerin güvenilirlik analizi, dünya çapındaki rüzgar çiftliklerinden güvenilirlik verilerinin toplanması ve işlenmesinin önemini vurgular. Daha fazla güvenilirlik alanı verisi mevcut hale geldikçe, dayanıklı, yüksek performanslı dişli kutuları ve doğrudan sürüşlü sistemlerin geliştirilmesi rüzgar türbinlerinin güvenilirliğini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Yapılan çalışmadan doğrudan sürüşlü ve dişli kutusu sürüşlü rüzgar türbini teknolojilerinde enerji maliyeti ve güvenilirliğin başarıya ulaşma şansını etkileyen en önemli belirleyiciler olduğu ve her iki teknolojinin de başarıya ulaşma şansının eşit olduğu ortaya çıkmıştır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Polinder, H., Van der Pijl, F. F., De Vilder, G. J., & Tavner, P. J. Comparison of direct-drive and geared generator concepts for wind turbines. *IEEE Transactions on energy conversion*, 21(3), 725-733, 2006.
- [2] Polinder, H., De Haan, S. W., Dubois, M. R., & Sloopweg, J. G. Basic operation principles and electrical conversion systems of wind turbines. *Epe Journal*, 15(4), 43-50, 2005
- [3] van de Kaa, G., van Ek, M., Kamp, L. M., & Rezaei, J. Wind turbine technology battles: Gearbox versus direct drive-opening up the black box of technology characteristics. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119933., 2020.



- [4] Kamp, L. M. The importance of learning processes in wind power development. *European Environment*, 17(5), 334-346, 2007.
- [5] Gipe, P. *Wind Energy Comes of Age*. John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [6] Polinder, H., Ferreira, J. A., Jensen, B. B., Abrahamsen, A. B., Atallah, K., & McMahon, R. A. Trends in wind turbine generator systems. *IEEE Journal of emerging and selected topics in power electronics*, 1(3), 174-185, 2013.
- [7] Bang, D. J., Polinder, H., Shrestha, G., & Ferreira, J. A. Review of generator systems for direct-drive wind turbines. In *European wind energy conference & exhibition, Belgium (Vol. 31, pp. 1-11)*, 2008.
- [8] Tavner, P. J., & Xiang, J. Wind turbine reliability, how does it compare with other embedded generation sources. In *3rd IEE international conference on reliability of transmission and distribution networks (RTDN 2005) : 15-17 February 2005 (243-248)*, 2005.
- [9] Harzendorf, F., Schelenz, R., & Jacobs, G. (2022). Method for holistic wind turbine drivetrain comparison exemplarily applied to geared and direct drive systems. *Forsch. Ingenieurwesen*, 86, 21-33, 2022.
- [10] Ato, Direct Drive Wind Turbine vs. Geared Drive Wind Turbine, [https://www.windustry.com/direct-drive-wind-turbine-vs-geared-drive-wind-turbine.htm#:~:text=Therefore%2C%20the%20direct%2Ddrive%20concept,power%20industry%20in%20the%20future.\(Erişim tarihi 20.10.2024\).](https://www.windustry.com/direct-drive-wind-turbine-vs-geared-drive-wind-turbine.htm#:~:text=Therefore%2C%20the%20direct%2Ddrive%20concept,power%20industry%20in%20the%20future.(Erişim tarihi 20.10.2024).)
- [11] The Future of Wind Turbines: Comparing Direct Drive and Gearbox, <https://www.engineering.com/the-future-of-wind-turbines-comparing-direct-drive-and-gearbox/>.(Erişim tarihi 15.10.2024).
- [12] Reglobal, Overview of drivetrains, gearboxes and direct drives technologies, <https://www.engineering.com/the-future-of-wind-turbines-comparing-direct-drive-and-gearbox/>.(Erişim tarihi 15.10.2024).
- [13] RenewableMatch, Strong Market Opportunity: Outlook for direct drives and gearbox-based wind turbine technologies, <https://renewablewatch.in/2021/10/12/strong-market-opportunity/> (Erişim tarihi 15.10.2024).

## FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİP ALGORİTMALARI

**Dr.Öğr.Üyesi Ahmet ILICA**

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü

ahmet.ilica@dpu.edu.tr - 0000-0003-3344-6618

### ÖZET

Doğada bol miktarda bulunan ve tüketim bölgesinde üretilebilen güneş enerjisi, çevresel kaygı oluşturmayan, temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynaktır. Ancak güneş ışığından güç üreten fotovoltaik (PV) sistemlerin verimliliği düşük değerlerdedir. PV sistemlerinden maksimum gücü çıkarmak için maksimum güç noktası takibi (MPPT) algoritmaları kullanılmaktadır. Sıcaklık, güneş ışınımı, kısmi gölgeleme gibi değişen çalışma koşulları PV panel çıkışı etkileyip sistem verimini değiştirdiğinden MPPT büyük önem taşımaktadır. MPPT algoritmaları güç elektroniği dönüştürücüleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu dönüştürücüler, verimli bir PV güç izleme sistemi kontrolü için çok önemli bir görevi gerçekleştirir ve üretilen gücü AC şebekeye veya pil depolama sistemine aktarır. Bu çalışmada PV sistemlerinin doğruluğunu, kararlılığını ve verimliliğini artıran geleneksel ve modern MPPT tekniklerinin incelemesi sunulmuştur. Literatürde PV sisteminin tepe güç çıkışını ayarlamak ve üretim verimliliğini artırmak için birçok farklı MPPT kontrol yöntemi önerilmiştir. Her tekniğin kendine özgü bir yapısı, çalışma prensibi, avantajları ve dezavantajları vardır. Bu tekniklerin uygunlukları farklı uygulamalar için değişmektedir. Geleneksel MPPT teknikleri, yapısı nispeten basit ve hesaplama açısından ekonomiktir. Ancak geleneksel MPPT yöntemlerinde yerel maksimumlarda sıkışıp kalma ve ışınım şiddetindeki hızlı değişiklikler sırasında daha yavaş izleme gibi sorunlarla karşılaşabilmektedir. Kısmi gölgeleme koşullarına duyarlılık, dinamik ışınım koşulları altında sınırlı verimlilik ve doğru sistem parametreleri gereksinimi MPPT tekniklerinin sınırlamaları arasındadır. Bu sınırlamaları gidermek için değişen sistem parametrelerine karşı daha dayanıklı optimizasyon tabanlı veya makine öğrenmesi tabanlı MPPT teknikleri geliştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Bu teknikler çalışma koşullarına daha iyi uyum sağlayıp daha hızlı izleme yapabilmektedir, ancak hesaplaması karmaşık, maliyetli daha yüksek ve uygulanması daha fazla zaman gerektirebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Fotovoltaik, Maksimum güç noktası takibi

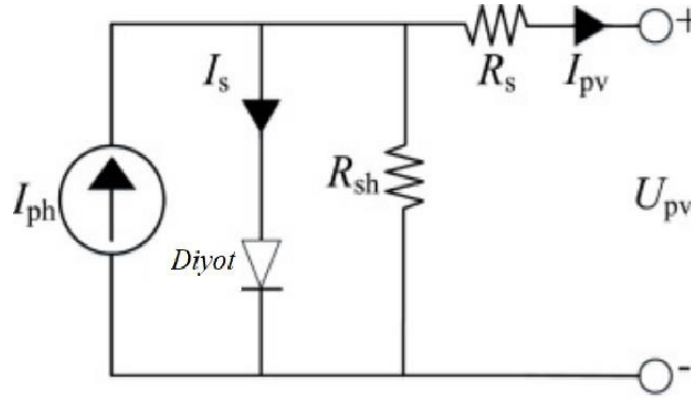
## MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Solar energy, which is abundant in nature and can be produced in the consumption area, is a clean, renewable and sustainable source that does not cause environmental concerns. However, the efficiency of photovoltaic (PV) systems that generate power from sunlight is low. Maximum power point tracking (MPPT) algorithms are used to extract maximum power from PV systems. Since changing operating conditions such as temperature, solar radiation and partial shading affect the PV panel output and change the system efficiency, MPPT is of great importance. MPPT algorithms are implemented with power electronic converters. These converters perform a very important task for an efficient PV power tracking system control and transfer the generated power to the AC grid or battery storage system. In this study, a review of traditional and modern MPPT techniques that increase the accuracy, stability and efficiency of PV systems is presented. Many different MPPT control methods have been proposed in the literature to adjust the peak power output of the PV system and increase the production efficiency. Each technique has its own structure, operating principle, advantages and disadvantages. The suitability of these techniques varies for different applications. Traditional MPPT techniques are relatively simple in structure and economical in terms of calculation. However, traditional MPPT methods may encounter problems such as getting stuck in local maxima and slower tracking during rapid changes in radiation intensity. Limitations of MPPT techniques include sensitivity to partial shading conditions, limited efficiency under dynamic radiation conditions, and the need for accurate system parameters. In order to overcome these limitations, studies are ongoing to develop optimization-based or machine learning-based MPPT techniques that are more robust to changing system parameters. These techniques can better adapt to operating conditions and provide faster tracking, but their computational complexity, higher cost, and implementation time may be required.

**Keywords:** Photovoltaic, Maximum power point tracking

## 1. GİRİŞ

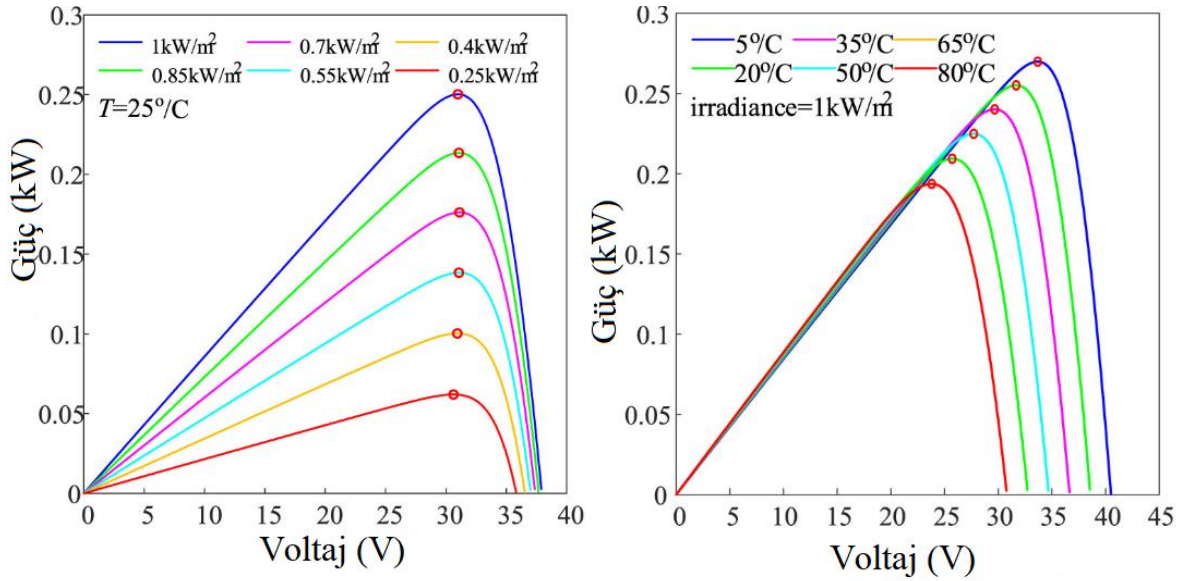
Günümüzde elektrik enerjisine olan talep her geçen gün hızla artarken, fosil yakıtlar tükenmekte ve fosil yakıt kaynaklı güç üretimi çevresel kaygılara neden olmaktadır. Güneş enerjisi, temiz olması ve bol miktarda bulunması nedeniyle önümüzdeki yıl yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olmaya devam edecektir. Dünya çapında artan iklim endişeleri, insanları geleneksel ve tükenen enerji kaynaklarının kullanımı konusunda düşündürmektedir. Bu da yenilenebilir enerji gibi çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Fotovoltaik (PV) sistemi, çevre dostu çalışması ve diğer kaynaklara göre teknolojik avantajı sayesinde gelecek vaat eden enerji kaynaklarından biridir. Son yıllarda PV sistemler, fosil yakıt tüketimini ve karbondioksit emisyonunu azaltmak için giderek daha popüler bir teknik haline gelmiştir ve kurulumları giderek artmaktadır[1-4]. Bu teknolojinin yaygın olarak uygulanması, yenilenebilir enerjinin dünya çapında büyümesini sağlamıştır. Ancak, PV güç üretim sistemleri genellikle pratik uygulamalarda düşük güç üretim verimliliğine sahiptir. Özellikle, kısmi gölgeleme koşulları sistemde birden fazla yerel maksimum güç noktasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, PV sistemlerden elde edilebilecek gücü en üst düzeye çıkarmak için çalışma noktasının MPPT teknolojisini kullanarak verimli ve doğru bir şekilde değiştirilmesi çok önemlidir[5-8]. PV hücrelerinin matematiksel modellenmesi, PV güç üretiminin mekanizmasını anlamak, PV hücrelerinin voltaj-Güç özelliklerini tanımak ve MPPT teknolojisini gerçekleştirmek için temeldir. PV hücrelerinin matematiksel modellenmesi üzerine uzun vadeli araştırmalar yürütülmüş ve çeşitli PV hücre modelleme yöntemleri önermiştir. Görsel 1, PV hücrelerinin tek diyot eşdeğer devre modelini göstermektedir [9].



Görsel 1. PV hücreleri tek diyot eşdeğer devre model [10].

Şekilde panel akım kaynağı ( $I_{ph}$ ), kısa devre akımı ( $I_2$ ), paralel direnç ( $R_{sh}$ ), Seri direnç ( $R_s$ ), çıkış akımı ( $I_{pv}$ ) ve çıkış voltajı ( $U_{pv}$ ) görülmektedir.  $R_{sh}$ , sonsuz ve  $R_s$  sıfır kabul edilerek model basitleştirilir[10]. PV hücrelerinin tek diyot modeli, MPPT'de en yaygın kullanılan eşdeğer devre modelidir. Bunun başlıca nedeni, model yapısının basit olması, matematiksel ifadesinin hesaplanmasının kolay olması ve ayrıca PV sistemi karakteristikleri için iyi karakterizasyon doğruluğuna sahip olmasıdır [11]. PV hücrelerinin çıkış karakteristikleri üzerinde ışınım ve sıcaklığın etkisine dair daha canlı ve etkili bir anlayış elde etmek için, Görsel 2'de gösterildiği gibi, PV sisteminin farklı koşullar altındaki U-P eğrisi kullanılır. Görsel 2'den,

PV hücrelerinin çıkış gücü ve voltajının karmaşık bir doğrusal olmayan ilişki gösterdiği ve ışınım ve sıcaklıktan büyük ölçüde etkilendiği görülebilir.



**Görsel 2. PV hücrelerin değişmeyen çevre koşullarında P-V eğrileri A) Aynı sıcaklıkta ve farklı ışınım koşulları için P-V eğrileri b) Aynı ışınım koşulları ve farklı sıcaklıkta için P-V eğrileri [10].**

Dinamik çalışma koşulları altında, PV sistemlerinin doğrusal olmayan özellikleri daha karmaşık hale gelmektedir. Bu nedenle geleneksel MPPT modellerinden sistemin dinamik davranışını daha doğru bir şekilde yakalayabilen modellere geçiş için çalışmalar devam etmektedir. Mevcut MPPT algoritmalarının zengin çeşitliliğine rağmen esas olarak belirli koşullar için optimize edilebilmektedir, genellikle ve pratik çalışma ortamına kapsamlı uygulanabilirlik konusunda eksikleri bulunmaktadır. Ayrıca bazı durumlarda tek bir algoritma artan talepler ve sistem karmaşıklığı karşısında yeterince avantajlı olmayabilmektedir. Belirli koşullar altında birden fazla algoritmanın verimli bir şekilde nasıl hibrit bir yapı oluşturabileceği de tartışılmaktadır [12,13]. Bu çalışma da literatür esas alınarak sırasıyla geleneksel, akıllı, optimizasyonlu ve hibrit olmak üzere dört tür algoritmanın bir incelemesi sunulmuştur.

## 2. MPPT ALGORİTMALARI

PV sistemleri için MPPT algoritmalarının araştırma ve geliştirmesi esas olarak geleneksel, optimizasyon tabanlı, akıllı ve hibrit algoritmalar olmak üzere dört grupta sınıflandırılabilir [14-16]. Literatürde MPPT algoritmaları ile ilgili çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Bir çalışma da PV sistemleri için altmış iki MPPT algoritmasını ayrıntılı olarak yedi kategoriye sınıflandırmış ve bunların sistematik bir girişini, kapsamlı bir özetini ve karşılaştırmasını sağlamıştır [17]. Diğer bir çalışma da ise tekdüze çevre koşulları (TÇK-UEC) ve kısmi gölgeleme koşulları (KGGK-PSC) altında farklı MPPT algoritmalarının özelliklerini, uygulama

yöntemlerini, avantajlarını ve zayıflıklarını araştırmış ve ayrıca farklı çevre koşulları altındaki uygulanabilirliklerini ve darboğazlarını özetlemiştir[18].

## 2.1. Geleneksel Algoritmalar

Geleneksel algoritmalar, temel araştırma açısından daha kapsamlı olmasının yanı sıra basit ve uygulanması kolaydır. Düzgün ışınım durumunda daha verimlidirler. En yaygın geleneksel algoritmalar arasında Değiştir ve gözle (D&G-P&O) [18], artımlı iletkenlik (ARİ-INC) [19], sabit voltaj (SV-CV), sabit akım (SA-CC) [20] ve yokuş tırmanma (YT-HC) [10, 21] bulunmaktadır. D&G ve YT, her ikisi de bir bozulma getirerek optimum çıkış gücünün değiştiği yönü belirler. Aralarındaki tek fark bozulma parametresidir. MPP'yi izlemek için D&G voltajı veya akımı algılar ve bozar, YT ise görev döngüsünü bozar. ARİ, zaman içinde iletkenlik türevinin anlık iletkenliğe oranını tespit ederek optimum çalışma noktasını belirlemek için kullanılır. SV, PV sisteminin MPP voltajını kontrol etmek için bir referans voltajı veya belirli koşullar altında sabitlenmiş bir değer kullanır. Çünkü MPPT voltajı açık devre voltajının %70-80'i civarındadır. Bu yöntemde belirli aralıklarla panel çıkışı devreden ayrılarak açık devre voltajı ölçülür ve buradan MPPT voltajı hesaplanır. SV'ye benzer şekilde, SA sisteminin sabit bir akım durumunda çalışmasını sağlar. Farklı geleneksel algoritmaların karşılaştırması Çizelge 1'de gösterilmiştir. Geleneksel D&G'nun izlemesi 13,8 saniye süren gücü 10,1 saniyede izleyebilen uyarlanabilir bir D&G MPPT algoritması geliştirmiştir [22] ve daha az sabit durum salınımlarıyla MPP'nin hızlı izlenmesini sağlamıştır. SV yönteminde PV hücrelerinin çıkış voltajını açık devre voltajının 0,8 katı olacak şekilde kontrol eden sabit 3voltaj MPPT teknolojisidir[25]. MPPT süreci basit ve hızlıdır sıcaklık değiştiğinde, sabit voltaj yönteminin doğruluğu azalmakta ve sabit voltaj yönteminde teknik iyileştirme yoluyla dış ortamın etkisinden kaçınmak zorlaşmaktadır. Ayrıca, MPP voltajı ile açık devre voltajı arasındaki ilişki farklı ışınım değerleri için aynı kalmaz ve geniş ölçekli PV uygulamalarında çok fazla ışık kaynağı israfına yol açabilecek kapsamlı bir kontrol gerektirmektedir. Bu nedenle, MPPT teknolojisinin geliştirme sürecinde geniş ölçekli uygulaması büyük ölçüde azaltılmıştır. Yapılan bir çalışma da 20 klasik algoritmanın daha kapsamlı bir karşılaştırmasını sağlamıştır. Karşılaştırıldığında, geleneksel algoritmaların MPP etrafındaki salınım yaptığı ve bunun da güç kayıplarına yol açabileceği görülebilir. Dinamik olarak değişen çalışma koşullarına uyum sağlama yeteneği zayıftır, özellikle KGK altında, yerel optimizasyona düşme eğilimindedirler[24].

**Çizelge 1. Beş geleneksel algoritmanın karşılaştırılması (10)**

A	B	C	D	E	F	G	H	
							Avantajları	Dezavantajları
P&O (D&G)	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Orta	V, I	Basit kontrol yapısı, Çok az ölçme parametresi, yüksek izleme kapasitesi	Yüksek kararlı durum kaybı, MPP etrafında osilasyon, kısmi gölgelenmede yerel optimuma takılma
INC (ARİ)	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Orta	V, I	Düşük güç kaybı, MPP etrafında düşük osilasyon	Yerel optimuma kolay düşme, değişken adım boyutu karmaşık ve maliyetli kontrol devresi gerektirir
CV (SV)	Yavaş	Düşük	Düşük	Düşük	Ucuz	V	Kurulumu basit ve kolay, yüksek stabilite, Küçük sıcaklık değişimlerine adapte olma	Zayıf izleme kapasitesi, Yüksek güç kaybı, Kısmi gölgelenmede yerel optimuma takılm, PV modül karakteristiğine bağımlı olma.
CC (SA)	Yavaş	Düşük	Düşük	Düşük	Ucuz	I	Kurulumu basit ve kolay, yüksek stabilite, Küçük sıcaklık değişimlerine adapte olma	Zayıf izleme kapasitesi, Yüksek güç kaybı, Kısmi gölgelenmede yerel optimuma takılm, PV modül karakteristiğine bağımlı olma.
HC (YT)	Orta	Orta	Orta	Düşük	Orta	V, I	Kurulumu basit ve kolay, PV modül karakteristiğinden bağımsız.	Düşük doğruluk, Sabit durum ve dinamik yanıt hatası arasında denge kurma zorluğu

A: Algoritma, B: İzleme hızı, C: İzleme doğruluğu, D: Verimlilik, E: Karmaşıklık, F: Maliyet, G: Algılama parametreleri, H: Özellikler

## 2.2. Optimizasyon Algoritmaları

Canlıların doğal yaşam süreçlerinden veya davranış kalıplarından esinlenen sezgisel optimizasyon algoritmaları (SOA), bir soruna tüm olası alternatifler arasından en iyi çözümü

bulabilir. Dinamik çalışma koşulları altında yerel bir optimuma düşme olasılıkları daha düşüktür ve doğrusal olmayan sorunları çözmeye daha esnek olabilirler [25, 26]. Bir çok SOA geliştirilmiştir. Bazıları parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) [27], genetik algoritma (GA) [28], gri kurt optimizasyonu (GWO) [29], karınca kolonisi optimizasyonu (ACO) [30] ve ateş böceği algoritması (FA) [31] olarak verilebilir. Çizelge 2, bu algoritmaların birkaçını karşılaştırmaktadır[32]. İki SOA buradakısaca açıklanmaktadır. Puma optimizasyonu (PO) [33] ve tepeli kirpi optimizasyonu (CPO) [34]. PO, erkek pumanın optimum çözüm olarak hizmet ettiği ve pumanın bölgesinin tüm optimizasyon alanı olduğu pumaların doğal avlanma davranışından ilham almaktadır. Algoritma, keşif ve sömürü aşamalarını değiştirmek için yeni bir faz değişimi hiper-sezgisel zeka mekanizması benimser. CPO, taçlı kirpilerin kendilerini yırtıcılardan korumak için kullandıkları dört savunma stratejisini simüle eder: Görme, ses, koku ve fiziksel saldırı. Çalışmanın sonuçları, CPO'nun ortalama uygunluk, yakınsama eğrisi ve hesaplama maliyeti açısından karşılaştırma algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. Bu iki algoritmayı PV MPPT'ye uygularken, kararlı güç çıkışı doğrudan elde edilen görev döngüsünün (Dc) karşılık gelen uygunluk değeri olarak düşünülebilir. Daha büyük uygunluk değerleriyle ilişkili bireyler, daha iyi veya daha yüksek kaliteli bir çözüme sahip olduğunu gösterir. Her bir kontrol döngüsü için uygunluk değerleri, gerçek voltaj ve akım toplanarak belirlenecektir[10].

**Çizelge 2. Beş optimizasyon MPPT tekniğinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi[10]**

A	B	C	V	E	F	G
PSO	Yüksek	Orta	Çok yüksek	Orta	Orta	V, I
GA	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	V, I
GWO	Orta	Yüksek	Çok yüksek	Orta	Orta	V, I
ACO	Yüksek	Orta	Çok yüksek	Düşük	Orta	V, I
FA	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	V, I

A: Algoritma, B: İzleme hızı, C: İzleme doğruluğu, D: Verimlilik, E: Karmaşıklık, F: Maliyet, G: Algılama parametreleri

### 2.3. Akıllı Algoritmalar

Karmaşık aritmetik veya hassas parametrelere sahip olmayan, izleme hızını artırma, hesaplama süresini azaltma ve MPP yakınındaki güç dalgalanmalarını en aza indirme gibi nihai MPPT yöntemleri. Yaygın olarak kullanılan akıllı algoritmalar arasında bulanık mantık kontrolü (FLC) [35], kayan mod kontrolü (SMC) [36], yapay sinir ağları (ANN) [37] ve Gauss-Newton yöntemi [38] sayılabilir[23]. Çizelge 3, bu dört akıllı algoritmanın parametrelerini karşılaştırmaktadır. FLC, PV sisteminin doğru modellenmesine bağlı değildir. Üç ana aşaması vardır: Bulanıklaştırma, çıkarım ve bulanıklaştırma giderme. Simülasyon sonuçları, FLC tabanlı MPPT'nin D&G'ye kıyasla daha hızlı yakınsama, daha yüksek kararlılık ve daha düşük izleme hatasına sahip olduğunu göstermiştir[39]. SMC'nin temel prensibi, DC bağlantı kapasitörünün akımını algılayarak DC-DC dönüştürücüyü kontrol etmektir. SMC, verimli bir kayan yüzey anahtarlama eylemini etkinleştirerek maksimum gücü çıkarır. SMC ve tek entegre kayan modlu kontrolör (SISMC) ile karşılaştırıldığında %99,10 verimlilik ve 0,035 saniye ayar süresine sahip çift entegre kayan modlu kontrolörü (DISMC) tasarlanmıştır[40]. ANN, giriş ve çıkış düğümleri arasında doğrusal olmayan bir eşleme oluşturarak PV sisteminin özelliklerini öğrenir. Çıkış gücünün doğru tahminini elde etmek için sistem verilerine dayalı olarak sürekli



eğitim alır. ANN'nin iyileştirilmesi ve optimizasyonu için yenilikçi bir şekilde iki aşamalı bir MPPT yöntemi geliştirilmiştir[41]. Sonuçlar, bu iyileştirilmiş ANN'nin en kısa izleme süresine ve %99,99 kadar yüksek bir izleme doğruluğuna ulaştığını göstermiştir. Mevcut akıllı algoritmaları kategorilere ayrılarak avantajlarını ve dezavantajlarının karşılaştırıldığı çalışmalar yapılmıştır[42].

**Çizelge 3. Dört akıllı MPPT tekniğinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi[10]**

A	B	C	D	E	F	G
FLC	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Orta	V, I, G, T
SMC	Çok yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	V, I
ANN	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	V, I, G, T
Gauss-newton	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	V, I

A: Algoritma, B: İzleme hızı, C: İzleme doğruluğu, D: Verimlilik, E: Karmaşıklık, F: Maliyet, G: Algılama parametreleri

## 2.4. Hibrit Algoritmalar

Sistemlerin karmaşıklaşması ile birlikte tek algoritmanın yeterli olamadığı durumlarda farklı algoritmaların işbirliği ile hibrit algoritmalar geliştirilmiş ve daha üstün MPPT performansı elde edilebilmiştir. Geleneksel-geleneksel algoritmalar, geleneksel-akıllı veya geleneksel-optimizasyon algoritmaları olmak üzere üç hibrit algoritma kombinasyonu gerçekleştirilebilmektedir. INC ve integral geri adımlama denetleyicisinden (IBSC) oluşan bir hibrit yaklaşım ile PV sisteminin operasyonel verimliliğini %99,94'e çıkarılabilmektedir[43]. INC-IBSC, maksimum gücü izlemede INC'den yaklaşık 4 kat daha hızlıydı. Farklı çevre koşulları altında MPPT'yi daha verimli ve doğru hale getirmek için yapay tavşan optimizasyonunu (ARO) ve P&O'yu birleştirilmiştir[44]. Algoritmanın üstün MPPT performansına sahip olduğunu, MPPT izleme verimliliğinin ve genel sistem verimliliğinin çok yüksek yüzdelik değerlere çıktığı görülmüştür. ANN'yi hibrit GS-PS ile eğiten ve ANN MPP'yi doğru bir şekilde tanıyamadığında P&O'nun çalışmaya başladığı hibrit bir yerçekimi arama (GS)-desen arama (PS)-yapay sinir ağı (ANN)-P&O algoritması önerilmiştir[45]. Önerilen algoritmanın MPPT doğruluğu, farklı sıcaklık ve radyasyon koşulları altında değerlendirilmiştir. Çizelge 4, yukarıda açıklanan üç hibrit algoritmanın kısa bir karşılaştırmasını göstermektedir. Üç ana tür ve yaklaşık doksan hibrit MPPT algoritması hakkında daha kapsamlı bir genel bakış sağlanan bir çalışma bulunmaktadır[46].

**Çizelge 4. Üç hibrit MPPT tekniğinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi[10]**

A	B	C	D	E	F	G
INC-IBSC	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Orta	V, I
ARO-P&O	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	V, I
GS-PS-ANN-P&O	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok Yüksek	V, I, G, T

A: Algoritma, B: İzleme hızı, C: İzleme doğruluğu, D: Verimlilik, E: Karmaşıklık, F: Maliyet, G: Algılama parametreleri

Yapılan bir çalışma da MPPT algoritmaları benzer şekilde dört şekilde sınıflandırılmış ve yaklaşık aynı kriterler açısından yapılan karşılaştırmalarda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Tekniklerin sayısı farklılık gösterebilmektedir. Kısmi gölgeleme koşulları altında akıllı, optimizasyon ve hibrit yöntemler daha başarılı bulunmuştur. Ancak izleme hızı açısından geleneksel yöntemler daha başarılı bulunmuştur[47, 48]. Çizelge 5’de MPPT’tekniklerinin farklı bir sınıflandırılması görülmektedir.

**Çizelge 5. MPPT tekniklerinin genel sınıflandırılması[48]**

Classical MPPT control techniques	Perturb and observe P&O
	Constant Voltage CV
	Ripple Correlation Control RCC
	Hill Climbing HC
	Improved Perturb and Observe IP&O
	Short Circuit Current SCC
	Open Circuit Voltage OCV
	Adaptive Reference Voltage ARV
	Incremental Conductance InC
	Look-Up Table-Based MPPT LTB MPP
Intelligent MPPT control Techniques	Artificial Neural Network ANN
	Fuzzy Logic Controller FLC
	Sliding Mode Control SMC
	Fibonacci Series-Based MPPT FSB MPPT
	Gauss Newton Technique GNT
Optimization techniques	Particle Swarm Optimization PSO
	Cuckoo Search CS
	Artificial Bee Colony ABC
	Ant Colony Optimization ACO
	Grey Wolf Optimization GWO
	Genetic Algorithms GA
Hybrid techniques	Adaptive Neuro Fuzzy
	Inference System ANFIS
	Fuzzy Particle Swarm
	Optimization FPSO
	Grey Wolf Optimization
	Perturb and Observe GWO-P&O
	Particle Swarm Optimization
	Perturb and Observe PSO-P&O
Hill Climbing Adaptive	
Neuro Fuzzy Inference System HC-ANFIS	

Şimdiye kadar yapılan başarılı çalışmalara rağmen karmaşık ve hızlı değişen ışınım koşulları altında MPPT’nin hızı, doğruluğu ve kararlılığı arasındaki dengeye ilişki daha fazla araştırmaya yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. MPPT’nin araştırmaya yönlerinin, akıllı kontrol, optimizasyon yöntemlerini kullanmak ancak bu yöntemler hesaplama karmaşıklığı ve düşük pratikliği dezavantajlarını dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Yavaş ve hızlı değişen bulutlanmaya yine daha fazla odaklanılması ve modelleme ve ampirik veri toplama yöntemleri geliştirilmelidir. MPPT tekniklerinin maksimum güç noktasını takip yanında enerji kullanım endeksi eklenmelidir[49]. Kısmi gölgeleme koşulu altında uygun bir MPPT seçmek için farklı optimizasyon tekniklerinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu çeşitli yöntemlerden hangisinin daha iyi olduğu sonucuna varmak çok zordur. MPPT seçimi uygulamaya, donanım kullanılabilirliğine, maliyete, yakınsama süresine, sistemin doğruluğuna

ve güvenilirliğine bağlıdır. [50]. MPPT tekniklerinin örnek bir karşılaştırması Çizelge 6'da görülmektedir.

**Çizelge 6. MPPT tekniklerinin örnek karşılaştırması[51]**

Teknik Parametreler	P&O	IC	DIS	PSO	ANN	ANFIS	FLC
Dinamik izleme	R	H	H	L	H	H	H
Ön ayar	N	N	Y	Y	Y	Y	Y
Sabit izleme	R	H	R	R	H	H	H
Donanım uygulaması	E	E	M	C	C	C	M
Algoritma karmaşıklığı	L	L	M	L	M	H	H
Değişen atmosfer koşullarına yanıt	F	F	M	M	M	S	S
Simülasyon zamanı	M	F	M	F	M	S	S
Yakınsama hızı	F	F	M	M	M	S	S
MPP etrafında salınım	H	M	M	L	L	L	L
Maliyet	INX	AV	AV	EX	EX	EX	AV
Keskinlik	Go	Go	Go	AC	VG	VG	Go
Ayarlama karmaşıklığı	L	L	M	M	H	H	H
Sensörlerin sayısı ve türleri	2 V, I	2 V, I	2 V, I	2 V, I	3 V, T, G	3 V, T, G	2 V, I

H: yüksek; R: makul; M: orta; F: hızlı; AV: ortalama; L: düşük; Y: evet; N: hayır; AC: kabul edilebilir; S: yavaş; Go: iyi; VG: çok iyi; E: kolay; C: karmaşık; INX: ucuz; EX: pahalı; V: voltaj; I: akım; G: ışınlama

### 3. SONUÇ

PV sistemleri için MPPT teknolojisi mevcut araştırmalarda kayda değer ilerlemeler kaydetmiştir, ilerlemeye devam etmektedir. Yüksek hassasiyet karmaşıklık, maliyet getirmektedir. Bu nedenle doğruluk, hassasiyet, karmaşıklık kısıtlarını esas alarak en uygun yöntem geliştirilmeye çalışılmaktadır. Geleneksel algoritmalar değişmeyen koşullar için basit ve ucuz olmaları nedeniyle uygundur. Akıllı algoritmalar matematik model gerektirmez ve izleme doğruluğu yüksektir. Optimizasyon tabanlı sistemler dinamik ve doğrusal olmayan zamanla değişen sistemler için daha uygundur. Farklı algoritmaların güç, yönlerinin kombinasyonu şeklinde olan hibrit algoritmalarda hesaplama karmaşıklığı olmasına rağmen KGK ve dinamik yapılarda daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Ancak parametre ayarı için daha fazla çalışma yapılması gerekebilir. PV sistemler için MPPT tasarımında doğruluk, minimum maliyet, minimum karmaşıklık, yüksek hız, yüksek verimlilik temel esaslar özetlenebilir.

### KAYNAKÇA

- [1] Yang, B., Xie, R., & Guo, Z. Maximum Power Point Tracking Technology for PV Systems: Current Status and Perspectives. Energy Engineering, 121(8), 2009-2022, 2024.
- [2] Mansoor, M., Mirza, A. F., & Ling, Q. Harris hawk optimization-based MPPT control for PV systems under partial shading conditions. Journal of Cleaner Production, 274, 122857, 2020.

- [3] Dhande, M. D. P., Chaudhari, A. P., & Mahajan, G. K. A. Review of Various MPPT Techniques for Photovoltaic System. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 2(12), 1-11, 2015.
- [4] Mahmud, M. A., Pota, H. R., & Hossain, M. J. Nonlinear Current Control Scheme For A Single-Phase Grid-Connected Photovoltaic System. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 5(1), 218-227, 2013.
- [5] Obaideen, K., Olabi, A. G., Al Swailmeen, Y., Shehata, N., Abdelkareem, M. A., Alami, A. H., ... & Sayed, E. T. Solar Energy: Applications, Trends Analysis, Bibliometric Analysis and Research Contribution to Sustainable Development Goals (SDGs). *Sustainability*. 2023; 15 (2): 1418., 2023.
- [6] Yang, B., Wu, S., Huang, J., Guo, Z., Wang, J., Zhang, Z., ... & Jiang, L. Salp Swarm Optimization Algorithm Based MPPT Design For PV-TEG Hybrid System Under Partial Shading Conditions. *Energy Conversion and Management*, 292, 117410, 2023.
- [7] Yang, B., Xie, R., Duan, J., & Wang, J. State-of-the-art review of MPPT techniques for hybrid PV-TEG systems: Modeling, methodologies, and perspectives. *Global Energy Interconnection*, 6(5), 567-591, 2023
- [8] Rezazadeh, S., Moradzadeh, A., Pourhossein, K., Mohammadi-Ivatloo, B., & Garcia Marquez, F. P. Photovoltaic array reconfiguration under partial shading conditions for maximum power extraction via knight's tour technique. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(9), 11545-11567, 2023.
- [9] Ma M, Liu X, Lee KY. Maximum Power Point Tracking and Voltage Regulation of Two-Stage Grid-Tied PV System Based on Model Predictive Control. *Energies*. 13(6):1304, 2020.
- [10] J. L. Li, Y. W. Wu, S. L. Ma, M. X. Chen, B. P. Zhang and B. Jiang, Analysis of photovoltaic array maximum power point tracking under uniform environment and partial shading condition: A review, *Energy Rep.*, vol. 8, pp. 13235–13252, 2022.
- [11] Suo, C., Zhang, W., Wu, G., Gui, J., Zhao, L., & Ma, C. (2015). Modelling and simulation of MPPT algorithm for PV grid-connected system. *Integrated Ferroelectrics*, 162(1), 18-23, 2015.
- [12] Sharma, A. K., Pachauri, R. K., Choudhury, S., Minai, A. F., Alotaibi, M. A., Malik, H., & Márquez, F. P. G. Role of metaheuristic approaches for implementation of integrated MPPT-PV systems: a comprehensive study. *Mathematics*, 11(2), 269, 2023.

- [13] Yang, B., Ye, H., Wang, J., Li, J., Wu, S., Li, Y., & Ye, H. PV arrays reconfiguration for partial shading mitigation: Recent advances, challenges and perspectives. *Energy Conversion and Management*, 247, 114738, 2021.
- [14] Sangeetha, B., Manjunatha, K., Thirusenthil Kumaran, P., Sheela, A., Yamuna, K. S., & Sivakumar, S. Performance Optimization in Photovoltaic Systems: A Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(3), 1507-1518, 2024.
- [15] Mohapatra, A., Nayak, B., Das, P., & Mohanty, K. B. A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 854-867, 2017.
- [16] Bollipo, R. B., Mikkili, S., & Bonthagorla, P. K. Hybrid, optimal, intelligent and classical PV MPPT techniques: A review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 7(1), 9-33, 2020.
- [17] Yang, B., Zhu, T., Wang, J., Shu, H., Yu, T., Zhang, X., ... & Sun, L. Comprehensive overview of maximum power point tracking algorithms of PV systems under partial shading condition. *Journal of Cleaner Production*, 268, 121983, 2020.
- [18] Alik, R., & Jusoh, A. An enhanced P&O checking algorithm MPPT for high tracking efficiency of partially shaded PV module. *Solar Energy*, 163, 570-580, 2018.
- [19] Owusu-Nyarko, I., Elgenedy, M. A., Abdelsalam, I., & Ahmed, K. H. Modified variable step-size incremental conductance MPPT technique for photovoltaic systems. *Electronics*, 10(19), 2331, 2021.
- [20] Wang, H., Vinayagam, L., Jiang, H., Cai, Z. Q., & Li, H. New MPPT solar generation implemented with constant-voltage constant-current DC/DC converter. In 2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC) (pp. 1-6). IEEE, 2016
- [21] Bahari, M. I., Tarassodi, P., Naeini, Y. M., Khalilabad, A. K., & Shirazi, P. Modeling and simulation of hill climbing MPPT algorithm for photovoltaic application. In 2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM) (pp. 1041-1044). IEEE, 2016.
- [22] Mohapatra, A., Nayak, B., & Saiprakash, C. Adaptive perturb & observe MPPT for PV system with experimental validation. In 2019 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies and Systems (ICSETS) (pp. 257-261). IEEE, 2019.
- [23] Lee, S. A three-phase grid-connected pv generation system with a constant voltage based maximum power point tracking. In Proceedings of the 2nd International

- Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems (ICITES2013) (pp. 545-552), 2014.
- [24] Kumar, M., Panda, K. P., Rosas-Caro, J. C., Valderrabano-Gonzalez, A., & Panda, G. Comprehensive review of conventional and emerging maximum power point tracking algorithms for uniformly and partially shaded solar photovoltaic systems. *Ieee Access*, 11, 31778-31812, 2023.
- [25] Yang, B., Zhong, L., Zhang, X., Shu, H., Yu, T., Li, H., ... & Sun, L. Novel bio-inspired memetic salp swarm algorithm and application to MPPT for PV systems considering partial shading condition. *Journal of cleaner production*, 215, 1203-1222, 2019.
- [26] Molina, D., Poyatos, J., Ser, J. D., García, S., Hussain, A., & Herrera, F. Comprehensive taxonomies of nature-and bio-inspired optimization: Inspiration versus algorithmic behavior, critical analysis recommendations. *Cognitive Computation*, 12, 897-939, 2020.
- [27] Pan, L., Zhao, Y., & Li, L. Neighborhood-based particle swarm optimization with discrete crossover for nonlinear equation systems. *Swarm and Evolutionary Computation*, 69, 101019, 2022.
- [38] Hassan, A., Bass, O., & Masoum, M. A. S. (2023). An improved genetic algorithm based fractional open circuit voltage MPPT for solar PV systems. *Energy Reports*, 9, 1535–1548, 2023.
- [29] Sekar, K., Arasan, E., & Chandrasekaran, K. Grey Wolf Optimization and Fed Fast Terminal Sliding Mode Controllers Based on Interleaved Boost Converters for Symmetric PV Systems under Asymmetric Partial Shading. *Symmetry*, 15(7), 1339, 2023.
- [30] Phanden, R. K., Sharma, L., Chhabra, J., & Demir, H. İ. A novel modified ant colony optimization based maximum power point tracking controller for photovoltaic systems. *Materials Today: Proceedings*, 38, 89-93, 2021.
- [31] Watanabe, R. B., Ando Junior, O. H., Leandro, P. G. M., Salvadori, F., Beck, M. F., Pereira, K., ... & de Oliveira, F. M. Implementation of the bio-inspired metaheuristic firefly algorithm (FA) applied to maximum power point tracking of photovoltaic systems. *Energies*, 15(15), 5338, 2022.
- [32] Farh, H. M. H., Fathy, A., Al-Shamma'a, A. A., Mekhilef, S., & Al-Shaalán, A. M. Global research trends on photovoltaic maximum power extraction: Systematic and

- scientometric analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 61, 103585, 2024.
- [33] Abdollahzadeh, B., Khodadadi, N., Barshandeh, S., Trojovský, P., Gharehchopogh, F. S., El-kenawy, E. S. M., ... & Mirjalili, S. (2024). Puma optimizer (PO): A novel metaheuristic optimization algorithm and its application in machine learning. *Cluster Computing*, 1-49, 2024.
- [34] Abdel-Basset, M., Mohamed, R., & Abouhawwash, M. (2024). Crested Porcupine Optimizer: A new nature-inspired metaheuristic. *Knowledge-Based Systems*, 284, 111257, 2024.
- [35] Yahiaoui, F., Chabour, F., Guenounou, O., Zaouche, F., Belkhier, Y., Bajaj, M., ... & Kamel, S. Experimental validation and intelligent control of a stand-alone solar energy conversion system using dSPACE platform. *Frontiers in Energy Research*, 10, 971384, 2022.
- [36] Priyadarshi, N., Maroti, P. K., & Khan, B. An adaptive grid integrated photovoltaic system with perturb T–S fuzzy based sliding mode controller MPPT tracker: An experimental realization. *IET Renewable Power Generation*, 2023.
- [37] Khan, M., Raza, M. A., Jumani, T. A., Mirsaeidi, S., Ali, A., Abbas, G., & Alshahir, A. (2023). Modeling of intelligent controllers for solar photovoltaic system under varying irradiation conditions. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1288486, 2023.
- [38] Olabi, A. G., Abdelkareem, M. A., Semeraro, C., Al Radi, M., Rezk, H., Muhaisen, O., & Sayed, E. T. (2023). Artificial neural networks applications in partially shaded PV systems. *Thermal Science and Engineering Progress*, 37, 101612, 2023.
- [39] Yahiaoui, F., Chabour, F., Guenounou, O., Zaouche, F., Belkhier, Y., Bajaj, M., ... & Kamel, S. Experimental validation and intelligent control of a stand-alone solar energy conversion system using dSPACE platform. *Frontiers in Energy Research*, 10, 971384, 2022.
- [40] Rahul, I., & Hariharan, R. Enhancement of solar PV panel efficiency using double integral sliding mode MPPT control. *Tsinghua Science and Technology*, 29(1), 271-283, 2023.
- [41] Ye, S. P., Liu, Y. H., Pai, H. Y., Sangwongwanich, A., & Blaabjerg, F. A novel ANN-based GMPPT method for PV systems under complex partial shading conditions. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 15(1), 328-338, 2023.

- [42] Cheng, H., Li, S., Fan, Z., & Liu, L. Intelligent MPPT control methods for photovoltaic system: a review. In 2021 33rd Chinese Control and Decision Conference (CCDC) (pp. 1439-1443). IEEE, 2021.
- [43] Harrison, A., Alombah, N. H., & de Dieu Nguimfack Ndongmo, J. A New Hybrid MPPT Based on Incremental Conductance-Integral Backstepping Controller Applied to a PV System under Fast-Changing Operating Conditions. *International Journal of Photoenergy*, 2023(1), 9931481, 2023.
- [44] Gabriel Santhosh Kumar, G., & Titus, S. Hybrid artificial rabbit optimization and perturb & observe MPPT for grid-connected PV system. *Electric Power Components and Systems*, 52(11), 2008-2029, 2024.
- [45] Alkhalaf, S., Ali, Z. M., & Oikawa, H. A novel hybrid gravitational and pattern search algorithm based MPPT controller with ANN and perturb and observe for photovoltaic system. *Soft Computing*, 26(15), 7293-7315, 2022.
- [46] Liu, H., Khan, M. Y. A., & Yuan, X. Hybrid maximum power extraction methods for photovoltaic systems: A comprehensive review. *Energies*, 16(15), 5665, 2023.
- [47] Senthilkumar, S., Mohan, V., Deepa, R., Nuthal Srinivasan, M., Senthil Kumar, T., Thanikanti, S. B., & Prathap, N. A review on MPPT algorithms for solar PV systems. *International Journal of Research-GRANTHAALAYAH*, 11(3), 25-64, 2023.
- [48] Kathe, M. L., Makokha, A. B., Zachary, S. O., & Adaramola, M. S. A comprehensive review of maximum power point tracking (mppt) techniques used in solar pv systems. *Energies*, 16(5), 2206, 2023
- [49] Mao, M., Cui, L., Zhang, Q., Guo, K., Zhou, L., & Huang, H. Classification and summarization of solar photovoltaic MPPT techniques: A review based on traditional and intelligent control strategies. *Energy Reports*, 6, 1312-1327, 2020.
- [50] Mohapatra, A., Nayak, B., Das, P., & Mohanty, K. B. A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 854-867, 2017.
- [51] Abidi, H., Sidhom, L., & Chihi, I. Systematic Literature Review and Benchmarking for Photovoltaic MPPT Techniques. *Energies*, 16, 3509, 2023.



## OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING OF DGS IN DISTRIBUTION SYSTEMS

**Seyhan TURAL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Yıldız Technical University, Electrical Engineering Department, Istanbul, Turkey

E-mail : [seyhantural1@gmail.com](mailto:seyhantural1@gmail.com) - ORCID ID : 0009-0008-0366-1476

**Doç. Dr. Bedri KEKEZOĞLU<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Yıldız Technical University, Electrical Engineering Department, Istanbul, Turkey

E-mail : [kekezoglu@gmail.com](mailto:kekezoglu@gmail.com) - ORCID ID : 0000-0002-1202-913X

### ABSTRACT

The operation of energy systems is becoming increasingly challenging due to the rapid integration of distributed generation (DG) systems. The proper planning and integration of DG systems into the grid can significantly facilitate the control of electrical parameters. In this study, the optimal placement and sizing of DGs in power systems have been investigated. For this purpose, analyses were conducted on three different test systems, and the results were presented. The findings demonstrate that with proper planning, the integration of DGs can improve system voltage levels and reduce power losses.

**Keywords :** Distributed Generation; Optimal Placement ; Optimal Sizing; Genetic Algorithms; Distribution Network ; Power Losses

### 1. INTRODUCTION

Energy consumption is increasing globally, necessitating not only increased energy production and resource allocation but also the exploration of new alternative approaches to demand response. Additionally, due to the limitations of traditional fossil fuels, renewable energy resources (RES) are considered the most viable alternatives and supplements [1]. In this context, distributed generation (DG) sources play a crucial role in integrating systems, especially in light of rising power demand, high transmission losses, and significant carbon footprints and greenhouse gas (GHG) emissions [2].

Recent studies have demonstrated that DG systems have numerous positive impacts on distribution systems. Key attributes of DGs include their smaller installation footprint, smaller unit sizes, and their ability to be powered by both renewable and non-renewable sources. Consequently, they are becoming integral components of electric distribution systems. DGs can range in size from a few kilowatts (kW) to tens of megawatts (MW) and can be connected directly to the end-users' electrical systems [2-8].

The placement and sizing of DGs significantly affect the operation of distribution networks. Optimizing these parameters is essential for enhancing the overall system performance,

ensuring sustainability, and achieving efficient power distribution [1,2,9]. Properly placed and sized DG units can reduce system losses, improve voltage profiles, enhance system reliability, loadability, voltage stability, and security, and improve power quality. DGs are also capable of significantly mitigating harmonics, voltage sags, and swells in transmission and distribution systems [3,7,10-19].

The literature indicates a focus on the impacts of DG installation on voltage profiles, power losses, and the reliability of distribution systems through various tests and analytical techniques. Studies show that optimal placement and sizing of DGs can improve voltage profiles, reduce power losses, and enhance the reliability of distribution systems [20-24]. Researchers employ various optimization techniques to evaluate the performance of distribution systems post-DG integration.

This paper addresses the optimal placement and sizing of DGs for three bus bar systems with 51, 74, and 94 bus numbers. Each system is examined under three different DG scenarios using the Genetic Algorithm (GA) optimization technique. The study aims to provide solutions to the optimal placement and sizing problem of DGs by considering power losses and voltage constraints, thereby ensuring optimal system performance.

## 2. OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING DG

The optimal placement and sizing of distributed generation (DG) systems are critical for enhancing the efficiency and sustainability of electrical distribution networks. Properly positioned and sized DG units reduce system losses, improve voltage profiles, increase system reliability and loadability, and ensure voltage stability and security. This optimization also contributes to enhancing power quality by effectively mitigating harmonics, voltage sags, and swells. Numerous studies in the literature employ various optimization techniques to investigate the performance of distribution systems after the integration of DG sources. These studies demonstrate that optimal placement and sizing of DG units provide significant technical and economic benefits, such as reducing energy losses and improving voltage profiles.

This section presents the mathematical formulations and the adaptation of the optimization technique to the problem. The objective of the problem is defined as follows: a single-level objective function that considers suitable parameters.

### 2.1. Objective Function

The objective function of this study is to minimize active power losses, as represented by Equation (1).

$$\text{Objective function} = \text{minimize} \sum_{i=1}^{N_b} P_{iloss} \quad (1)$$

where  $N_b$  represents the total number of buses in the system and  $P_{iloss}$  represents the losses at each bus in the system.

### 2.2. Constraints

### 2.2.1. Equality Constraints

The sum of power delivered by the utility substation (SB) and distributed generation (DG) must be equal to the total load demand of the distribution system (DS) and total losses.

$$P_{SB} + P_{DG} = P_{load} + P_{loss} \quad (2)$$

$$Q_{SB} + Q_{DG} = Q_{load} + Q_{loss} \quad (3)$$

### 2.2.2. Inequality Constraints

The voltage variation limit at each bus is considered to be  $\pm 5\%$ , resulting in a voltage variation range from 0.95 to 1.05 pu.

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (4)$$

The branch current must be maintained below the rated current limit of the line.

$$I_{branch} \leq I_{rated} \quad (5)$$

In the test system, Bus 1 is treated as the reference bus, and thus, DG units cannot be installed at the reference bus.

$$Reference\ Bus \leq DG_{location} \leq N_b \quad (6)$$

By calculating the DG penetration level, the size of a DG can be determined. Equation and determine the penetration level for both types of DG, respectively.

$$Size\ of\ Type\ 1\ DG = \frac{\sum P_{real\ load}}{100} * Penetration\ Level \quad (7)$$

$$Size\ of\ Type\ 2\ DG = \frac{\sum P_{real\ load}}{100} * Penetration\ Level \quad (8)$$

$$Size\ of\ Type\ 3\ DG = \frac{\sum P_{real\ load}}{100} * Penetration\ Level \quad (9)$$

## 2.3. Genetic Algorithm Structure

Genetic algorithms (GAs) are optimization techniques inspired by principles from evolutionary biology and natural selection, aimed at finding high-quality solutions to complex problems. In GA, design variables are represented as binary strings analogous to chromosomes in living organisms. Unlike traditional optimization methods that begin with a single starting point, GAs initiate with a population of potential solutions, each represented by a chromosome. The population size typically ranges from 30 to 300 chromosomes.

Each chromosome comprises binary digits called genes, which can be further subdivided into substrings. The quality or fitness of a chromosome is evaluated using a fitness function derived from the problem's objective function. This fitness function plays a pivotal role in selecting and evolving chromosomes across generations of the algorithm.

Throughout each generation, GAs employ three main genetic operators: reproduction, crossover, and mutation. Reproduction selects the fittest chromosomes from the current population to propagate to the next generation. Crossover combines genetic material from two parent chromosomes to generate offspring potentially with superior fitness. Mutation introduces random alterations to chromosome genes, facilitating exploration of new solutions and maintaining diversity within the population.

Over successive generations, the genetic algorithm progressively enhances the population of solutions, converging towards a high-quality, near-optimal solution for the given problem [25-28].

When applied to the problem at hand:

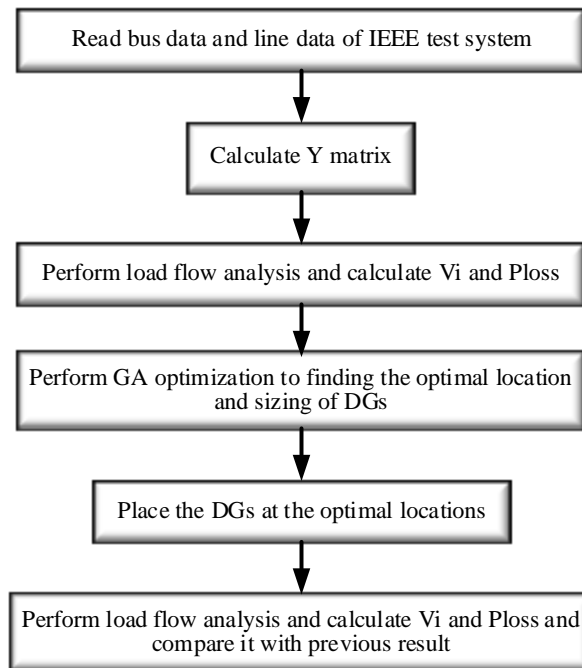
The genetic algorithm demonstrates its capability to achieve a near-global solution, surpassing the dependence on initial conditions observed in previous optimization methods. While it does require increased computational time, this concern is generally manageable, especially given that the placement of distribution generators (DGs) is typically a part of planning tasks.

A significant advantage of genetic algorithms is their reduced sensitivity to initial conditions, implying that minor variations in the initial setup have less impact on the final solution compared to alternative optimization methods. Despite the increased computational time, it's essential to note that DG placement involves planning and optimization over extended time frames, prioritizing optimal solutions over computational efficiency.

Therefore, the extended computational time required by genetic algorithms represents a reasonable trade-off, considering the importance of achieving high-quality solutions in DG placement, rather than optimizing solely for speed.

In energy systems, genetic algorithms are widely applied to diverse problems including distributed energy generation placement, energy management, and capacity planning. They are particularly prevalent in integrating distributed generation systems into networks.

Figure 1 illustrates the genetic algorithm's solution steps for the optimal placement and sizing of distributed generators (DGs).



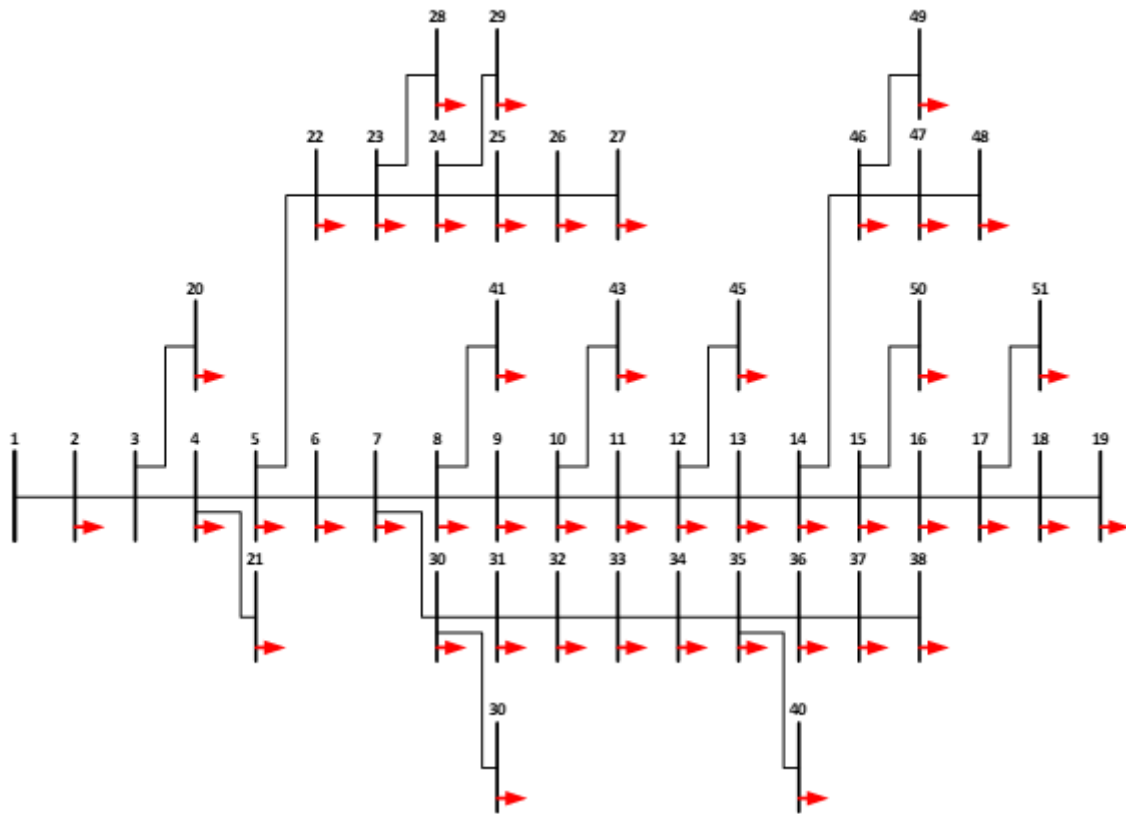
**Figure 1. Sample flowchart of solution algorithm for DG sizing and placement [27]**

### 3. CASE STUDIES

In this section, the solution to the problem of optimal siting and sizing of Distributed Generation (DG) units in different distribution system models is explored through various case studies. The system introductions and obtained results are presented below.

#### 3.1. IEEE Bus-Bar Systems Information and Data

This study examines the IEEE 51, 74, and 94 bus systems. The IEEE 51 - bus radial system consists of 51 buses and 50 branches, as illustrated in Figure 2. The IEEE - 74 bus radial system comprises 74 buses and 73 branches, as depicted in Figure 3. Similarly, the IEEE - 94 bus radial system includes 94 buses and 93 branches, as shown in Figure 4. The base complex power and base voltage of the examined systems are provided in Table 1.

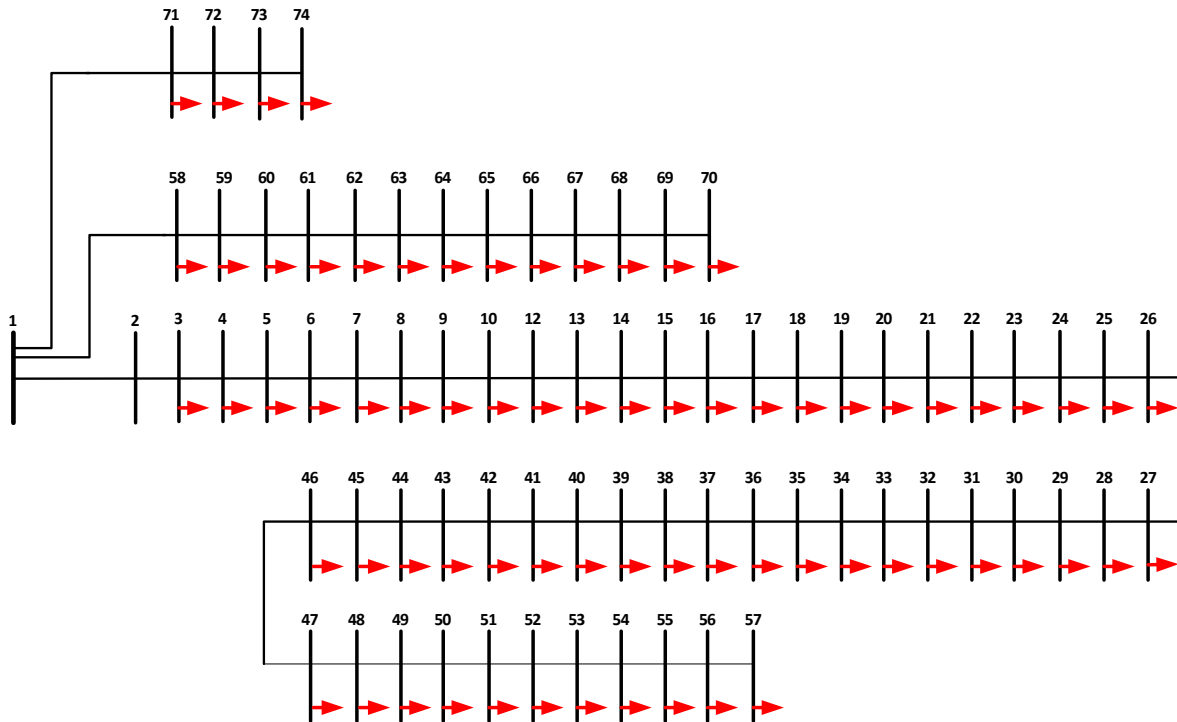


**Figure 2. Single line diagram of the 51-bus radial system**

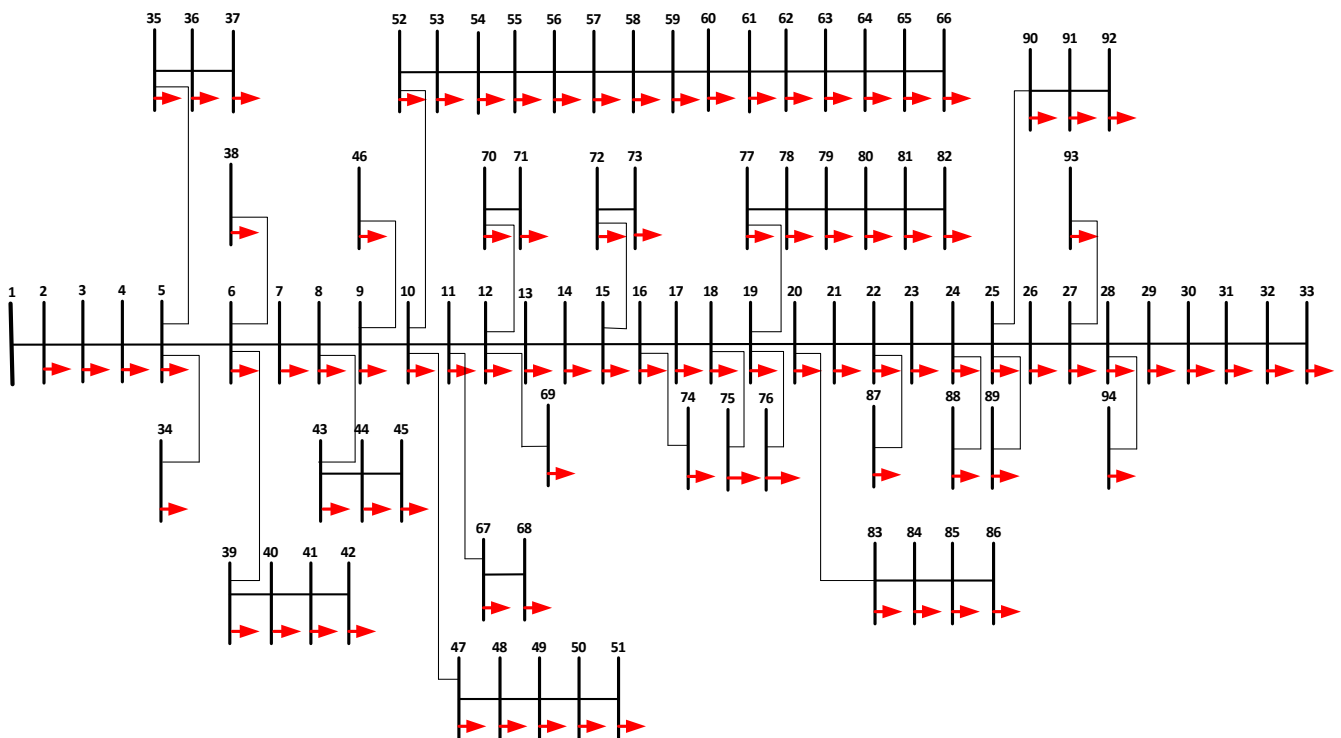
As illustrated in Table 1, while the base power is uniformly set at 1000 kVA across all systems under consideration, the base voltage values differ: it is 11 kV for both the 51-bus and 74-bus systems, whereas it is 15 kV for the 94-bus system.

**Table 1. Base Values for Examined Systems**

System	S_base (kVA)	V_base (kV)
51 - bus	1000	11
74 - bus	1000	11
94 - bus	1000	15



**Figure 3. Single line diagram of the 74-bus radial system**



**Figure 4. Single line diagram of the 94-bus radial system**

### 3.2. Results and Simulations

The proposed method has been examined for both single and multiple DG connections within the system. The maximum allowable DG capacity on the system was limited to 5 MW, and scenarios for connecting to one, two, or three buses were analysed separately, considering voltage and power loss constraints. The results of optimal DG connection capacity and placement were compared with the case where no DG was present, and the findings were presented for the 51-bus, 74-bus, and 94-bus systems, respectively.

**Table 2. Lower and upper DG power limits**

System	Total Power Limit of DG (kW)	
	Lower	Upper
51 – bus	0	5000
74 – bus	0	5000
94 – bus	0	5000

#### 3.2.1. 51 bus radial system

The results for different DG connection scenarios on the 51-bus system are shown in Table 2.

**Table 2. 51 Bus-Bar System Results**

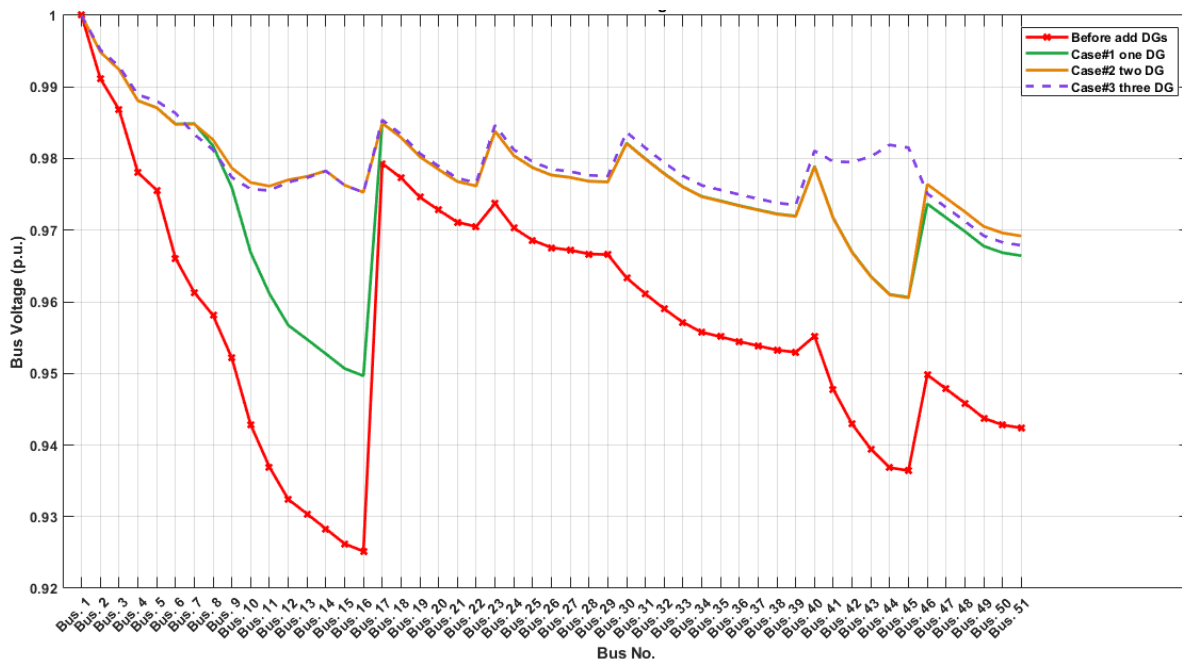
51 bus-bar System	Case 1	Case 2	Case 3
Best Location	DG No."1" @ Bus No."7"	DG No."1" @ Bus No."14" DG No."2" @ Bus No."7"	DG No."1" @ Bus No."6" DG No."2" @ Bus No."44" DG No."3" @ Bus No."14"
DG Optimum Size	DG No."1" : 1882 kW	DG No."1" 360.3 kW DG No."2" 1501.4 kW	DG No."1" 1365.8 kW DG No."2" 269.4 kW DG No."3" 381.2 kW
Active Power Losses without DG	104.434 kW	104.434 kW	104.434 kW
Active Power Losses with DG	58.6449 kW	48.8971 kW	42.9989 kW
Reactive Power Losses without DG	90.1037 kVar	90.1037 kVar	90.1037 kVar
Reactive Power Losses with DG	38.805 kVar	34.176 kVar	31.8846 kVar

In the first scenario of connecting DG to a single bus, the optimal solution was determined as connecting a DG with a capacity of 1,882 MW to bus number 7. In this case, the active power losses in the system were reduced by 43.8%. When DGs were connected to two different buses, buses 7 and 14 were identified as the optimal connection points, with an optimal DG capacity of 1,861 MW. In the case of connecting DGs to three different buses, buses 6, 14, and 44 were identified as the optimal connection points, with a total DG capacity of 2,016 MW.

The reduction in active power losses was 53.18% when DGs were connected to two buses, and 58.83% when DGs were connected to three buses.



The voltage values at the buses for different DG connection scenarios are shown in per-unit (pu) in Figure 5. A detailed examination of Figure 5 reveals that the voltage profiles improve with DG connections, and in no case do the voltage levels exceed the allowable limits.



**Figure 5. 51 bus-bar System-Voltage Profile**

### 3.2.2. 74 bus radial system

The results for different DG connection scenarios on the 74-bus system are shown in Table 3.

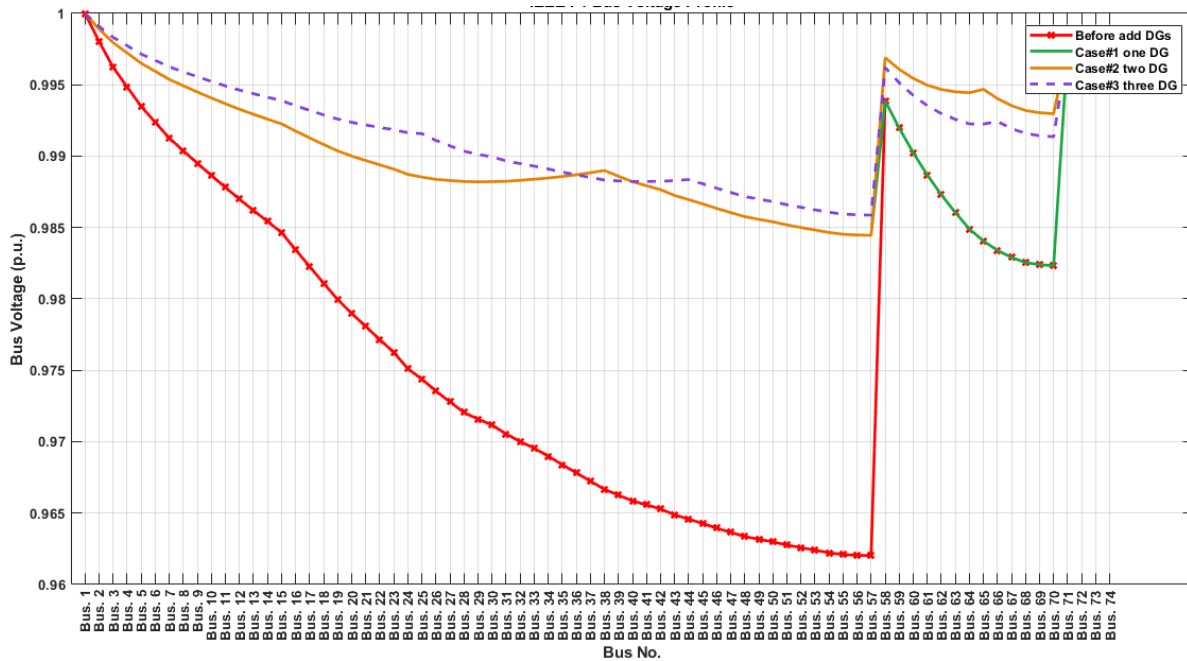
**Table 3. 74 Bus-Bar System Results**

74 bus-bar System	Case 1	Case 2	Case 3
Best Location	DG No."1" @ Bus No."38"	DG No."1" @ Bus No."65" DG No."2" @ Bus No."38"	DG No."1" @ Bus No."66" DG No."2" @ Bus No."44" DG No."2" @ Bus No."25"
DG Optimum Size	DG No."1" : 2131.4 kW	DG No."1" 2168.4 kW DG No."2" 2131.4 kW	DG No."1" 1666.7 kW DG No."2" 1143.8 kW DG No."3" 1451.8 kW
Active Power Losses without DG	118.651 kW	118.651 kW	118.651 kW
Active Power Losses with DG	69.608 kW	46.2401 kW	42.8719 kW
Reactive Power Losses without DG	89.8905 kVar	89.8905 kVar	89.8905 kVar
Reactive Power Losses with DG	52.7285 kVar	35.0316 kVar	32.4805 kVar

In the first scenario of connecting DG to a single bus, the optimal solution was determined as connecting a DG with a capacity of 2,131 MW to bus number 38. In this case, the active power losses in the system were reduced by 41,3%. When DGs were connected to two different buses, buses 38 and 65 were identified as the optimal connection points, with an optimal DG capacity

of 4,299 MW. In the case of connecting DGs to three different buses, buses 25, 44, and 66 were identified as the optimal connection points, with a total DG capacity of 4,262 MW.

The reduction in active power losses was 61,08% when DGs were connected to two buses, and 63,86% when DGs were connected to three buses.



**Figure 6. 74 bus-bar System-Voltage Profile**

The voltage values at the buses for different DG connection scenarios are shown in per-unit (pu) in Figure 6. A detailed examination of Figure 6 reveals that the voltage profiles improve with DG connections, and in no case do the voltage levels exceed the allowable limits.

### 3.2.3. 94 bus radial system

The results for different DG connection scenarios on the 94-bus system are shown in Table 4.

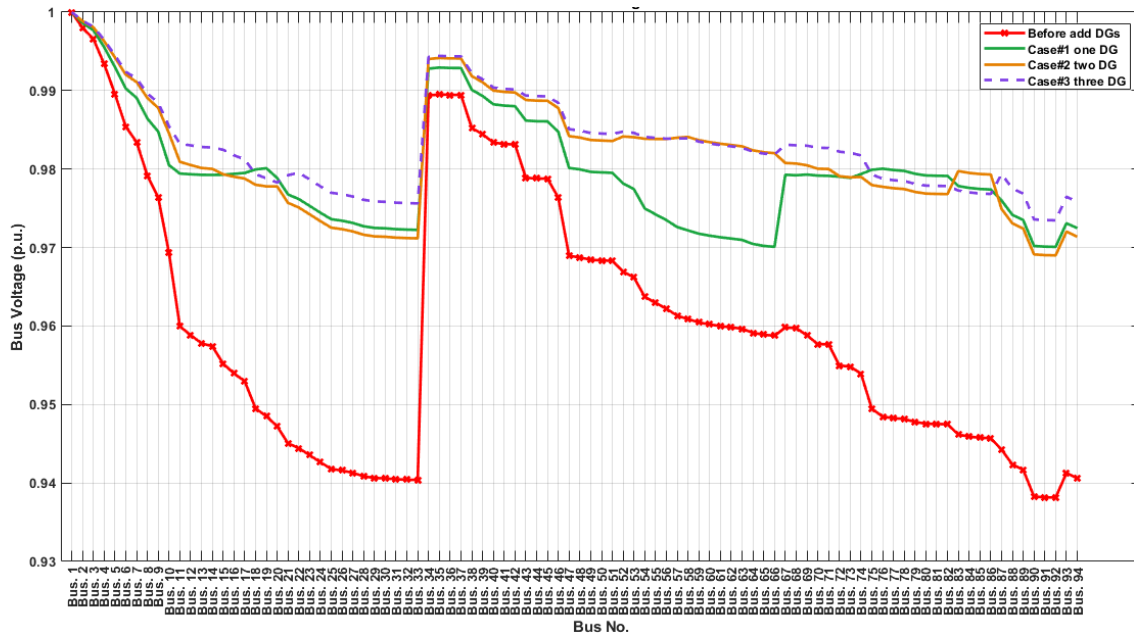
**Table 4. 94 Bus-Bar System Results**

94 bus-bar System	Case 1	Case 2	Case 3
Best Location	DG No."1" @ Bus No."19"	DG No."1" @ Bus No."58" DG No."2" @ Bus No."83"	DG No."1" @ Bus No."58" DG No."2" @ Bus No."15" DG No."2" @ Bus No."22"
DG Optimum Size	DG No."1" : 2600.6 kW	DG No."1" 1810.4 kW DG No."2" 1759.0 kW	DG No."1" 1562.4 kW DG No."2" 1212.4 kW DG No."3" 1010.3 kW
Active Power Losses without DG	139.718 kW	139.718 kW	139.718 kW
Active Power Losses with DG	54.4919 kW	35.9389 kW	31.9854 kW
Reactive Power Losses without DG	194.76 kVar	194.76 kVar	194.76 kVar
Reactive Power Losses with DG	67.8354 kVar	42.3321 kVar	39.9356 kVar

In the first scenario of connecting DG to a single bus, the optimal solution was determined as connecting a DG with a capacity of 2,6 MW to bus number 19. In this case, the active power

losses in the system were reduced by 60,99%. When DGs were connected to two different buses, buses 58 and 83 were identified as the optimal connection points, with an optimal DG capacity of 3,569 MW. In the case of connecting DGs to three different buses, buses 15, 22, and 58 were identified as the optimal connection points, with a total DG capacity of 3,785 MW.

The reduction in active power losses was 74,27% when DGs were connected to two buses, and 77,1% when DGs were connected to three buses.



**Figure 7. 94 bus-bar System-Voltage Profile**

The voltage values at the buses for different DG connection scenarios are shown in per-unit (pu) in Figure 7. A detailed examination of Figure 7 reveals that the voltage profiles improve with DG connections, and in no case do the voltage levels exceed the allowable limits.

#### 4. CONCLUSION

This study underscores the significance of optimal placement and sizing of Distributed Generation (DG) units in Distribution Systems (DSs). Three distinct IEEE radial networks were analyzed under various scenarios. The study delves into the application of Genetic Algorithms (GA) for DG placement and sizing, utilizing MATLAB for solving sample systems. The results revealed that optimal integration of DGs into the system significantly reduces power losses.

Addressing the problem of DG optimal placement and sizing is crucial alongside the restructuring of distribution systems. Future research should focus on the role of DG optimal placement and sizing in the reconfiguration of DSs through Virtual Power Plants (VPP), highlighting its potential to enhance the efficiency and reliability of modern power systems.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study has been performed in the scope of the doctoral thesis study titled Reconfiguration of Distribution Systems with Virtual Power Plants, which is in progress within the Graduate School of Science and Engineering of Yildiz Technical University.

## REFERENCES

- [1] Wu, Keru, Hongtao Wang, and Bin Zou. "Optimal sizing and placement of distributed generation using genetic algorithm based on bayesian network." 2019 IEEE 3rd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA). IEEE, 2019.
- [2] Salam, I. U., Yousif, M., Numan, M., Zeb, K., & Billah, M. (2023). Optimizing distributed generation placement and sizing in distribution systems: A multi-objective analysis of power losses, reliability, and operational constraints. *Energies*, 16(16), 5907.
- [3] Hadjsaid N, Canard JF, Dumas F. Dispersed generation impact on distribution networks. *IEEE Comput Appl Power* 1999;12(2):22–8.
- [4] Ackermann T, Anderson G, Soder L. Distributed generation: a definition. *Electr Power Syst Res* 2001;57(3):195–204.
- [5] Lopes JAP, Hatziargyriou N, Mutale J, Djapic P, Jenkins N. Integrating distributed generation into electric power systems: a review of drivers, challenges and opportunities. *Electr Power Syst Res* 2007;77(9):1189–203.
- [6] Pepermans G, Driesen J, Haeseldonckx D, Belmans R, D'haeseleer W. Distributed generation: definition, benefits and issues. *Energy Policy* 2005;33:787–98.
- [7] Prakash, Prem, and Dheeraj K. Khatod. "Optimal sizing and siting techniques for distributed generation in distribution systems: A review." *Renewable and sustainable energy reviews* 57 (2016): 111-130.
- [8] El-Khattam W, Salama MMA. Distributed generation technologies, definitions and benefits. *Electr Power Syst Res* 2004;71(2):119–28.
- [9] Sailaja, C.V.S.S.; Prasad, P.V.N. Determination of Optimal Distributed Generation Size for Losses, Protection Co-Ordination and Reliability Evaluation Using ETAP. In *Proceedings of the 2016—Biennial International Conference on Power and Energy Systems: Towards Sustainable Energy, PESTSE 2016, Bangalore, India, 21–23 January 2016*; pp. 1–6.
- [10] Aman MM, Jasmon GB, Bakar AHA, Mokhlis H. A new approach for optimum simultaneous multi- distributed generation Units placement and sizing based on maximization of system loadability using HPSO (hybrid particle swarm optimization) algorithm. *Energy* 2014;66:202–15.

- [11] Khalesi N, Rezaei N, Haghifam MR. DG allocation with application of dynamic programming for loss reduction and reliability improvement. *Electr Power Energy Syst* 2011;33(2):288–95.
- [12] Biswas S, Goswami SK, Chatterjee A. Optimum distributed generation placement with voltage sag effect minimization. *Electr Energy Convers Management* 2012;53(1):163–74.
- [13] Mohandas N, Balamurugan R, Lakshminarasimmon L. Optimal location and sizing of real power DG units to improve the voltage stability in the distribution system using ABC algorithm united with chaos. *Electr Power Energy Syst* 2015;66:41–52.
- [14] Lopes JAP. Integration of dispersed generation on distribution networks impact studies. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Power Engineering Society Winter Meeting 1 C. 2002*, p. 323–328.
- [15] Esmaili M. Placement of minimum distributed generation units observing power losses and voltage stability with network constraints. *IET Gener Transm Distrib* 2013;7(8):813–21.
- [16] Karimyan P, Gharehpetian GB, Abedi M, Gavili A. Long term scheduling for optimal allocation and sizing of DG unit considering load variations and DG type. *Electr Power Energy Syst* 2014;54:277–87.
- [17] Jin T, Tian Y, Zhang CW, Coit DW. Multicriteria planning for distributed wind generation under strategic maintenance. *IEEE Trans Power Deliv* 2013;28 (1):357–67.
- [18] Yammani C, Maheswarapu S, Matam S. Multiobjective optimization for optimal placement and size of DG using shuffled frog leaping algorithm. *Energy Procedia* 2012;14:990–5.
- [19] Mashhour, M., M. A. Golkar, and SM Moghaddas Tafreshi. "Optimal sizing and siting of distributed generation in radial distribution network: Comparison of unidirectional and bidirectional power flow scenario." 2009 IEEE Bucharest PowerTech. IEEE, 2009.
- [20] Al Abri, R. S., Ehab F. El-Saadany, and Yasser M. Atwa. "Optimal placement and sizing method to improve the voltage stability margin in a distribution system using distributed generation." *IEEE transactions on power systems* 28.1 (2012): 326-334.
- [21] Gour, Abinash, et al. "Power Loss Minimization by Optimal Placement of Distributed Generation in Radial Distribution System using Atom Search Optimization." 2020 IEEE Students Conference on Engineering & Systems (SCES). IEEE, 2020.
- [22] Agajie, Takele Ferede, et al. "Optimal sizing and siting of distributed generators for minimization of power losses and voltage deviation." 2019 5th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC). IEEE, 2019.
- [23] Ntombela, Mlungisi, Kabeya Musasa, and Mocketjema Clarence Leoaneka. "Power loss minimization and voltage profile improvement by distributed generation (DG) sizing and placement." 2022 IEEE PES/IAS PowerAfrica. IEEE, 2022.

- [24] Mahboob, Aashir, et al. "Reliability based optimal distributed generation placement for a radial distribution network." 2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET). IEEE, 2021.
- [25] Yin, Xiaodong, and Noël Germy. "Investigations on solving the load flow problem by genetic algorithms." *Electric Power Systems Research* 22.3 (1991): 151-163.
- [26] M.H. Moradi and M. Abedini, "A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimal DG location and sizing in distribution systems", *Electrical Power and Energy Systems* 34, 2014, pp.66-74.
- [27] Talaat, Hossam EA, and Essam Al-Ammar. "Optimal allocation and sizing of Distributed Generation in distribution networks using Genetic Algorithms." 11th international conference on electrical power quality and utilisation. IEEE, 2011.
- [28] Sunil, Ankeshwarapu, Saikrishna Kongala, and Chintham Venkaiah. "Metaheuristic techniques based optimal placement and sizing of multiple distributed generations in radial distribution system." 2021 13th IEEE PES Asia Pacific Power & Energy Engineering Conference (APPEEC). IEEE, 2021.

## **BSIS/MOIS SİSTEMİNİN ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA UYGULANMASI VE SİSTEMİN ÇEVREYE ETKİLERİ**

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [mehmet.kus@ulasim-as.com](mailto:mehmet.kus@ulasim-as.com), 0009-0009-9174-792X

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Ekip Lideri, -İbrahim Bilen**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [ibrahim.bilen@ulasim-as.com](mailto:ibrahim.bilen@ulasim-as.com), 0000-0001-9985-5823

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Âdem Sevilmiş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [adem.sevilmis@ulasim-as.com](mailto:adem.sevilmis@ulasim-as.com), 0009-0005-3417-6842

**Ar-Ge Homologasyon ve Test Mühendisi, -Berhan Can DONAT**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [berhan.donat@ulasim-as.com](mailto:berhan.donat@ulasim-as.com), 0009-0008-4662-0770

### **ÖZET**

Gelişen dünyada son yıllarda nüfusun hızlı artışına paralel trafik yoğunluğu da artmaktadır. Bu durum kaza oranlarında gittikçe artışı beraberinde getirmektedir. Otomotiv endüstrisi, Araçların maksimum güvenliğe sahip olması tehlikeli ve kritik anlarda sürücüyü maksimum destek sağlayacak sistemler üzerinde çalışıyor. Bu amaçla aracın yanlarındaki kör nokta alanlarının tespiti yoluyla sollama ve şerit değiştirme görevi sırasında sürücülere yardımcı olabilecek bazı Gelişmiş Sürücü Destek Sistemlerini (ADAS) geliştirildi ve ticarileştirildi. ADAS sistemleri içinde yer alan BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System) sistemleri sollama, şerit değiştirme ve dönüşlerde aracın kör noktalarda sürücüyü sesli ve görsel uyarılarda bulunan bir sistemdir. Bu bildiri de toplu taşıma araçlarında BSIS/MOIS sisteminin araçlara uygulanması ve uygulanan araçlarda sürücüyü ve çevreye sağladığı etkilerden bahsedilecektir. Akıllı taşıma sistemlerinde sürüş yardımı, sürücü güvenliğinin korunmasında hayati bir rol oynar ve araba çarpışmalarını önler. BSIS/MOIS sisteminde 4 adet radar mevcuttur, radar sayısı aracın boyutuna göre ve müşterinin talebine göre değişebilmektedir. Aracın sağına, soluna ve ön tarafına yerleştirilen radarlar aracılığıyla sürücüyü çarpışmadan önce uyarılar verilir. Bu sistemde gelen uyarılara karşılık sürücünün gerekli aksiyonu almasını sağlamak amaçlanmıştır. Ölümlü kazaların birçoğu şerit değiştirirken sürücülerin ihmalinden dolayı kaynaklanmaktadır. Bunun yanında bu kazaların sonucu olarak tıbbi ve endüstriyel birçok harcamalarla karşılaşmaktadır. BSIS/MOIS sisteminin uygulanmasıyla sürücünün kör noktadaki hareketli araçları, yayaları ve durağan haldeki diğer nesnelere farketmesini sağlayıp oluşabilecek kazaların ve maddi kayıpların azalması öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** ADAS, BSIS/MOIS, sürüş ve yol güvenliği, araç kör nokta

## 1. GİRİŞ

Her geçen yıl yol kazalarında hızlı bir artış olduğu bildiriliyor, TÜİK verilerinde 2023 yılında 235 bin 71 adet ölümlü yaralanma olduğu kaydedilmiştir. Yol güvenliği önlemleri, yoldaki araçların güvenlik ekipmanlarıyla donatılması gerektiği ve sadece bunlarla kalmayıp yeni teknolojilerle bazı sistemlerin sürücü inisiyatifine bırakılmaması üzerine değişikliklerin uygulanması gerekmektedir.

Kazaların yüzde %86,8'lik kısmını sürücü kusurları oluşturmaktadır. Sürücü kusurlarında bu bildiride dikkat çekilen kısım sürücünün şerit değiştirirken dikkatsizlikleri ve aracın kör noktalarında yapılan hataları olacaktır. Bunun sonucunda sürücülerin dikkatsizliği kaza sayısının artmasına neden olur. Bunun önüne geçmek için sürücüyü alarma geçirmek ve bunu otomotiv endüstrisinin ortak bir parçası haline getirmek için yeni teknolojilere yönelik ilerlemelere ve adaptasyona yönelik tam bir ihtiyaç ortaya çıkıyor(Sivakumar et al., 2016). Araç içi sistemlerin neredeyse %70'ini elektronik donanımlar oluşturmaktadır(TOPUZ, 2021).Modern otomobiller, araçları daha akıllı ve yakıt tasarruflu hale getiren mikroişlemcilerin yerleşik ve elektronik cihazların entegrasyonuna doğru yavaş yavaş ilerlemektedir. Bu tür elektronik cihazlar Elektrik Kontrol Üniteleri (ECU'lar) olarak adlandırılır ve çoğunlukla sürücüye yardımcı olmak ve emniyet ve güvenlik için karmaşık ve kritik kararlar almak için kullanılır(Rodelgo-Lacruz,2007). Bu durumlar karşısında otomotiv pazarı, güvenli yol ve sürüş için araçların genel güvenliğini, performansını ve konforunu iyileştirme hedefiyle küresel olarak BSIS/MOIS sistemlerini ortaya çıkardılar.

Ölümlü kazaların %60'ı şerit değiştirirken sürücülerin ihmalinden dolayı meydana gelmektedir. Her yıl şerit ihmali nedeniyle 5,2 milyon ölüm meydana geliyor. Aynaya doğru zamanda bakmayı unutmak, 600 milyar dolarlık 'kaçınılmaz' devasa' bir tıbbi harcamaya yol açtı.(Naik, 2020) Kör noktadaki araçların sürekli olarak izlenmesi, kaza oranlarını dünya çapında her yıl belli bir oranda azaltabilir. Kör nokta algılama üniteleri genellikle bir engel durumunda sürücüyü uyaran genel bir alarm sistemi olarak hizmet etmek üzere geliştirilmiştir. Sürücüyü uyarmak için kullanılan uyarı sistemleri genellikle sürücü gösterge panelinde ve ön cama yakın bir köşede sürücünün görüş açısında olacak şekilde konumlandırılır. Sürücü sensörden gelen engel uyarısıyla optik, akustik ve haptik olmak üzere 3 şekilde uyarılabilir. Uygulama yapılan araçta optik ve akustik seçenekleri tercih edilmiştir. Gösterge panelinde ve ön cam köşelerine yerleştirilen ledlerde görsel uyarı ve buna ek olarak uyarı sesi uygulanması yapılmıştır.

## 2. KULLANILAN SİSTEMLER ve KOMPONENTLER

### 2.1. ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)

Gelişmiş Sürücü Destek Sistemlerinin (ADAS) amacı, sürücü hatasının azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması, trafik ve ulaşım da verimliliğin artırılmasıdır. ADAS uygulamalarının faydaları, ekonomik maliyette ve kirlilikte önemli bir azalma nedeniyle potansiyel olarak önemli bir sistemdir. ADAS'ın birincil işlevi, gerçek zamanlı tavsiye, talimat ve uyarılar sağlayarak sürücülerin görev performansını kolaylaştırmaktır. Bu tür sistemler genellikle "yardımcı sürücü sistemleri" veya "sürücü destek sistemleri" terimiyle de tanımlanır(Brookhuis et al., 2001).ADAS'ın içinde, ACC (Adaptive Cruise Control)



LDWS (Lane Departure Warning System),  
TSR (Traffic Sign Recognition),  
ISA (Intelligent Speed Assist),  
PAEBS (Pedestrian Advanced Emergency Braking System),  
HBA (High Beam Assist),  
BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System), sistemleri mevcuttur. Bu sistemleri kısaca açıklamak gerekirse,

**ACC:** Sürüş sırasında araçların öndeki araçlarla güvenli bir mesafeyi korumasını sağlayan gelişmiş bir sürücü yardım sistemidir. Yoldaki diğer araçları tespit etmek ve buna göre aracın hızını ayarlamak için radar, lazer veya ileri görüşlü kameralar kullanır.

**LDWS:** Şerit takip uyarı sistemi (LDWS), [otoyollarda](#) ve [ana yollarda araç şeridinden](#) çıkmaya başladığında (o yönde [sinyal](#) yoksa) sürücüyü uyarmak için tasarlanmış bir sistemdir.

**TSR:** Bir aracın bir yola konan trafik işaretlerini tanımasını sağlayan bir sistemdir. Araçların güvenliğini artırmak için otomotiv sektöründe kullanılır. İşaretleri algılamak için görüntü işleme teknikleri kullanılır.

**ISA:** Kamera, sensör ve çeşitli yazılım teknolojileri kullanarak araçların hız sınırlamalarına uygun sürüş yapmasına yardımcı olan bir sistemdir. İşaretleri algılamak için görüntü işleme teknikleri kullanılır.

**PAEBS:** Sürüş sırasında olası bir çarpışmayı otomatik olarak algalayan ve çarpışmayı önlemek veya hafifletmek için aracı yavaşlatan ya da durduran bir sistemdir. Bu sistemde çarpışmaya yakın olduğunda sürücüye çeşitli uyarılar verilir.

**HBA:** Sistem, bir kamera aracılığıyla öndeki araçlardan gelen ışığı algılamak ve öndeki yolu düzgün bir şekilde aydınlatmak için kullanılır.

**BSIS/MOIS:** Bu sistem sürücünün araçta göremediği yani kör nokta olarak adlandırdığımız bölge için kullanılır. Aracın belli konumlarına yerleştirilen sensörler aracılığıyla kör noktalarda bulunan hareketli ve hareketsiz nesnelere karşı sürücüyü uyaran bir sistemdir.

Bu sistemlerden BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System) sistemlerini ele alacağız.

### 2.1.1. BSIS/MOIS (Blind Spot Information System/Moving Off Information System)

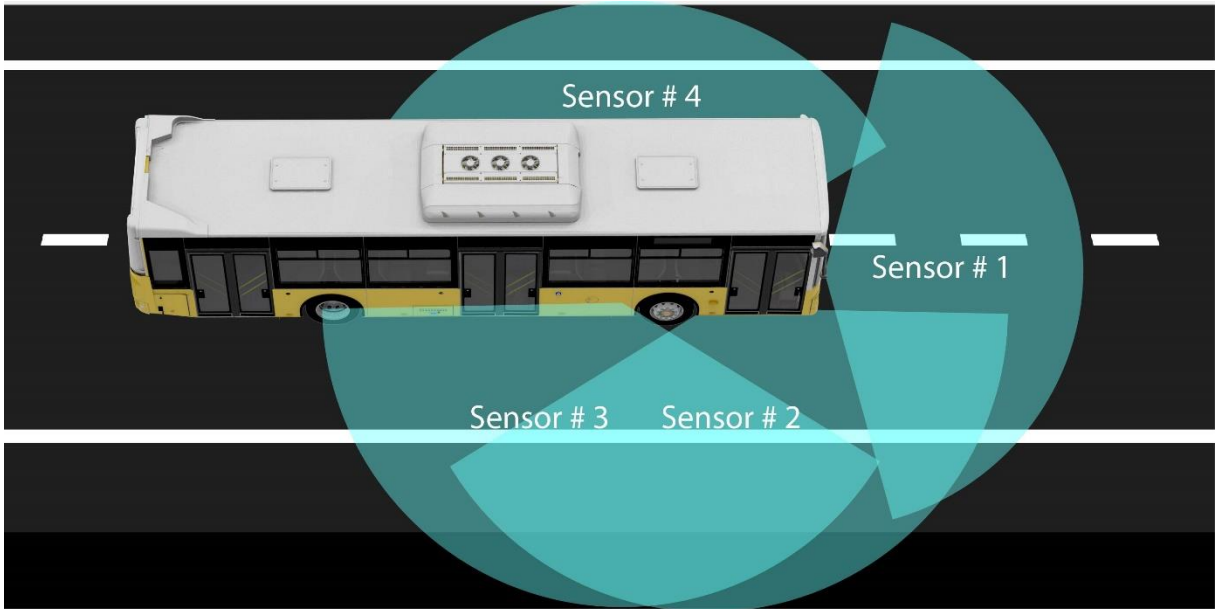
BSIS/MOIS sistemi için SLR (Side Looking Radar) modüller kullanılmaktadır. BSIS sistemi için aracın yan bölgesine en az 2 adet SLR, MOIS sistemi için ise aracın ön tarafına 1 adet SLR modülü doğru açılarla yerleştirilmesi gerekmektedir. Kör nokta, sürücünün görüş alanı dışında kalan ve dikiz aynalarında veya camlardan görülemeyen, yolun bir alanıdır (SHAH, 2022). BSIS sisteminde SLR modüllerinin rolü, kör nokta bölgelerinde bulunan yaklaşan bir araç hakkında sürücüye bir sinyal uyarısı vermektir. MOIS sisteminde aracın ön tarafına yaklaşan hareketli yayalar ve bisikletliler veya durağan nesnelere hakkında sürücü bilgilendirme yapılır. Uyarılar veya ikazlar, koltukta veya sürücü gösterge panelinde görsel, ses veya titreşim şeklinde olabilir. Görsel 1’de, şerit değiştirirken bir şehir içi toplu taşıma aracının, sürücüler tarafından görülemeyen “Kör Nokta” bölgeleri gösterilmektedir.



**Görsel 1.** Kör Nokta Bölgeleri

Sistemde sürücünün dönüşlerde, şerit değiştirmede araçlara veya diğer nesnelere çarpışması engellemek adına aracın kör noktaları tespit edilmesi gerekir. Tespit edilen kör noktalara göre SLR modüller aracın gerekli yerlerine montajlanması gerekir.

Araçta kullanılacak SLR modül miktarlarına göre aracın kör noktaları ortadan kaldırılabilir. BSIS sistemi için Görsel 2’de görüldüğü gibi Sensor#2 ve Sensor#3 aracın sağ tarafını güvenli hale getirmektedir. Aracın sol tarafında bulunan Sensor#4 opsiyonel olarak takılmaktadır. Sensor#1 ise sadece MOIS sistemi için kullanılmaktadır.



**Görsel 2.** Sensörlerin Görüş Açıkları

### 2.1.1.1. BSIS (Blind Spot Information System)

Kör noktalar, her yıl önemli sayıda kazaya neden olan günlük sürüşün baş belasıdır (IEEE Staff, 2010). Sağa-sola dönen kamyonlar ile bisikletliler arasında, genellikle düşük sürüş hızlarında veya dururken meydana gelen çarpışmaları içeren dönüş manevraları, genellikle yayalar ve bisikletliler için ciddi sonuçlar doğurur. Bu nedenle bir bisikletin aracın yolcu tarafında kritik bir alana girmesi ve aracın bisiklete doğru bir dönüş başlatacak olması durumunda bir bilgi sinyalinin etkinleştirilmesi gerekir. Bu bilgilendirici yardım sinyali gösterge paneli yardımıyla sürücüye iletilir. Böylelikle aracın kör noktalarındaki yaya ve bisikletlilerin varlığı sürücüye aktarılmıştır olur. BSIS sistemi aracın yan taraflarında bulunan SLR modülleri ile aktif bir şekilde çalışır. BSIS sistemi 3 farklı başlık altında inceleyebiliriz. Bunlar,

CTA (City Turning Assist): Dönüşlerde aracın sol ve sağ tarafında bulunan hareketli veya durağan nesnelere çarpışmasını azaltmak için yakınlık ve çarpışma uyarıları sağlar.

LCDA (Lane Change Decision Aid): Her iki yan şeritte bulunan diğer araçlarla çarpışma olasılığını azaltmak için yakınlık ve çarpışma uyarıları sağlar.

VDP (Vehicle Damage Prevention): Aracın önünde veya aracın sağ ve sol tarafında bulunan sabit nesnelere çarpışma olasılığını azaltmak için ayrı bir uyarı seviyesi sağlar.

BSIS sisteminde en az 2 adet SLR modülünün kullanılması gerektiğini belirtmiştik. Sürücü konumunun diğer tarafına 2 adet SLR modülü konumlandırılması gerekmektedir, sürücü tarafına ise 1 adet SLR modülü opsiyonel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. 2 adet SLR modülü bulunan tarafta tüm BSIS fonksiyonları karşılanırken, 1 adet bulunan tarafta sadece LCDA fonksiyonu aktif olarak çalışabilmektedir. Görsel 3’ de SLR modüllerinin araç üzerindeki konumları gösterilmiştir.

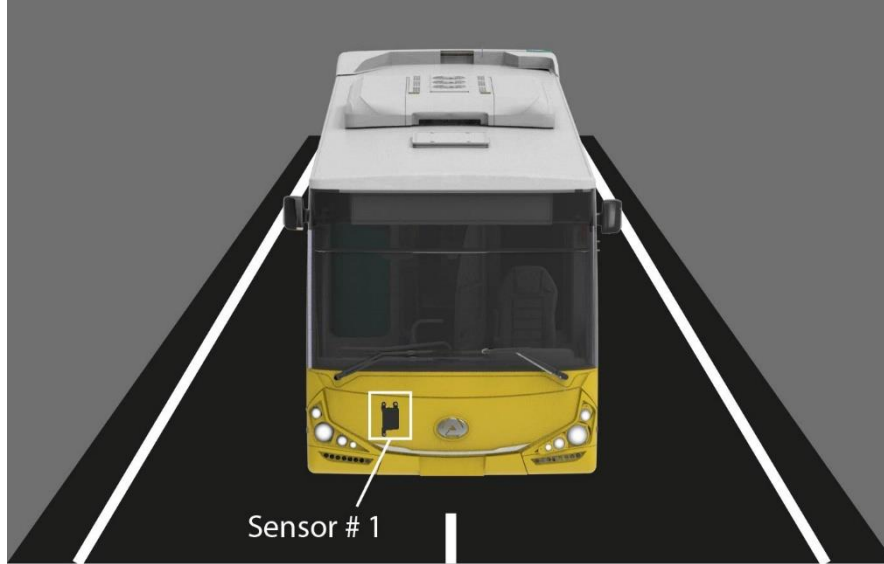


**Görsel 3.** BSIS Sensörlerinin Araç Üzerindeki Konumları

### 2.1.1.2. MOIS (Moving Off Information System)

Durağan Araçta Yaya Algılama Sistemi (MOIS), modern otomotiv endüstrisinde güvenlik ve sürüş deneyimini artırmak amacıyla kullanılan bir teknoloji olup, durağan nesnelere ve araç içi yolcuları algılama yeteneğine sahiptir (ÇALIŞKAN, 2024). MOIS, aracın önünde bir yaya bulunduğunda ve çarpışma riski oluşturacak kadar yakın olduğunda bir yakınlık uyarı sinyali kullanarak sürücüyü bilgilendirir. MOIS, karşıdan gelen bir yaya için düşük yoğunluklu bir uyarı aktifken sürücünün bir hareket etme manevrası başlatma olduğunu tespit ederse, fonksiyon bir çarpışma uyarı sinyalini etkinleştirir.

MOIS sistemi aracın ön tarafında bulunan SLR modülü ile aktif bir şekilde çalışır. MOIS, sürücünün amaçladığı manevrayı tespit etmek ve olası bir çarpışma riskini belirlemek için araç dinamiklerini ve nesne hareketini izler. Görsel 4’ te SLR modüllerinin araç üzerindeki konumu gösterilmiştir.



Görsel 4. MOIS Sensörün Araç Üzerindeki Konumu

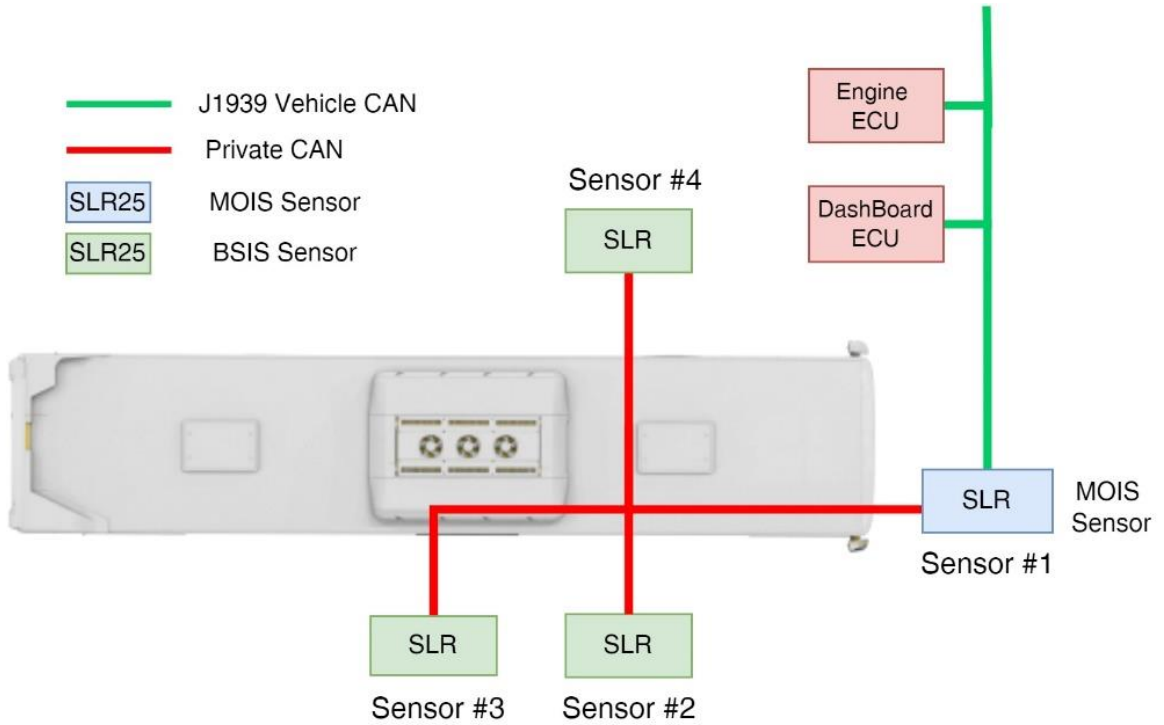
## 2.2. Araç Haberleşme Mimarisi

Bir toplu taşıma araçta yeni nesil gelişmiş sürücü destek sistemleri uygulanırken SAE J1939 standartına göre elektronik haberleşme olması gerekmektedir. Araca sonradan eklenen kamera ve radarların gönderdiği bilgiler bu veri yolu vasıtasıyla aracın diğer elektronik kontrol ünitelerine aktarılır. Böylelikle ADAS ve aracın diğer fonksiyonları birbiri ile uyumlu çalışır. Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE) J1939, otomotiv endüstrisinde araç bileşenleri arasında iletişim ve teşhis için kullanılan bir dizi standarttır. Kamyonlar ve otobüsler gibi ağır hizmet araçları ve endüstriyel ekipmanlar için bir standart sağlayan CAN tabanlı bir protokoldür (ÇALIŞKAN, 2024). Bu araçların bileşenleri arasında teşhis ve kontrol bilgilerinin iletişimini sağlar.

### 2.2.1. BSIS/MOIS Haberleşme Mimarisi

BSIS/MOIS sistemlerinin düzgün bir şekilde çalışması için doğru bağlantıların, doğru sırayla yapılması gerekmektedir. Sistemde kullanılan SLR modüller CAN-Bus haberleşme protokolü ile haberleşme sağlamaktadır. Aracın ön kısmında yer alan Sensor #1 olarak adlandırılan MOIS sensörünün araç CAN hattına bağlı olması gerekmektedir. Aracın yanlarında BSIS için kullanılan Sensor #2, Sensor #3 ve Sensor #4 olarak adlandırılan sensörlerle kendi aralarında özel bir CAN bağlantısı oluşturulmalıdır. Bu sensörlerin aynı özel CAN bağlantısı yoluyla Sensor #1 modül üzerine bağlantı yapılması gerekmektedir. Bağlantıları yapılan SLR modüller CAN veri yolu bağlantısıyla araç CAN hattına gerekli mesajları göndermektedir.

Gönderilen mesaj içeriğine bağlı olarak sürücü gösterge panelinde ve yanlarda kullanılan ledlerde uyarı mesajları gösterilmektedir. Yan direklerde kullanılan uyarı ledleri sürücünün görüş açısında olmalıdır. Görsel uyarıları sürücü gösterge panelinde ve uyarı ledlerinde, sesli uyarılar ise sadece gösterge panelinde yer almaktadır. SLR modüller herhangi arızayla karşılaştığında yine gösterge paneli üzerinden, modüllerin arıza durum bilgisi sürücüye iletilir. Sürücü sistemle ilgili herhangi bir uyarı almak istemediğinde gösterge paneli üzerinden uyarı mesajlarını aktif veya pasif yapabilmektedir. Görsel 5'te BSIS/MOIS sistem mimarisi gösterilmiştir.



Görsel 5. BSIS/MOIS Sistem Mimarisi

### 3. HOMOLOGASYON SÜRECİ

#### 3.1. Homologasyon Önemi

Şehir içi toplu taşıma araçlarında (M<sub>3</sub>) Kör Nokta Bilgi Sistemi (BSIS) ve Hareket Başlatma Bilgi Sistemi (MOIS) gibi mekanizmalar yolcu ve trafik güvenliği açısından önem taşımaktadır. Bu sistemlerin uluslararası uygunluğu konusunda R151 (BSIS) ve R159 (MOIS) regülasyonları sürecin işleyişi, yapısı ve test işlemlerini açıklamakta ve tasarım gerekliliklerini yönlendirmektedir. Bu regülasyonlar, araçların trafikte güvenli şekilde seyahat etmesi yanı sıra yaya motorlu olmayan taşıtların güvenliğinin gözetilmesine katkı sağlamaktadır.

#### 3.2. BSIS Sistemi için Homologasyon Gereklilikleri

R151 regülasyonu, BSIS'in toplu taşıma araçlarında kullanıma uygun şekilde, taşıtlara entegre edilebilmesi adına gereksinimler barındırır. Kapsama ilişkin maddede (UNECE R151 1.1) ile M<sub>3</sub> sınıf toplu taşıma araçlarında bu regülasyona bağlı olduğu açıkça belirtilmiştir. Performans açısından, araç sürücüsü çarpışma risk ve tehlikeleri karşısında görsel ve akustik sinyaller vasıtasıyla uyarılması önemli bir esastır (UNECE R151 5.3.1.2). Bu uyarılar sistemin etkin tepkisi olup güvenliği sürüş olanaklarını artırmaktadır. Sisteme ilişkin sensör ve mekanizmaların kar, buz ve çamurla kaplanması ile olası ışık yoğunluğu sonucu sistemin sürücü dikkatini dağıtacak şekilde uyarı vermesini önlemek adına sistem devre dışı bırakılması gereksinimler içinde yer bulur (UNECE R151 5.3.1.6). Sensör kontaminasyonu sistemin çevresel koşullar karşısında dayanıklılığını garanti altına alır.

Statik nesnelerin algılanması ve BSIS sisteminin amacı dışında hata vererek yanlış pozitif tepkiler vermesi üretici tarafından engellenmesi ve doğru bir filtreleme yapılması gerekmektedir (UNECE R151 5.3.1.5). Doğru çalıştığı taktirde araç gösterge ekranında sürücünün görebileceği ve olası riskleri anlamlandırma bileceği bilgi sinyali bulunması gerekmektedir (UNECE 5.4.1). Sürücü oküler mesafesi baz alınarak uygun şekilde konumlandırılmalıdır (UNECE R151 5.4.2). Uyarı sinyali gündüz ve gece anlaşılır olmalıdır. Tepki süresi kısa olası çarpışma durumlarını en kısa ve sürücü avantajına olacak şekilde göstermesi gerekmektedir (UNECE R151 5.5).

Sistemin herhangi bir arıza durumunda ayırt edici sarı bir optik uyarı sinyali vermelidir, uyarı sinyali sürücü koltuğunda kolayca doğrulanabilmesi gerekmektedir (UNECE R151 5.6.1). Sistem arıza durumlarında arıza süresince uyarı sinyali devam etmelidir (UNECE R151 5.6.2). Arıza uyarı sistemi araç kontrol anahtarı etkinleştirildiği andan itibaren çalışır olmalıdır (UNECE R151 5.6.3). Sistemin çalışması şehir içi senaryoları karşılayacak test prosedürleri ve koşulları simüle edilerek teknik servisler tarafından test edilmesi gerekmektedir (UNECE R151 6. Test procedure, 6.6, 6.5, 6.9)(R151e, 2020).

### 3.3. MOIS Sistemi için Homologasyon Gereklilikleri

R159 regülasyonu, MOIS'in toplu taşıma araçlarında kullanıma uygun şekilde, taşıtlara entegre edilebilmesi adına gereksinimler barındırır. Kapsama ilişkin maddede (UNECE R159 1.1) ile M<sub>3</sub> sınıf toplu taşıma araçlarında bu regülasyona bağlı olduğu açıkça belirtilmiştir.

MOIS, düşük hızlara ve dur kalk trafik durumlarında çevresel tehditleri algılayarak sürücü uyarması gerekmektedir, bu uyarılar aracın kör noktasında kalan tehditlerin sürücü tarafından fark edilmesini sağlaması regülasyonda belirtilmiştir (UNECE R159 5.2 ve 5.3). Arıza durumlarında sistem otomatik olarak devre dışı kalmalı ve sürücüye sistemin arızalı olduğunu bildirmelidir. Bu adımlar sistemin güvenli ve gerekli hükümler çerçevesinde çalışmasını sağlamaktadır (UNECE R159 5.3.3). Sistemin manuel olarak devre dışı bırakılması mümkün olabilir. Sistemin dışı bırakılabilmesi sürücü tarafından bir dizi işlem sonrası mümkün olmalıdır, bu istemdeki kasıt sistemin yanlışlıkla kapatılmasını önlemek için gerekmektedir. Manuel deve dışı bırakma işlemi sonrası araç kontrol anahtarının kapatıp açılması sonrasında sistem tekrar aktif olması gerekmektedir (UNECE R159 5.4.1, 5.4.2, 5.4.5).

İmalatçı sistemi aracına entegre etmeyi gerçekleştirmişse, regülasyon gereksinimlerini yerine getirdiğinin kontrol edilebilmesi için aracın dinamik ve statik testlere tabi olması gerekir. Testler trafiğe kapalı alanda gerçek trafik koşulları simüle edilerek uygun ortam koşullarında, araç onay işlemlerini gerçekleştiren teknik servis desteği gerçekleştirilmelidir. Hareketli ve durağan haldeki ISO 19206-4:2018 de tanımlanan manken ile aracın tepkileri incelenecektir. Arıza ve otomatik başlatma işlemleri araç üzerinde test edilmeli ve doğru çalıştığı teyit edilmelidir (UNECE R159 6. Test procedure, 6.1, 6.2, 6.2)(R159e, 2021).

### 3.4.Homologasyonun Toplu Taşıma Araçlarına Faydaları

BSIS ve MOIS sistemlerinin R151 ve R159 regülasyonları ile araçlara entegre edilmesi, toplu taşıma araçlarında güvenlik seviyesini artırmaktadır. Aynı zamanda şehir için trafik güvenliğini motorlu ve motorsuz taşıtlar için artmasını sağlamaktadır. Sistemlerin homologasyon ve regülasyon desteği ile uygulanması, sistemlerin tepkilerinin tutarlı ve işlevli olmasını sağlamaktadır.

## 4. UYARI SİNYAL ve MESAJLARI

Uyarı sinyalleri aracın yakınlık durumuna göre SLR modüller tarafından gönderilmektedir. Gelen sinyale göre sürücü çeşitli uyarılarca uyarılır. Sürücüyü uyarma 3 farklı şekilde yapılabilir. Sürücü görsel, sesli veya dokunsal olarak uyarılabilir.

### 4.1. Uyarı Sinyalleri

SLR modüller araç CAN hattına birçok mesaj göndermektedir. Bu mesajlardaki bilgiler kullanılarak sürücü çeşitli şekillerde uyarılır. Kullanılan mesaj içeriğinde şu sinyaller mevcuttur;

- BSIS Sistem Durumu,
- MOIS Sistem Durumu,
- Sağ Uyarı Seviyesi
- Sol Uyarı Seviyesi
- Ön Uyarı Seviyesi
- Arka Uyarı Seviyesi olarak sıralanabilir.

Sağ-Sol, Ön-Arka Uyarı sinyali seviye detayları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Uyarı Sinyal Seviyeleri	
Warning Level 0 (WL0) - No Warning	Uyarı Seviye 0 - Uyarı Yok
Warning Level 1 (WL1) - Proximity Warning	Uyarı Seviye 1 - Yakınlık Uyarısı
Warning Level 3 (WL3) - Vehicle Damage Prevention	Uyarı Seviye 3 - Araç Hasar Önleme
Warning Level 5 (WL5) - Collision Warning	Uyarı Seviye 5 - Çarpışma Uyarısı


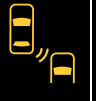




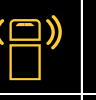



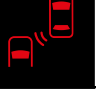
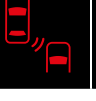

**Tablo 1.** Uyarı Sinyal Seviye Detayları

#### 4.2. Uyarı Mesajları

BSIS/MOIS sisteminden yüksek verim almanın en önemli koşulu sürücüyü kritik anlarda doğru bir şekilde bilgilendirmektir. Araç uyarıları, görsel veya sürücünün duyabileceği şekilde sesli olarak ikaz verilmeli ya da sürücünün hissedebileceği şekilde dokunsal olarak uyarı verilmelidir BSIS/MOIS çarpışma riski arttığında sürücüyü aşağıda belirtilen sinyallerden biriyle veya bu sinyallerin herhangi bir kombinasyonu aracılığıyla uyarlamalıdır. Bunları;

- Görsel Sinyal,
- Sesli Sinyal,
- Dokunsal Sinyal olarak sıralayabiliriz.



Görsel sinyaller aracın gösterge panelinde ve araç köşelerine konumlandırılan ledlerde bulunan gösterge işaretlerini göstermek için kullanılır. Görsel işaretler sürücünün görüş açısında ve anlaşılır bir şekilde olması gerekmektedir. SLR modüllerin gönderdiği uyarı seviyelerine göre, gösterge panelde gösterilecek uyarı işaretleri de değişkenlik göstermektedir. Görsel 6’de sürücü ekranında SLR modüllerinin gönderdiği sinyallere göre gösterilen görsel uyarı işaretleri yer almaktadır.


Uyarı Sinyal Seviyeleri	Sol Uyarı	Sağ Uyarı	Ön Uyarı	Sağ-Sol Uyarı	Sol-Ön Uyarı	Sağ-Ön Uyarı	Sağ-Sol-Ön Uyarı
Warning Level 1 (WL1) - Proximity Warning							
Warning Level 3 (WL3) - Vehicle Damage Prevention							
Warning Level 5 (WL5) - Collision Warning							

**Görsel 6.** Uyarı İşaretleri



SLR modüller herhangi bir koşuldanda dolayı devre dışı kaldığında veya araç ile iletişim kopukluğu yaşadığında sürücü gösterge panelinde sürücü bir gösterge işareti ile bilgilendirilir. Aynı zamanda BSIS/MOIS sistemi sürücü tarafından sürücü gösterge panelinde yer alan menü kısmından devre dışı bırakılabilir bir şekilde uyarlanmıştır. Sistem devre dışı bırakıldığında sürücü gösterge panelinde bir gösterge işareti mevcuttur. Uyarı işaretleri Görsel 7’te gösterilmiştir.

Sinyaller	Uyarı İşaretleri
ERROR	
Deactivated By Driver	



**Görsel 7.** Uyarı İşaretleri ve Led Lambası

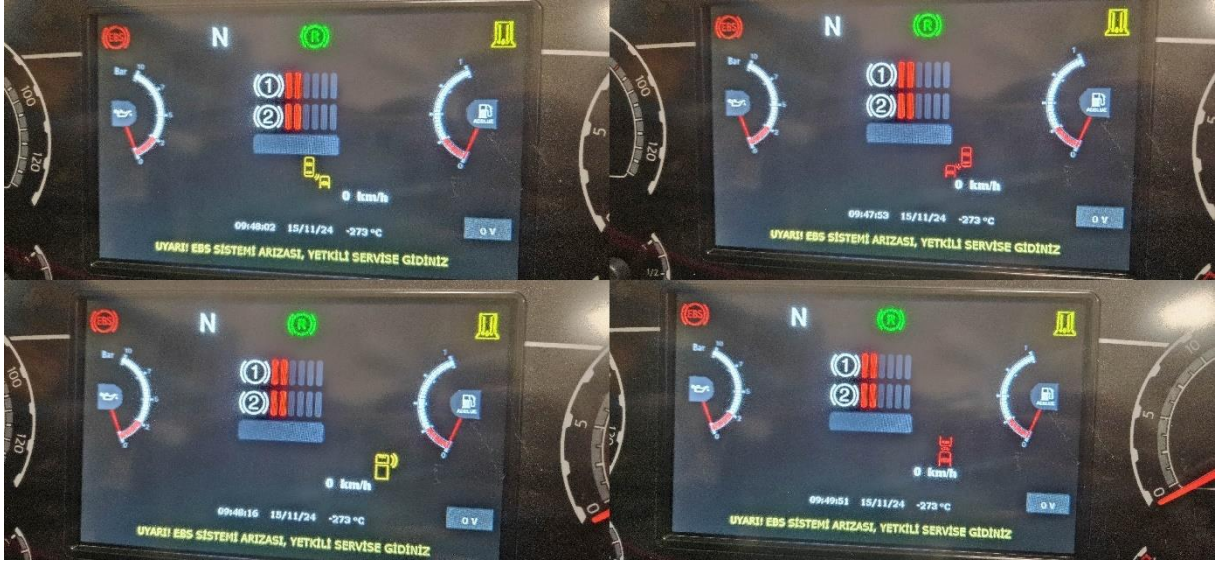
Sürücü ekranında uyarı işaretlerinden farklı olarak aracın sağ tarafında sürücünün görüş açısında RGB led mevcuttur. Bu ledler sürücünün dönme esnasında bakma açısına denk gelecek şekilde ayarlanmalıdır. Ledler sürücünün erken aksiyon sağlaması için kolaylık sağlar. Görsel 7’de araçta kullanılan led görsel mevcuttur.

Araçta görsel uyarı işaretleri dışında sesli uyarıcılarda mevcuttur. 5. Level uyarı gelmesi durumunda sürücü sesli bir ikazla da uyarılmaktadır. 1. Level ve 3. Level sinyallerde sesli ikaz bulunmamaktadır. 5. Level en kritik nokta olduğu için sesli ikazla desteklenmesi daha olumlu sonuçlar vermektedir.

## 5. TEST VE ANALİZ ÇALIŞMALARI

BSIS/MOIS sisteminin aktif bir şekilde çalışabilmesi için gösterge panelinde bulunan uyarı işaretlerinin doğrulukları test edilmiştir. Testler prototip bir gösterge paneli üzerinde laboratuvar ortamında yapılmıştır. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan CAN hattı analizlerinin yapıldığı CAN analiz cihazı ile testler yapılmıştır.

Cihaz üzerinden mesaj ID’ si girilerek mesajda yer alan her bir sinyal için değerler araç CAN hattına gönderilerek uyarı işaretleri ve ses uyarıları test edilmiştir. Testin sonunda sistemin düzgün çalıştığı tespit edilmiştir. Görsel 8’de gösterge paneli üzerinde test edilen uyarı işaretleri mevcuttur.



**Görsel 8.** Gösterge Paneli Üzerinde Uyarı İşaretleri

SLR modüller araç CAN hattı ile bağlantısı kesildiğinde, CAN bağlantısının olmadığını belirten ve SLR modüllerin herhangi bir durumdan dolayı işlevsiz kalması durumunda ekranda sürücüyü bilgilendiren arıza uyarı işareti mevcuttur. Arıza uyarı işareti, görsel bir sinyal olmalı ve bilgi sinyalinden farklı veya açıkça ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Arıza uyarı işareti, BSIS/MOIS kullanılmadığı sürece aktif kalmalıdır.

BSIS/MOIS arıza uyarı işareti, araç kontak anahtarının etkinleştirilmesi ile aktif olmalıdır. Görsel 9’da arıza uyarı işareti mevcuttur.



**Görsel 9.** Gösterge Paneli Üzerinde Arıza Uyarı İşareti

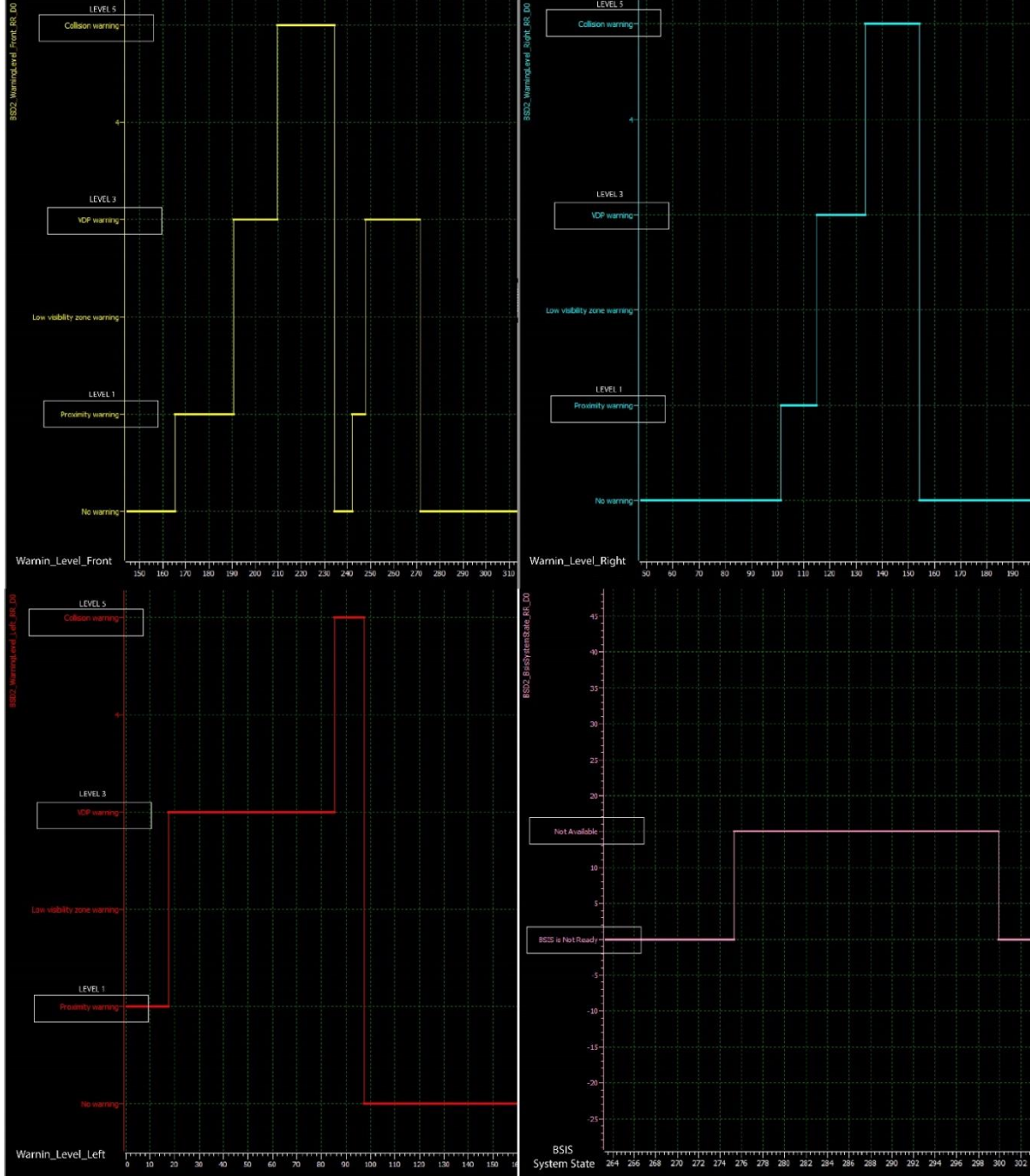
Yapılan laboratuvar testleri tamamlandıktan sonra test aracı üzerinde uygulama testleri yapılmıştır. Bu testler araca yaklaştırılan bir hedef (dummy) yardımıyla yapılmıştır. Hedefin araca yaklaşma yönüne bağlı olarak görsel uyarı işaret ve ses işaretleri test edilmiştir. Görsel 10’da araç üzerindeki uygulama testleri mevcuttur.



**Görsel 10.** Uygulama Testleri

BSIS, sürücünün aracın kör noktasında bulunan bisiklet yörüngesini geçmeden önce durdurabilmesi için görsel bir sinyal aracılığıyla olası bir dönüş sırasında tehlikede olabilecek yakındaki bisikletler hakkında bilgi vermelidir. BSIS/MOIS uyarı sistemi 5 km/h ile 20 km/h arasında hızla hareket eden bir bisiklet veya yaya için, bisiklet ile araç arasında 0,9 ile 4,25 metre arasında bir yanal ayırmda, son bilgi noktasında bir bilgi sinyali vermelidir(ÇALIŞKAN, 2024).

Uygulama testleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilirken, araç CAN hattı üzerinden CAN kaydı alınmıştır. Alınan kayıt üzerinden sinyallerin hangi zaman aralığında ne sıklıkla geldiği analiz edilmiştir. Yapılan analizde hedefin sistemin algıladığı konumda olduğu süre boyunca, hedefin yakınlık durumuna göre sinyalin değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Görsel 11’de Ön-Sağ-Sol ve BSIS Durum bilgilerini gösteren CAN kayıt grafikleri yer almaktadır.



Görsel 11. CAN Kayıt Grafikleri

## 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

**Güvenlik Açısından Önem:** BSIS/MOIS sistemleri, sürücü güvenliği ve dış çevrede bulunan yayalar, bisikletliler gibi zayıf yol kullanıcılarının güvenliği açısından büyük bir rol oynar. Bu sistemlerin sağladığı en büyük avantaj, sürücünün kör noktalarda yer alan nesnelere algılayabilmesini sağlamaktır. Kör noktalarda bulunan araçlar veya yayalar, sürücü tarafından fark edilmezse tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Ancak BSIS/MOIS sistemleri sayesinde, sürücüler bu noktaları daha rahat kontrol edebilir ve olası kazaların önüne geçebilir.

**Kör Nokta Probleminin Azaltılması:** Özellikle şehir içi trafik ve toplu taşıma araçlarında, kör noktalardan kaynaklanan kazaların önemli bir kısmı şerit değiştirme sırasında meydana

gelmektedir. Araçlarda BSIS/MOIS sistemlerinin kullanılmaması, sürücülerin bu kör noktalarda bulunan tehlikeleri fark edememesiyle sonuçlanır ve bu da maddi kayıplara, yaralanmalara ve ölümlere neden olabilir. BSIS/MOIS gibi teknolojilerin uygulanmasıyla, kör noktalarda gerçekleşen kazaların önemli ölçüde azaltılması beklenmektedir. Ölümlü kazaların azaltılması ve kazalara bağlı olarak ortaya çıkan tıbbi masrafların önlenmesi de bu sistemlerin avantajlarından biridir.

**Ekonomik ve Çevresel Faydalar:** Bu sistemlerin kazaları azaltarak, sadece insan yaşamını korumakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik kayıpları da minimuma indirmesi öngörülmektedir. Kazalar, hastane harcamaları, onarımlar ve sigorta masrafları gibi birçok maliyeti beraberinde getirir. BSIS/MOIS sistemlerinin bu maliyetleri büyük oranda azaltması beklenmektedir. Ayrıca bu sistemler, sürücü hatalarını azaltarak trafik verimliliğini artırır ve böylece yakıt tüketimi ile çevresel kirliliğin de azalmasına katkı sağlar. BSIS/MOIS sistemleri, toplu taşıma araçlarında kullanıldığında, sürücünün dikkatini artırarak hem yolcuların hem de çevredeki diğer araçların ve yayaların güvenliğini sağlar. Özellikle şehir içi trafikte sıkça karşılaşılan bisikletliler ve yayalar, bu sistemler sayesinde daha iyi korunur. Bisikletlilerin ve yayaların sıkça gözden kaçtığı durumlarda BSIS, sürücüyü uyararak olası çarpışmaların önüne geçer. Aynı şekilde, MOIS sistemi de aracın önündeki engelleri algılayarak sürücünün gerekli aksiyonları almasına yardımcı olur.

**Test ve Analiz Çalışmalarının Sonuçları:** Laboratuvar ortamında yapılan testler ve gerçek araçlar üzerinde gerçekleştirilen uygulama testleri, BSIS/MOIS sistemlerinin güvenilir ve etkili olduğunu göstermiştir. Testlerde, aracın etrafındaki nesnelere doğru bir şekilde algılayıp sürücüyü zamanında uyarılar gönderen sistemin düzgün çalıştığı tespit edilmiştir.

**Sinyallerin ve Uyarıların Etkinliği:** Bu sistem için kullanılan görsel ve sesli uyarıların sürücüyü yönlendirmede oldukça etkili olduğu anlaşılmıştır. Sistemler, sürücünün kritik anlarda doğru kararlar almasını sağlayacak şekilde uyarı mekanizmalarıyla donatılmıştır. Görsel sinyaller sürücü gösterge panelinde ve araç köşelerinde yer alan LED ışıklarıyla sağlanırken, sesli uyarılar çarpışma riski yüksek olduğunda devreye girer. Dokunsal uyarılar ise sistemin daha gelişmiş formlarında sürücüyü ek bilgilendirmeler sağlayabilir.

**Sonuç Değerlendirmesi:** Toplu taşıma araçlarında BSIS/MOIS sistemlerinin kullanılması, şerit değiştirme veya sollama sırasında meydana gelen kazaların azalmasında kritik rol oynayacaktır. Sistemler, özellikle şehir içi trafikte, sürücülerin daha güvenli bir sürüş deneyimi yaşamasına olanak tanır. Bu teknolojilerin uygulandığı araçlarda kaza oranlarının düşmesi, maddi kayıpların azalması ve çevre güvenliğinin artırılması öngörülmektedir. Bu sonuçlar, şehir içi toplu taşımacılıkta hem ekonomik hem de sosyal açıdan büyük faydalar sağlayacaktır. Özetlemek gerekirse, BSIS/MOIS sistemlerinin şehir içi toplu taşıma araçlarına uygulanması, trafik kazalarını ve yaralanmaları azaltmada etkili bir çözüm sunarken, aynı zamanda maliyetleri ve çevresel etkileri düşürmeye yönelik büyük bir potansiyel taşımaktadır. Bu sistemler hem sürücülere hem de toplu taşıma sektörüne önemli katkılar sunmaktadır.

**KAYNAKÇA**

Brookhuis, K. A., de Waard, D., & Janssen, W. H. (2001). Behavioural impacts of Advanced Driver Assistance Systems-an overview. In *Human Factors Soesterberg The Netherlands EJTIR* (Vol. 1, Issue 3).

ÇALIŞKAN, O. (2024). *SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TİCARİ ARAÇLARDA GENEL EMNİYET REGÜLASYONU KAPSAMINDA GELİŞMİŞ SÜRÜCÜ DESTEK SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ* Oktay ÇALIŞKAN Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ Ocak 2024.

IEEE Staff, . (2010). *2010 IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and Games*. I E E E.

Naik, A. , N. , C. (2020). *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC) : 10-12, September 2020*. IEEE.

R151e. (2020). *R151e*.

R159e. (2021). *R159e*.

Rodelgo-Lacruz, M., Gil-Castiñeira, F. J., González-Castaño, F. J., Pousada-Carballo, J. M., Bueno-Delgado, M. V, Egea-López, E., Vales-Alonso, J., & García-Haro, J. (n.d.). *Base technologies for vehicular networking applications: review and case studies*.

SHAH, A. (2022). *CONFIRMATION OF THE PROJECT*.

Sivakumar, P., Vinod, B., Devi, R. S. S., & Divya, R. (2016). Deployment of Effective Testing Methodology in Automotive Software Development. *Circuits and Systems*, 07(09), 2568–2577.  
<https://doi.org/10.4236/cs.2016.79222>

TOPUZ, M. (2021). *KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ HİBRİT ARAÇLAR İÇİN CAN BUS HABERLEŞME BİRİMİ İLE ARAÇ KONTROL SİSTEMİ VE LINUX TABANLI GUI TASARIMI* MURAT TOPUZ YÜKSEK LİSANS TEZİ Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Aralık-2021 KONYA Her Hakkı Saklıdır.

## İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.ulasim-as.com/> (E.T. 11.09.2024)

<https://truck.knorr-bremse.com/> (E.T. 11.09.2024)

<https://tr.wikipedia.org/> (E.T. 10.09.2024)

<https://data.tuik.gov.tr/> (E.T. 10.09.2024)

## SİBER SALDIRILARA KARŞI ARAÇLARDAKİ OBD II PORTUNUN GATEWAY İLE KORUNMASI

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Ekip Lideri, -İbrahim Bilen**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [ibrahim.bilen@ulasim-as.com](mailto:ibrahim.bilen@ulasim-as.com), 0000-0001-9985-5823

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Âdem Sevilmiş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [adem.sevilmis@ulasim-as.com](mailto:adem.sevilmis@ulasim-as.com), 0009-0005-3417-6842

**Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş**

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., [mehmet.kus@ulasim-as.com](mailto:mehmet.kus@ulasim-as.com), 0009-0009-9174-792X

### ÖZET

Günümüz araçları, büyük miktarda elektronik veri içermekte olup, bu bilgilerin siber saldırılardan ve bilgisayar korsanlığından korunması büyük önem taşımaktadır. Araçların güvenlik sistemlerine yapılan izinsiz girişler, arızalara neden olabileceği gibi, en kötü senaryolarda ölümcül kazalara da yol açabilir. Ancak, araçların tasarımları genellikle harici bağlantılar düşünülmeden yapıldığından, güvenlik her zaman öncelikli bir unsur olmamıştır. Bu durum, çeşitli siber saldırılara karşı zayıflıklar oluşturmuştur.

Özellikle standart OBD II portu, araç içindeki elektronik kontrol ünitelerine (ECU) ve CAN haberleşme sistemine doğrudan erişim sağladığı için önemli bir güvenlik açığı teşkil etmektedir. OBD II arayüzü, yalnızca araca teşhis yapmanın ötesinde, ECU'lara yazılım yükleme ve mevcut yazılımı okuma gibi işlemleri de mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada, araç içi CAN ağının güvenliğini sağlamak amacıyla NXP TJA115 entegresi ve UDS protokolü kullanılarak çeşitli siber saldırı tehditlerine karşı önleyici tedbirler alınmıştır. Yapılan deneylerde, spoofing, tampering ve flooding gibi saldırılara karşı etkin koruma sağlanmış, ağda sahte mesajların ve yetkisiz veri iletimlerinin önüne geçilmiştir. Ayrıca, UDS Security Access (0x27) yöntemi ile kullanıcıların çekirdek kodlarını güvenli bir şekilde anahtar koduna dönüştürmesi sağlanarak, sadece yetkili kullanıcıların araca erişim izni alması mümkün olmuştur.

Gateway modülü kullanılarak oluşturulan mesaj filtresine dayalı güvenlik duvarı, CAN hattında izin verilen mesajlar dışındaki tüm mesajları siber saldırı olarak algılayarak uyarı vermektedir. Sonuç olarak, NXP TJA115 entegresinin ve UDS protokolünün entegrasyonu, araç içi iletişimin güvenliğini önemli ölçüde artırmakta ve modern otomotiv sistemlerinin güvenlik açıklarını minimize etmektedir. Bu çalışmalar, otomotiv endüstrisinin siber güvenlik alanında attığı adımları ve gelecekteki güvenlik geliştirmeleri için bir temel oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** OBD II, Gateway, Siber Güvenlik

## 1. GİRİŞ

Teşhis ve bakım sistemleri, otomotiv Yerleşik Teşhis (OBD-II) portu adı verilen özel ve standart bir arayüz aracılığıyla araçla arayüzlenen harici sistemlerdir. OBD-II portu, 1990'lardan beri Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki yeni araçlarda zorunlu hale getirildi. Bu, teşhis ekipmanının araç içi ağa fiziksel olarak bağlanmasını sağlayarak sorunları hızlı bir şekilde analiz etmeyi ve aracın teşhisini yapmayı mümkün kılıyor. OBD-II arayüzü, CAN veri yoluna tam erişim sağlayarak araçtaki CAN trafiğinin doğrudan manipüle edilmesine ve böylece güvenlik açısından kritik işlemlere müdahale edilmesine olanak tanıyor, çünkü tasarım gereği ne OBD-II ne de CAN herhangi bir koruma sunmuyor [1].

Çok yakın zamanda yapılan bir çalışma, mevcut OBD-II anahtarlarının büyük çoğunluğunun savunmasız olduğunu ve aracı gizlilik ve güvenlik üzerinde etkileri olan çeşitli uzaktan saldırılara maruz bıraktığını göstermiştir [2]. Modern araçlar artık sadece mekanik cihazlar değil, zengin bağlantıyla koordine edilmiş dahili araç ağları üzerinden yaygın olarak yürütülen milyonlarca satır koddan oluşan düzinelerce heterojen elektronik bileşen tarafından kontrol ediliyorlar. Bu nedenle, siber saldırıların önüne geçmek için bu arayüzün güvenlik seviyesinin artırılması zorunlu hale gelmiştir.

Araçlardaki temel hesaplama birimi Elektronik Kontrol Ünitesi'dir (ECU). ECU'lar seri veri yolları üzerinden birbirine bağlanır ve bilgi-eğlence, direksiyon, hızlanma, frenler ve diğer güvenlik açısından kritik sistemler dahil olmak üzere her şeyi kontrol etmek için Denetleyici Alan Ağı (CAN) adı verilen fiili bir standart protokol kullanarak iletişim kurar [3]. Ancak, CAN spesifikasyon bilgileri, CAN mesajlarının tam anlamını ortaya çıkarmak için otomobil OEM'lerinin özel bilgileridir, mesajları tersine mühendislik teknikleriyle analiz etmemiz gerekir, bu da zaman alıcı ve zahmetli bir iştir [4]. Bu sebeple yetkili olmayan biri OBD II portu üzerinden CAN hattına bağlı ECU'lara bağlanmaya çalışıldığında gateway güvenlik duvarı ile karşılaşacaktır. Yetkili bir kişi ise gerekli programlar ve lisanslar ile gateway güvenlik duvarını aştıktan sonra CAN hattındaki bilgilere ve ECU'lar erişim sağlayabilecektir. Bu sistem, araç güvenliğini artırarak siber saldırılara karşı önemli bir savunma mekanizması sunmaktadır.

## 2. ARAŞTIRMALAR VE BULGULAR

Araçlara yapılacak saldırılar sistemin bağlı olduğu kablolu ve kablosuz bağlantılar üzerinden yapılmaktadır. Siber saldırılarda amaç sistemin kullanımını kullanıcıdan ve yöneticiden düşürmektir. Saldırıları genellikle sistemin durdurulması, sonlanması, bir daha hiç çalışmaması gibi sistemi bloke edecek yazılımlar veya sistemi dinlemeye yönelik saldırılardır[5]. Siber saldırı için kullanılan gateway cihazlar ve OBD2 (On-Board Diagnostics) portu, araç güvenliği ve siber güvenlik açısından birbirine bağlantılı ve kritik öneme sahip iki kavramdır. OBD2 portu, araçların elektronik sistemlerine erişim sağlar ve bu portun güvenliği siber saldırılara karşı korunmalıdır. Siber saldırı gateway'leri ise, bir aracın veya ağın güvenliğini zayıflatmak ya da saldırıları yönlendirmek için kullanılan teknikler ya da cihazlar olarak tanımlanabilir.



Bu bağlamda, siber saldırı gateway'i kavramı, OBD2 portu üzerinden gerçekleştirilebilecek saldırılara karşı da kullanılabilir. OBD2 portunun bu tip saldırılara karşı korunması için güvenlik gateway'leri devreye girmelidir. Bağlantı sağlamaya çalışan kullanıcılar güvenlik adımlarını başarılı bir şekilde geçtin sonra bağlantı mümkün hale gelmelidir.

### 2.1.OBD2 Portu Nedir?

OBD2, araçlarda bulunan elektronik kontrol ünitesine (ECU) erişim sağlayan bir teşhis portudur. Genellikle araçtaki arızaları tespit etmek, sensör verilerini okumak ve bazı durumlarda yazılım güncellemek amacıyla kullanılır.

Ancak OBD2 portu, aynı zamanda kötü niyetli kullanıcılar tarafından araçtaki kritik sistemlere (fren, direksiyon, hız kontrolü gibi) müdahale etmek için kullanılabilir. Bu nedenle OBD2 portunun güvenliğini sağlamak, siber saldırılara karşı korunmada önemli bir adımdır. Görsel 1'de OBD2 portu mevcuttur.

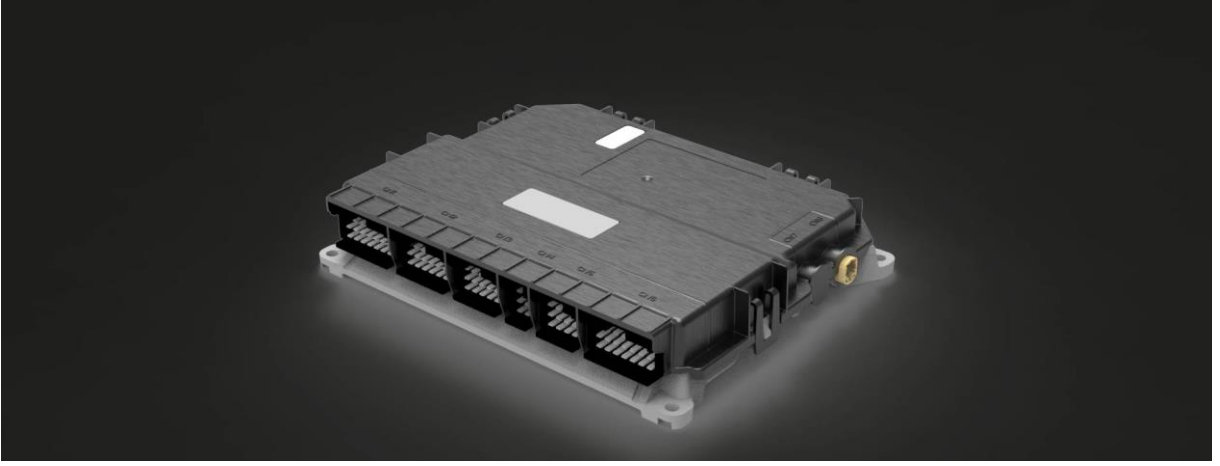


Görsel 1. OBD2 portu

### 2.2.Siber Saldırı Gateway ECU Nedir?

Siber saldırı gateway'i, genellikle kötü niyetli kişilerin bir sistemi hedef almak için kullandıkları bir araçtır. Bu gateway, siber saldırıların yönlendirilmesi, dağıtılması ve izlenmesini sağlar. Örneğin, bir saldırgan, güvenli olmayan bir araç ya da ağdaki bir açık üzerinden bu gateway'i kullanarak hedef sisteme erişim sağlayabilir.

Bu gateway'ler, araç ağlarına veya elektronik sistemlerine sızarak, kötü amaçlı komutlar gönderebilir veya yetkisiz veri erişimi sağlayabilir.



**Görsel 2.** GateWay ECU

### **2.3.OBD2 Portu ve Siber Saldırı Gateway ECU İlişkisi**

Bir otomobildeki CAN (Controller Area Network) veri yolu, aracın sensörleri ile çeşitli elektronik kontrol üniteleri (ECU'lar) arasındaki iletişimi sağlayan ağıdır[6]. OBD2 portu ile bu ECU'lara saldırı yapılabilir. OBD2 portu, siber saldırganlar için bir gateway işlevi görebilir. Bir araçtaki OBD2 portuna fiziksel erişim sağlandığında, saldırganlar bu portu kullanarak araca siber saldırı gerçekleştirebilirler. Bu saldırılar genellikle araç içi ağ (CAN-Bus) üzerinden gerçekleşir ve saldırgan, araca çeşitli zararlı komutlar gönderebilir. Aşağıda, OBD2 portu üzerinden gerçekleştirilebilecek saldırılara dair birkaç örnek verilmiştir.

#### **2.3.1. OBD2 Üzerinden Gerçekleştirilebilecek Saldırıları:**

##### **2.3.1.1.Yetkisiz Veri Erişimi**

OBD2 portu, aracın hız, yakıt durumu, motor performansı gibi çeşitli verilere erişim sağlar. Saldırganlar bu verilere erişerek araç sahibinin gizliliğini ihlal edebilir veya bu bilgileri kötü amaçlarla kullanabilir.

##### **2.3.1.2.Araç Kontrolü Üzerinde Yetkisiz Komutlar**

OBD2 portu, aracın çeşitli elektronik sistemlerine komutlar gönderebilir. Bu port üzerinden, frenleme, hızlandırma, direksiyon kontrolü gibi hayati sistemlere müdahale edilebilir. Bu hem sürücü hem de çevredekiler için ciddi tehlikeler doğurabilir.

##### **2.3.1.3.Araç Yazılımını Manipüle Etme**

Saldırganlar OBD2 portunu kullanarak aracın yazılımını değiştirebilir veya kötü niyetli yazılım yükleyebilirler. Bu durum, araç sistemlerinin bozulmasına, yanlış çalışmasına veya kontrolün tamamen saldırgana geçmesine yol açabilir.

#### **2.3.1.4. Araç İçi Ağların Sabotajı**

OBD2 portuna bağlanarak araç içi CAN-Bus gibi iletişim ağlarına erişim sağlanabilir. Bu ağlar üzerinden, araçtaki tüm elektronik sistemler birbirleriyle iletişim kurar. Saldırganlar, bu ağ trafiğini dinleyebilir veya trafiğe zararlı paketler ekleyerek sistemi bozabilir.

### **2.4. OBD2 Portunu Siber Saldırlara Karşı Koruma**

Diyagnostik portu vasıtasıyla sisteme kablolu olarak sızma işlemi yapılabilir. Sistemin işletim sistemi tekrar programlayarak sistem kontrol edilebilir[7]. Bunun önüne geçmek için OBD2 portu üzerinden gerçekleştirilebilecek siber saldırılara karşı etkili koruma sağlamak için güvenlik gateway'leri kullanılabilir. Bu gateway'ler, OBD2 portuna erişim kontrolleri getirir ve port üzerinden gelen komutları ve trafiği izleyerek yetkisiz erişimleri engeller. Aşağıdaki yöntemler, gateway kullanarak OBD2 portunu korumanın yollarıdır.

#### **2.4.1. Güvenlik Gateway'leri ile Trafik İzleme ve Filtreleme**

Gateway'ler, OBD2 portu üzerinden geçen tüm trafiği izler ve filtreler. Araç içi CAN-Bus sistemine erişim sağlayan bu port üzerinden gelen her veri paketi gateway tarafından kontrol edilerek zararlı olup olmadığı analiz edilir. Zararlı veya yetkisiz bir komut tespit edildiğinde gateway bunu engeller.

#### **2.4.2. Şifreli İletişim**

OBD2 portu üzerinden gerçekleştirilen tüm veri iletişimlerinin gateway aracılığıyla şifrenmesi, saldırganların verileri ele geçirmesini veya komutları değiştirmesini zorlaştırır. Bu şekilde, araç içindeki verilerin gizliliği ve bütünlüğü korunmuş olur.

#### **2.4.3. Yetkilendirme ve Kimlik Doğrulama**

OBD2 portu aracılığıyla araca bağlanan her cihaz için kimlik doğrulama ve yetkilendirme süreçleri uygulanmalıdır. Gateway, bu süreçleri yönetir ve yalnızca yetkili kişilerin veya cihazların port üzerinden işlem yapmasına izin verir. Bu, yetkisiz kişilerin portu kötüye kullanmasını önler.

#### **2.4.4. Zaman Sınırlamaları ve Kural Tabanlı Erişim Kontrolü**

OBD2 portuna yalnızca belirli zamanlarda veya belirli koşullarda erişim sağlanabilir. Gateway, bu erişim koşullarını düzenleyerek, örneğin sürüş sırasında port üzerinden kritik komutların gönderilmesini engelleyebilir.

### 2.4.5. Fiziksel Güvenlik Önlemleri

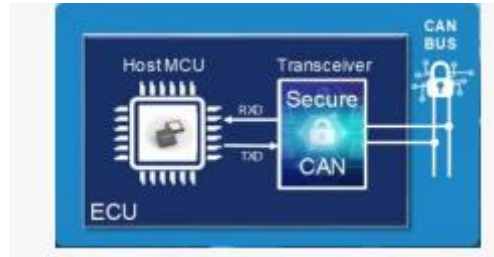
OBD2 portunun fiziksel olarak korunması da önemlidir. Bu port, yalnızca yetkili kişiler tarafından fiziksel olarak erişilebilir olmalıdır. Örneğin, portu kapatan fiziksel kilitler kullanılabilir veya aracın yetkilendirilmemiş kişilere karşı korunması için alarm sistemleri eklenebilir.

### 2.4.6. Saldırı Tespit ve Önleme Sistemleri (IDS/IPS)

Gateway'ler, OBD2 portuna gelen saldırıları tespit etmek ve bunlara gerçek zamanlı müdahalede bulunmak için IDS/IPS sistemleriyle entegre edilebilir. Bu sistemler, port üzerinden gelen anormal trafiği algılayarak hızlıca yanıt verebilir.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

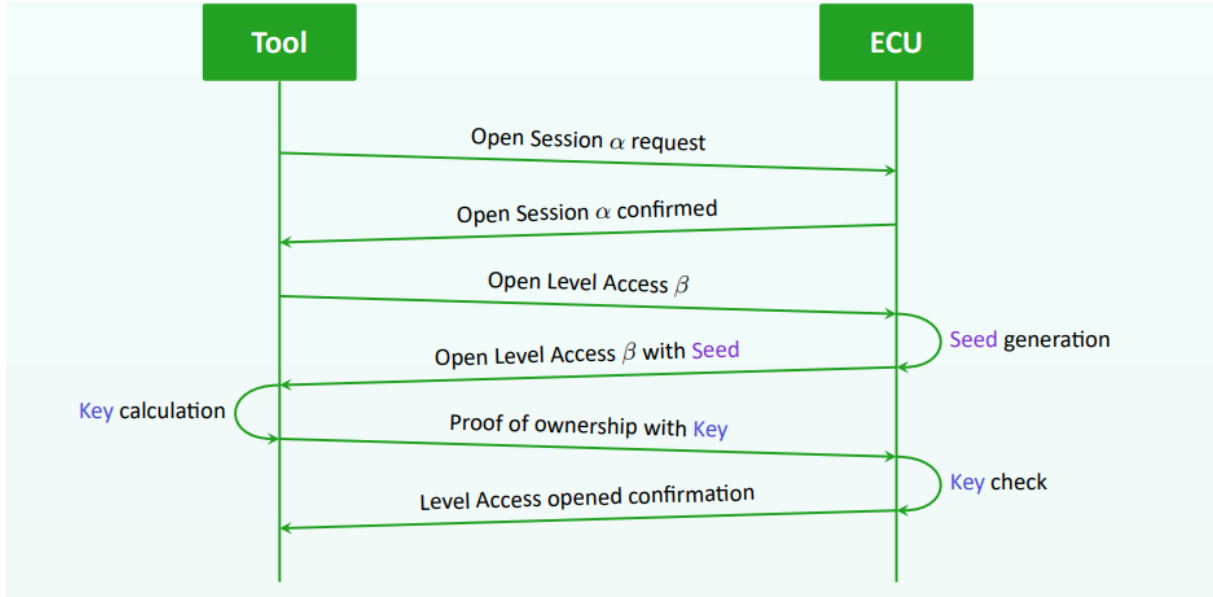
Araç CAN hattı, doğrudan OBD bağlantısı yerine araya konulan güvenlik duvarı özellikli bir CAN entegresi ile güvenli hale getirilmiştir. Bu CAN entegresi, OBD konnektörü ile araç arasında koruma görevini üstlenmektedir. Araca bağlanmaya çalışan kullanıcılar, UDS protokolü kapsamında servis ID: 27 (UDS Security Access) üzerinden alınan çekirdek kodunu anahtar koduna dönüştürerek gateway'e bildirmelidir. Gateway, bu anahtar şifresini doğruladıktan sonra pozitif cevap verirse bağlantı sağlanabilecektir. UDS, otomotiv elektronik kontrol ünitesinde kullanılan diyagnostik iletişim protokollerinden biridir. Bu protokol, ISO 14230-3, ISO 15765 gibi çeşitli standartları birleştirir ve Uluslararası standardizasyon örgütü tarafından ayrıntılı olarak tanımlanır ve bir teşhis cihazı ile araçtaki bir ECU arasındaki teşhis iletişimi için kullanılan birkaç dönüşüm setini tanımlar[8]. Görsel 3'te CAN modül şeması mevcuttur.



Görsel 3. Modül şeması

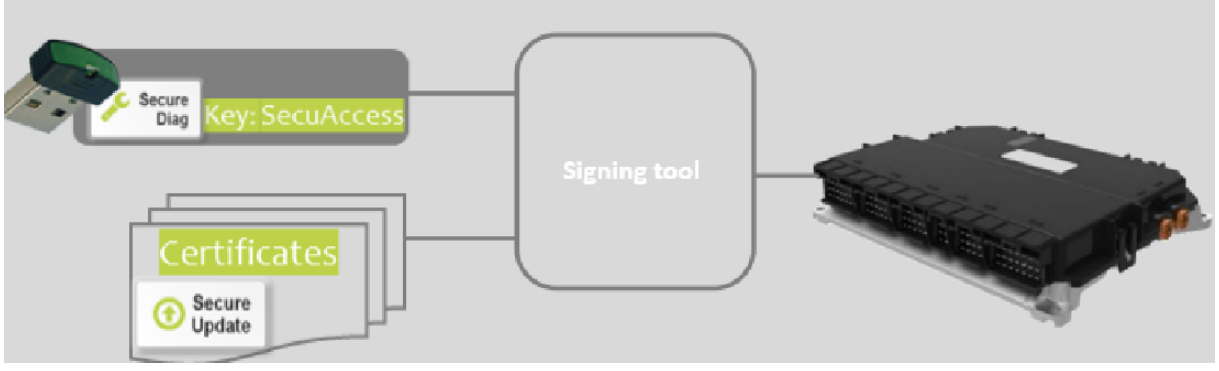
UDS Security Access (0x27) yöntemi, gelişmiş teşhis fonksiyonları için erişim seviyelerinin yönetilmesine olanak tanır. Yazma, I/O kontrolü veya ECU programlama gibi işlemler yapılmadan önce, kullanıcıların bu güvenlik sürecinden geçmesi zorunludur. Bu sistem, her bir kat için tek bir simetrik anahtar kullanarak yetkilendirilmiş erişim sağlar; böylece belirli bir katın (örneğin teşhis katı) tüm kapılarına erişim izni verilir. Bu şekilde, farklı erişim seviyeleri

için güvenlik kademeleri sağlanmış olur ve sadece yetkili kullanıcılar gerekli işlemleri gerçekleştirebilir. Görsel 4'te ECU' lar için güvenlik sürecinin nasıl ilerlediğini gösteren görsel mevcuttur.



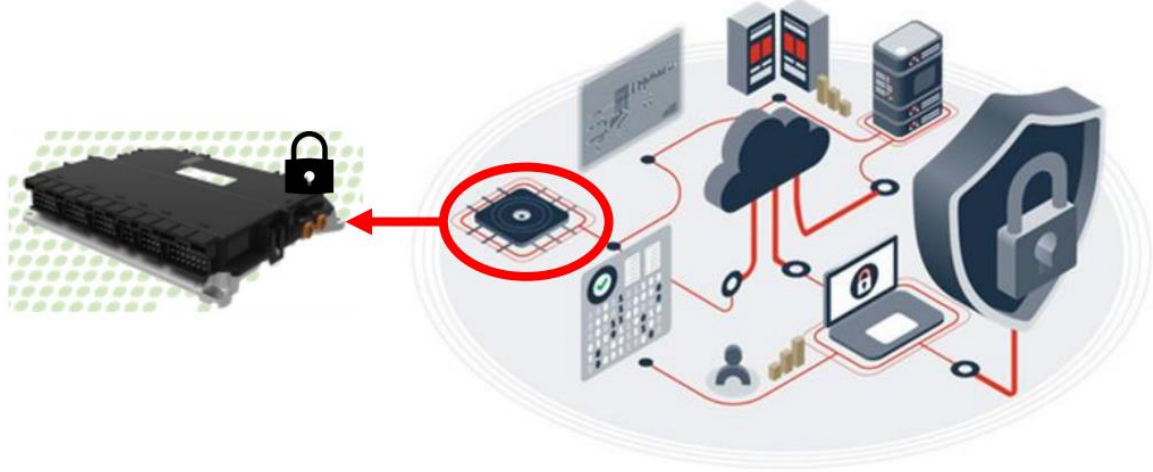
**Görsel 4.** Güvenlik Süreci

Araca bağlanmaya çalışan kullanıcıların, güvenlik duvarı işlevi gören CAN entegrasyonu üzerinden güvenli bir erişim sağlaması için UDS protokolü kapsamında çekirdek kodunu, belirlenmiş bir algoritma ile anahtar koduna çevirmesi gerekmektedir. Araç ECU'ları, istemciye rastgele oluşturulmuş bir değer gönderir. Her iki cihaz da değere dayalı bir yanıt (anahtar) oluşturur ve istemci yanıtını ECU'ya gönderir. Anahtarlar, ECU için alınan ve oluşturulan yanıt için eşleşirse, istemcinin kimliği doğrulanır[9]. Bu algoritma, yetkisiz erişimlerin önüne geçmek ve güvenliği artırmak amacıyla kullanıcılar tarafından doğrudan erişilemeyecek şekilde korunmalıdır. Bunun için algoritma, özel bir donanım güvenlik cihazı olan dongle içinde saklanmaktadır. Dongle, bilgisayara takıldıktan sonra, diagnostik arayüz programı ile çalışarak erişim sürecini güvenli hale getirir. Bu süreçte, dongle'da saklanan algoritma ve veriler, kullanıcıya UDS protokolü üzerinden güvenli bir erişim imkânı sunar. Kullanıcı, dongle içindeki verileri ve algoritmayı kullanarak çekirdek kodunu güvenli bir şekilde anahtar koduna dönüştürebilir ve bu anahtar kodunu gateway'e bildirir. Görsel 5'te UDS protokolü üzerinden güvenli erişim için kullanılan araçlar gösterilmiştir.



**Görsel 5.** UDS protokol bağlantı şekli

Güvenlikli bağlantı öncesinde ya da sonrasında Gateway tarafından CAN hattı sürekli kontrol altında tutulmaktadır. CAN hattında tanımlı olmayan mesajın iletilmesi ya da CAN yoğunluğunun belirlenen seviye üzerinde olması gibi durumları CAN entegresi bunu tespit edecek ve gerekli durumlarda CAN hattını koruyabilecektir. Görsel 6'da genel bir bağlantı mimarisi gösterilmiştir.



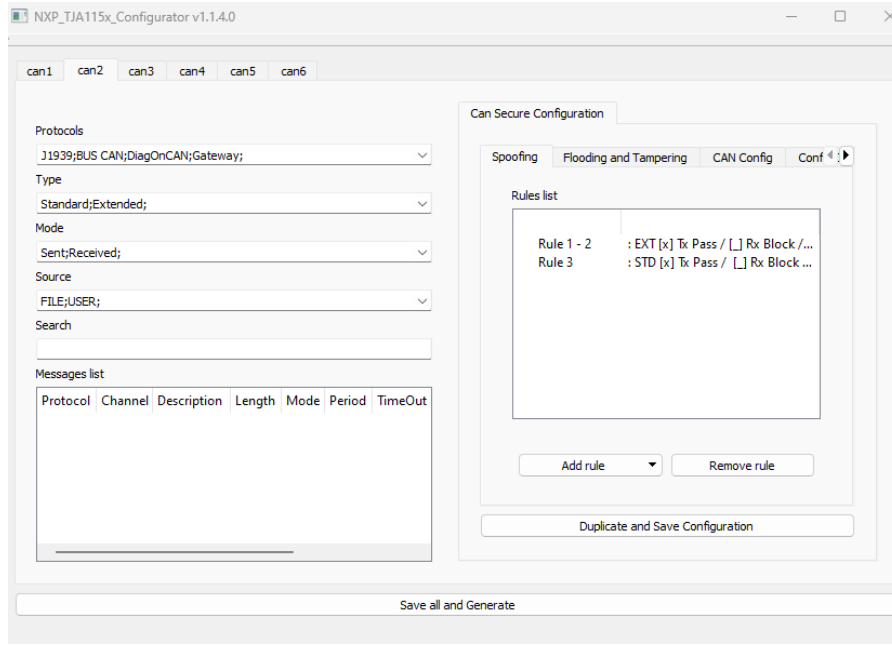
**Görsel 6.** Genel bağlantı mimarisi

Araç içi CAN ağının güvenliğini sağlamak amacıyla NXP TJA115 entegresi kullanılarak çeşitli siber saldırı tehditlerine karşı önleyici tedbirler uygulanmıştır. İlk olarak, spoofing saldırılarına karşı, ağdaki mesajların doğruluğunu ve kimlik doğrulamasını garanti altına almak için entegre üzerinde gelişmiş güvenlik protokolleri devreye sokulmuştur. Bu sayede, saldırganlar tarafından oluşturulabilecek sahte mesajlar tespit edilmiş ve yetkisiz veri iletiminin önüne geçilmiştir.

Ayrıca, tampering (mesaj manipülasyonu) tehditlerine karşı mesaj bütünlüğü korunmuş, entegre sayesinde CAN ağı üzerindeki verilerin değiştirilme girişimleri başarılı bir şekilde engellenmiştir. Mesajların iletim esnasında değiştirilmesini önlemek için bütünlük kontrol mekanizmaları kullanılarak, ağ içi veri güvenliği sağlanmıştır.

Son olarak, flooding (aşırı mesaj yükleme) saldırılarına karşı da NXP TJA115 entegresi ile etkin bir koruma sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, entegre aracılığıyla CAN hattındaki anormal trafik ve yoğun mesaj akışları tespit edilerek ağa verilen yük minimize edilmiştir. Böylece, ağın işlevselliğini etkileyebilecek aşırı veri akışı başarıyla kontrol altına alınmış ve sistemin stabilitesi korunmuştur.

Bu uygulama, NXP TJA115 entegresinin sunduğu güvenlik çözümlerinin CAN ağının güvenlik zafiyetlerini etkili bir şekilde ortadan kaldırdığını ve araç içi iletişim güvenliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Görsel 7’de kullanılan programın arayüzü mevcuttur.

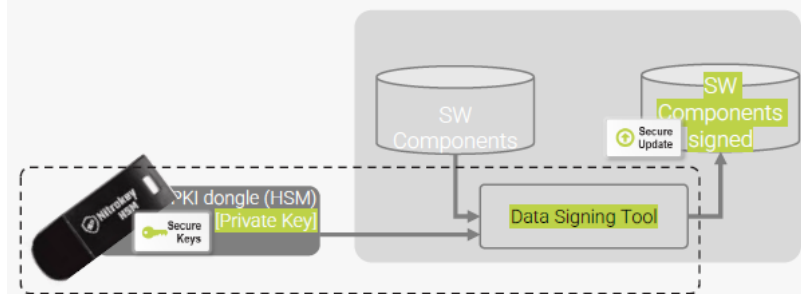


**Görsel 7.** Program arayüzü

CAN entegrasyonunda güvenlik seviyesini artırmak amacıyla, belirli güncellemelerin ve konfigürasyonların yalnızca Public Key Infrastructure (PKI) sistemleri aracılığıyla doğrulanarak gerçekleştirilmesi mümkün olacaktır. PKI, ağdaki cihazların ve yazılımların kimlik doğrulamasını yaparak yetkisiz erişimlerin önüne geçer. PKI sistemleri, açık anahtar şifrelemesinin kullanılmasını sağlar ve ayrıca işlemleri için temel olarak açık anahtar şifrelemesini kullanır[10]. Bu süreçte Vault, veri imzalama işlemlerinde kullanılan asimetrik anahtar çiftlerini (özel ve genel anahtarlar) güvenli bir şekilde saklayarak yönetir. Özellikle güncelleme sürecinde, gönderilen her veri paketinin dijital imzalarla doğrulanması sağlanır ve böylece veri bütünlüğü korunarak olası sahte yazılım yüklemeleri engellenir.

Ayrıca Vault, asimetrik anahtar çiftleri kullanarak dijital sertifikalar oluşturur ve yayımlar. Bu sertifikalar, PKI sistemlerinde veri doğrulama ve kimlik denetiminde kullanılır. PKI ve Vault'un entegre kullanımı, CAN ağında gerçekleştirilen değişikliklerin sadece yetkili taraflarca yapılmasını sağlar ve sistemin genel güvenliğini önemli ölçüde artırır. Bu sayede CAN ağında

hem güncellemeler hem de veri iletişim süreçleri daha güvenli hale gelir. Görsel 8’de veri doğrulama yöntemi gösterilmiştir.



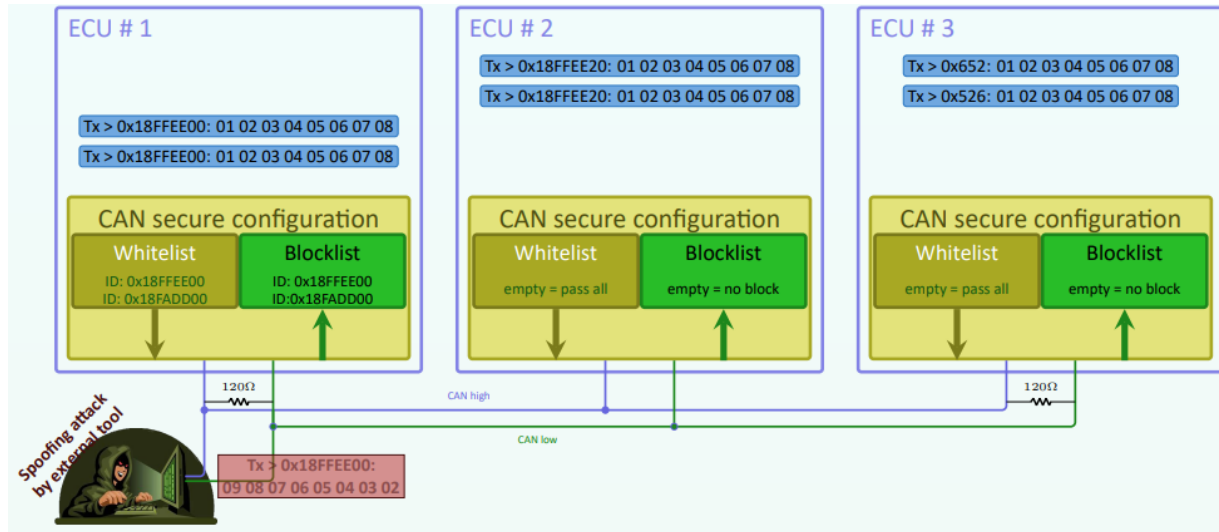
Görsel 8. Veri doğrulama

#### 4. DENEYSSEL SONUÇLAR

Araç içi CAN hattının güvenliği NXP TJA115 entegresi ve UDS protokolü ile sağlanmış, yapılan deneysel uygulamalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

##### 4.1. Spoofing Saldırılarına Karşı Koruma

Yapılan deneylerde, NXP TJA115 entegresi kullanılarak ağda sahte mesajların tespit edilmesi sağlanmıştır. Özellikle, entegre üzerinde yer alan gelişmiş güvenlik protokolleri sayesinde, saldırganlar tarafından oluşturulan ve ağda yetkili cihazlardan gönderiliyormuş gibi görünen sahte mesajlar başarıyla engellenmiştir. Bu durum, ağın sahte verilerle manipüle edilmesini önleyerek güvenliği artırmıştır. Görsel 9’da gönderilen sahte mesajların engellenmesi soyut olarak görselleştirilmiştir.



Görsel 9. Mesajların engellenmesi

##### 4.2. Mesaj Manipülasyonuna Karşı (Tampering) Koruma



Deneylerde, CAN hattı üzerinde gönderilen mesajların bütünlüğü korunmuş ve iletim sırasında mesajların değiştirilmesi girişimleri engellenmiştir. Entegre, mesaj bütünlüğünü sağlamak amacıyla veri bütünlük kontrol mekanizmalarını başarıyla kullanmış ve yetkisiz müdahaleleri tespit ederek mesaj manipülasyonuna izin vermemiştir.

#### 4.3. Flooding Saldırılarına Karşı Koruma

Aşırı mesaj yükleme (flooding) saldırılarına karşı yapılan testlerde, NXP TJA115 entegresi CAN hattında anormal trafik ve aşırı mesaj akışlarını tespit ederek ağın stabilitesini korumuştur. Entegre sayesinde CAN hattındaki yoğun mesaj trafiği başarıyla yönetilmiş ve sistem performansında herhangi bir düşüş yaşanmadan saldırı etkileri minimize edilmiştir.

#### 4.4. Güvenli UDS Erişim Süreci

UDS protokolü kapsamında, servis ID: 27 ile kullanıcıların çekirdek kodlarını güvenli bir şekilde anahtar koduna dönüştürmeleri sağlanmıştır. Bu süreçte, algoritmanın bir dongle içinde saklanması sayesinde yetkisiz kullanıcıların sisteme erişim girişimleri önlenmiştir. Dongle'ın kullanımı ile, diagnostik arayüz programı aracılığıyla güvenli bir erişim ortamı oluşturulmuş ve sadece yetkili kullanıcıların araca bağlanabilmesi mümkün hale getirilmiştir. Görsel 10'da dönüştürülen güvenli kodlar mevcuttur.

02	10	03	55	55	55	55	55
02	50	03	FF	FF	FF	FF	FF
02	27	01	55	55	55	55	55
04	67	01	AA	0B	FF	FF	FF
04	27	02	FD	67	55	55	55

Görsel 10. Güvenli kodlar

#### 4.5. PKI Sistemi ile Güvenli Güncelleme ve Konfigürasyon

Deneylerde, CAN entegrasyonunda PKI altyapısı kullanılarak yapılan güncellemelerin ve konfigürasyonların güvenliği artırılmıştır. Public Key Infrastructure (PKI) sayesinde, ağdaki cihazlar ve yazılımlar kimlik doğrulamasından geçirilmiş, sadece yetkili tarafların veri güncellemeleri yapmasına izin verilmiştir. Vault üzerinde asimetrik anahtarların güvenli bir şekilde yönetilmesi ve dijital imzaların doğrulanması ile veri bütünlüğü korunmuş, sahte yazılım yüklemelerinin önüne geçilmiştir.

Sonuç olarak, yapılan deneyler NXP TJA115 entegresinin ve PKI altyapısının, araç içi CAN ağında güvenlik seviyesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Spoofing, tampering ve flooding gibi siber saldırı tehditlerine karşı etkin bir koruma sağlanmış, güvenli diagnostik erişim ve güncelleme süreçleri başarıyla uygulanmıştır. Bu çalışma, araç içi iletişimin güvenliğini sağlamada kritik adımlar sunmakta ve CAN ağlarının güvenlik zafiyetlerini büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır.

## 5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, araç içi CAN ağının güvenliğini artırmak amacıyla NXP TJA115 entegresi ve UDS protokolü gibi gelişmiş güvenlik çözümleri kullanılarak çeşitli siber saldırı tehditlerine karşı etkili önlemler alınmıştır. Araçların güvenliğini sağlamak için tasarlanmış bu sistemler, özellikle sahte mesaj gönderimi (spoofing), mesaj manipülasyonu (tampering) ve aşırı veri yüklemesi (flooding) gibi saldırılara karşı başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan deneysel uygulamalar, NXP TJA115 entegresinin sağladığı güvenlik protokollerinin, ağdaki mesajların doğruluğunu ve bütünlüğünü koruyarak yetkisiz erişimleri etkili bir şekilde önlediğini göstermektedir. Ayrıca, UDS protokolü kullanılarak gerçekleştirilen çekirdek kodu ve anahtar kodu dönüşüm süreci, sadece yetkili kullanıcıların araca erişimini sağlayarak güvenlik seviyesini artırmıştır. Bu süreçte, dongle gibi özel güvenlik cihazlarının kullanımı, algoritmaların güvenli bir ortamda saklanması mümkün kılınmış ve dolayısıyla sistemin güvenliğini önemli ölçüde artırmıştır.

PKI altyapısının entegrasyonu ile güncellemelerin ve konfigürasyonların güvenliği daha da güçlendirilmiştir. Bu sayede, veri imzalama işlemleri ve dijital sertifikaların kullanımı sayesinde, gönderilen her veri paketinin doğrulanması sağlanmış ve potansiyel sahte yazılım yüklemelerinin önüne geçilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, araç içi CAN ağlarının güvenliğini sağlamak için uygulanan önlemlerin etkinliğini ortaya koymakta ve gelecekteki uygulamalara ışık tutmaktadır. Gelişmiş güvenlik çözümlerinin entegrasyonu, sadece günümüz araçlarının güvenliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki otomotiv sistemlerinin dayanıklılığını da güçlendirecektir. Araç güvenliği, giderek daha fazla önem kazanan bir alan olduğundan, bu tür sistemlerin geliştirilmesi ve entegrasyonu hem kullanıcılar hem de otomotiv endüstrisi için büyük bir fayda sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- [1] Ammar, M., Janjua, H., Thangarajan, A., Crispo, B. et al., "Securing the On-Board Diagnostics Port (OBD-II) in Vehicles," SAE Int. J. Transp. Cyber. & Privacy 2(2):83-106, 2019,
- [2] T. U. Kang, H. M. Song, S. Jeong and H. K. Kim, "Automated Reverse Engineering and Attack for CAN Using OBD-II," 2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Chicago, IL, USA, 2018, pp. 1-7,
- [3] Miller, C., and Valasek, C., "Adventures in Automotive Networks and Control Units," Def Con 21:260-246, 2013.
- [4] Wen, H., Chen, Q.A., and Lin, Z., "Plug-n-pwned: Comprehensive Vulnerability Analysis of obd-ii Dongles as a New Over-the-air Attack Surface in Automotive IOT," in 29th {USENIX} Security Symposium ({USENIX} Security 20), Boston, USA, 2020.
- [5] AVCI, İ., ÖZARPA, C., ÖZDEMİR, M., KINACI, B. F., & KARA, S. A. (2022). Akıllı ulaşım araçlarında siber güvenlik ve çok katmanlı güvenlik önlemi. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 5(1), 22–35. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1034370>
- [6] Diemo Korb, A., & supervisor Hans-Michael Windisch Second supervisor Ulrich Margull External supervisor Lukas Lisowski, F. (n.d.). Evaluating approaches for more efficient UDS protocol scanning to obtain the academic degree Bachelor of Science.
- [7] ÖZARPA, C., AVCI, İ., & KARA, S. A. (2021). Otonom Araçlar İçin Siber Güvenlik Risklerinin Araştırılması ve Savunma Metotları. European Journal of Science and Technology. <https://doi.org/10.31590/ejosat.911468>
- [8] Shridhar Kuntoji, M., Medam, V., & Veena Devi, S. V. (2023). Design of UDS Protocol in an Automotive Electronic Control Unit. Advances in Transdisciplinary Engineering, 32, 255–262. <https://doi.org/10.3233/ATDE221266>
- [9] Skavhaug, A., Guiochet, J., Schoitsch, E., & Bitsch, F. (Eds.). (2016). Computer Safety, Reliability, and Security (Vol. 9923). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45480-1>
- [10] Spies, T. (2017). Public Key Infrastructure. In Computer and Information Security Handbook (pp. 691–711). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803843-7.00048-X>

## İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.mathaelectronics.com/pwm-pulse-width-modulation/>

[https://products.sanyodenki.com/info/sanace/en/technical\\_material/pwm.html](https://products.sanyodenki.com/info/sanace/en/technical_material/pwm.html)

## INVERSE AND FORWARD KINEMATIC ANALYSIS OF A THREE-JOINTED QUADRUPED ROBOT

**Postgraduate Student Bahçet MÜBAREK**

Firat University,  
bahjat.alawad94@gmail.com – ORCID: 0009-0009-0812-0924

**Asst. Prof. Muhammet AYDIN**

Firat University,  
muhammeta@firat.edu.tr – ORCID: 0000-0003-2746-9477

### ABSTRACT

The kinematic analysis of a quadruped robot is crucial for understanding its movement and control. Inverse and forward kinematics are two fundamental approaches used to determine the robot's configuration and movements. Forward kinematics involves determining the position of the robot's end-effectors (such as its feet) based on given joint angles, whereas inverse kinematics involves finding the joint angles required to achieve a desired position of the end-effectors. For a three-jointed quadruped robot, each leg is composed of three main joints, typically corresponding to the hip, knee, and ankle. The forward kinematic analysis calculates the position of the foot given the angles at these joints, allowing for the prediction of how the robot will step or stand based on specific commands. Inverse kinematics, on the other hand, is used to find the joint angles required to place the foot at a certain position in space, ensuring the robot moves in the desired direction or maintains balance on uneven terrain. This dual analysis is essential for tasks like walking, climbing, and avoiding obstacles. Through iterative calculations and optimization techniques, the robot can dynamically adjust its posture and gait. Understanding both forward and inverse kinematics is key to improving the precision and efficiency of quadruped robots, making them suitable for a variety of real-world applications, from exploration to rescue missions. In this study, forward and inverse kinematic solutions of a three-jointed quadruped robot are analytically obtained.

**Key Words:** Three-jointed quadruped robot, Inverse kinematic, Forward kinematic, Kinematic analysis.

## 1. INTRODUCTION

Quadruped robots, distinguished by their four-legged design and articulated joints, have garnered significant interest from the academic and industrial sectors because to their exceptional mobility, balance, and versatility. Particularly in dynamic or uneven environments, these robots provide a reliable substitute for occupations requiring stability and adaptability. They are therefore turning into essential technology in a variety of domains, including search and rescue and autonomous exploration.

Kinematic analysis is a crucial component of comprehending and managing quadruped robots since it is necessary for both motion planning and execution. The forward and inverse kinematic analyses of a three-jointed quadruped robot are the main emphasis of this study, which shows how the joints work together to move the robot. By using forward kinematics, the position and orientation of the robot's foot tips may be determined from the joint angles of each leg. Inverse kinematics solves the more difficult problem of figuring out the joint angles required to reach a particular foot position, which is essential for accurate movement control.

The forward kinematic analysis generates transformation matrices that characterize the robot's limb configurations and general movement using Denavit-Hartenberg parameters. Inverse kinematic analysis provides a thorough analysis of how the robot's legs might achieve desired positions in practical scenarios by analytically resolving the problem of several possible solutions. By improving our knowledge of three-jointed quadruped kinematics, this work eventually advances the area of robotic locomotion by facilitating more stable and effective movement for demanding tasks in a variety of situations.

The project titled “*A Biological Inspired Quadruped Robot: Structure and Control*” is designed with the primary goal of enhancing both the structural design and control systems of quadruped robots by taking inspiration from biological processes. This biomimetic approach replicates animal-like locomotion, enabling quadruped robots to mimic the movement patterns of real-life animals. Such inspiration from nature provides a framework for developing flexible and efficient control systems that adapt quickly to shifts in the environment and dynamic conditions. By emulating the balance, speed, and movement efficiency found in animal locomotion, this approach offers a substantial improvement in how these robots respond to unpredictable or rapidly changing conditions. The project thus proposes a framework that holds great potential for applications requiring quick adaptation and mobility in complex environments [1].

In a similar vein, the project titled “*Development of a Compliant Legged Quadruped Robot*” seeks to improve the robot's ability to handle irregular surfaces and unexpected collisions by designing leg components that are more flexible and compliant. By increasing the flexibility of the legs, the project addresses the need for quadruped robots to safely navigate through uneven terrains, where sudden impacts and adjustments are inevitable. The compliant leg design has become a critical factor in advancing the robot's capabilities to walk stably and efficiently over unpredictable terrains, further supporting the robot's ability to absorb impact without compromising balance. This flexibility not only enhances the robot's resilience but also supports smoother movement, making compliant leg designs essential for practical robotic applications across varied terrain [2].

Furthermore, the project “*Control of a Quadruped Robot with Bionic Springy Legs in Trotting Gait*” delves into the design of spring-like leg structures inspired by the natural mechanisms

found in biological systems, specifically to improve trotting movements. The addition of bionic, springy legs enables the robot to move with greater speed and agility, retaining a balance between stability and dynamic mobility. These spring-like legs offer a robust structure for trotting gaits, providing the robot with the necessary force and energy to propel forward while ensuring balanced movement. This design optimizes the robot's agility, allowing it to handle rapid movements and maintain stability, which is particularly beneficial in scenarios where quick reactions and sustained energy are needed for efficient locomotion [3].

The study *“Comparing the Effect of Different Spine and Leg Designs for a Small Bounding Quadruped Robot”* focuses on optimizing bounding movements in smaller quadruped robots. By evaluating various spine and leg configurations, this research aims to maximize the leaping abilities of these robots through innovative structural improvements. This project specifically analyzes how different spine flexibilities and leg configurations contribute to effective bounding motions. By refining these design aspects, the project enhances the robot's ability to perform agile movements that require precise coordination between its spine and legs. Such improvements in bounding capabilities are essential for applications that require heightened mobility and robust structural integrity over varied surfaces [4].

Unlike prior works, our study takes a distinct approach by focusing on the forward and inverse kinematic analysis of a quadruped robot equipped with three-jointed legs. This analysis emphasizes the importance of achieving coordinated leg movement, which is critical for ensuring that the robot attains precise and reliable positioning. While earlier research has explored biomimetic structures, adaptive control systems, or compliant leg designs individually, our study integrates these insights into a comprehensive framework that focuses on quadruped robot kinematics. By presenting a detailed analysis of the forward and inverse kinematics of a three-jointed system, this work provides a deeper understanding of how to achieve optimal leg coordination and positioning in quadruped robots. Such an analytical approach contributes significantly to the existing literature, establishing a basis for developing strategies that promote more efficient, dependable, and precise robotic movement [5–19].

This study not only enhances current methodologies in quadruped robot locomotion but also lays down foundational insights that can be applied to the future development of robotic systems that require reliable and adaptive movement across diverse environments.

## **2. KINEMATIC ANALYSIS OF A THREE-JOINTED QUADRUPED ROBOT**

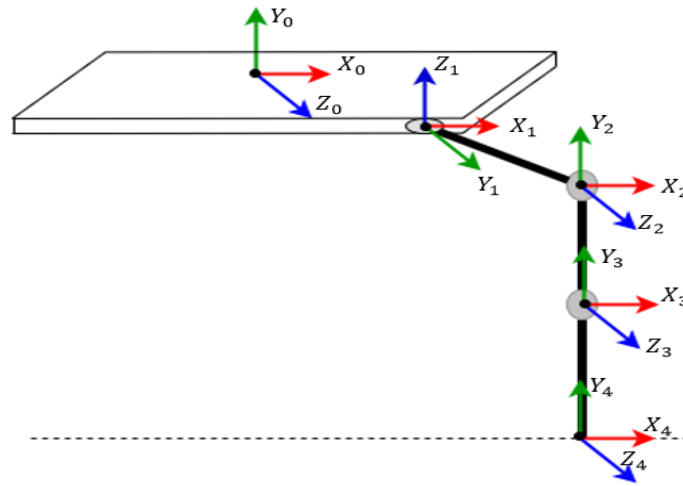
Kinematic analysis is a branch of engineering that studies how mechanical systems and gadgets move and makes it possible to express those motions mathematically. It is utilized to ascertain the locations, speeds, accelerations, and vibrations of robots and is very helpful in robotic systems. Furthermore, it is essential to the dynamic computations of robotics. A three-jointed quadruped robot's forward and inverse kinematic computations were carried out in this work.

### **2.1. Forward Kinematic Analysis of a Three-Jointed Quadruped Robot**

The study of how robots and other mechanical systems move in both static and dynamic environments is known as forward kinematic analysis. The goal of this study is to ascertain the locations and rotations of the robot along each coordinate axis. To provide movement of any

joint or end effector with respect to the ground, translation and rotation matrices are usually constructed for each joint and then multiplied. These matrices, which are based on the X and Z axes and calculate the robot's movement with respect to the ground, are frequently calculated by robotic systems using Denavit-Hartenberg tables.

The diagram below displays the axis assembly setup for the front right leg of the three-jointed quadruped robot. Since the other legs will employ the identical formulas, just one leg has been used for the calculations. Only the signs of the parameters are changed.



**Figure 1.** The axis assembly arrangement for the front right leg of the three-jointed quadruped robot.

Table 1 shows the Denavit-Hartenberg technique link table for the front right leg of the three-jointed quadruped robot.

**Table 1.** The DH table for the front right leg of the three-jointed quadruped robot.

Link	$\theta_i$	$\theta_{\text{home}}$	$d_i$	$a_i$	$\alpha_i$
1	0	0	$\mu$	$\varepsilon$	$-\pi/2$
2	$\phi_{2,j}$	0	0	$l_2$	$\pi/2$
3	$\phi_{3,j}$	0	0	$l_3$	0
4	$\phi_{4,j}$	0	0	$l_4$	0

$\varepsilon$  and  $\mu$  values are given in Equations 1 and 2.

$$\varepsilon = \begin{cases} -l_1, & \text{back leg} \\ l_1, & \text{front leg} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu = \begin{cases} -d_1, & \text{left leg} \\ d_1, & \text{right leg} \end{cases} \quad (2)$$

Below are the corresponding transition matrices for each joint.

$$T_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \varepsilon \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & \mu \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$T_1 = \begin{bmatrix} c\phi_{2,1} & 0 & s\phi_{2,1} & l_2 c\phi_{2,1} \\ s\phi_{2,1} & 0 & -c\phi_{2,1} & l_2 s\phi_{2,1} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} c\phi_{3,1} & -s\phi_{3,1} & 0 & l_3 c\phi_{3,1} \\ s\phi_{3,1} & c\phi_{3,1} & 0 & l_3 s\phi_{3,1} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} c\phi_{4,1} & -s\phi_{4,1} & 0 & l_4 c\phi_{4,1} \\ s\phi_{4,1} & c\phi_{4,1} & 0 & l_4 s\phi_{4,1} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

The following is the transfer matrix of the three-jointed quadruped robot's leg tip with respect to the body center.

$$T = T_0 T_1 T_2 T_3 \quad (7)$$

$$T = \begin{bmatrix} c\phi_{34,1} c\phi_{2,1} & -s\phi_{34,1} c\phi_{2,1} & s\phi_{2,1} & \varepsilon + c\phi_{2,1}(l_2 + l_3 c\phi_{3,1}) + l_4 c\phi_{2,1}(c\phi_{3,1} c\phi_{4,1} - s\phi_{3,1} s\phi_{4,1}) \\ s\phi_{34,1} & c\phi_{34,1} & 0 & l_4 s\phi_{34,1} + l_3 s\phi_{3,1} \\ -c\phi_{34,1} s\phi_{2,1} & s\phi_{34,1} s\phi_{2,1} & c\phi_{2,1} & \mu - s\phi_{2,1}(l_2 + l_3 c\phi_{3,1}) + l_4 s\phi_{2,1}(-c\phi_{3,1} c\phi_{4,1} + s\phi_{3,1} s\phi_{4,1}) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

The following are the forward kinematic solutions for a three-jointed quadruped robot:

$$P_x = \varepsilon + c\phi_{2,1}(l_2 + l_3 c\phi_{3,1}) + l_4 c\phi_{2,1}(c\phi_{3,1} c\phi_{4,1} - s\phi_{3,1} s\phi_{4,1}) \quad (9)$$

$$P_y = l_4 s\phi_{34,1} + l_3 s\phi_{3,1} \quad (10)$$

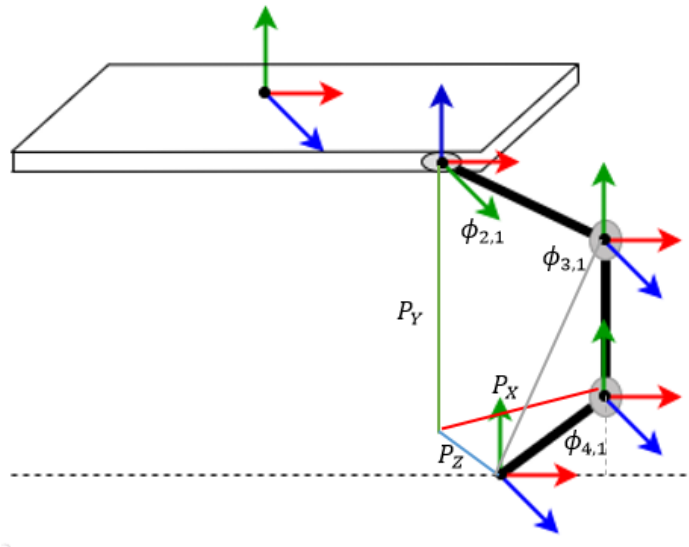
$$P_z = \mu - s\phi_{2,1}(l_2 + l_3 c\phi_{3,1}) + l_4 s\phi_{2,1}(-c\phi_{3,1} c\phi_{4,1} + s\phi_{3,1} s\phi_{4,1}) \quad (11)$$

## 2.2. Inverse Kinematic Analysis of a Three-Jointed Quadruped Robot

One technique for figuring out a robot's endpoint in relation to other parameters and the start of movement is inverse kinematic analysis. The two-jointed quadruped robot's inverse kinematic



calculation is displayed in the adjacent figure. To make it easier to calculate the angle connected to the robot's body, the leg is depicted as a triangle. Only the leg's location has been employed in this computation.



**Figure 2.** The leg position of the three-jointed quadruped robot for calculating inverse kinematic.

The necessary angles are derived by carrying out the following operations, accordingly, using Figure 2, Equations 9, 10, and 11.

$$\phi_{2,1} = \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \quad (12)$$

$$c\phi_{4,1} = \frac{\left[ [P_x - \varepsilon] \cos \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - [P_z - \mu] \sin \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - l_2 \right]^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3l_4} \quad (13)$$

$$s\phi_{4,1} = \sqrt{1 - c\phi_{4,1}^2} \quad (14)$$

$$\phi_{4,1} = \tan^{-1} \left[ \frac{\sqrt{\frac{\left[ [P_x - \varepsilon] \cos \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - [P_z - \mu] \sin \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - l_2 \right]^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3l_4}}}{\frac{\left[ [P_x - \varepsilon] \cos \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - [P_z - \mu] \sin \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] \right] - l_2 \right]^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3l_4}}} \right] \quad (15)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left[ \frac{l_4 \sin \left[ \sqrt{1 - \frac{[P_x - \varepsilon] \cos \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] - [P_z - \mu] \sin \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] - l_2} \right]^2 - l_3^2 - l_4^2}}{2 l_3 l_4}} \right]}{l_3 + l_4 \cos \left[ \frac{[P_x - \varepsilon] \cos \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] - [P_z - \mu] \sin \left[ \tan^{-1} \left[ \frac{P_x - \varepsilon}{-P_z + \mu} \right] - l_2} \right]^2 - l_3^2 - l_4^2}}{2 l_3 l_4}} \right]} \right] \quad (16)$$

$$\phi_{3,1} = \tan^{-1} \left[ \frac{-P_z + \mu}{P_x - \varepsilon} \right] - \alpha \quad (17)$$

### 3. CONCLUSION

The forward and inverse kinematic analyses of a three-jointed quadruped robot have been successfully investigated in this study, highlighting the need of efficient kinematic modeling in robotic systems. A deeper comprehension of the robot's general posture and dynamic behavior results from the studies that show how the leg movements of the robot may be precisely computed based on joint angles. A thorough description of the robot's kinematics could be obtained by employing Denavit-Hartenberg parameters to obtain transformation matrices that enable us to create precise position equations for every leg.

The intricacies and variety of possible solutions that frequently emerge in such situations were highlighted by the inverse kinematic analysis, which offered significant insights into figuring out the required joint angles for reaching particular target positions. The results show how important these kinematic solutions are to improving the efficiency and stability of quadruped robots in practical applications as well as expanding our understanding of robotic locomotion. The findings of this study, in summary, support the advancement of sophisticated robotic systems that can carry out challenging tasks in a variety of settings. Future studies can concentrate on putting these kinematic models into practice and evaluating the robots in several situations in order to verify and improve the suggested analysis.

### REFERENCES

- [1] Zhang, X., Zheng, H., Xu, G., Cheng, Z., & Zhao, L., *A biological inspired quadruped robot: structure and control*, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics-ROBIO, 387-392, 2005.
- [2] Gor, M. M., Pathak, P. M., Samantaray, A. K., Alam, K., Kumar, P., Anand, D. & Kwak, S. W., Development of a compliant legged quadruped robot, *Sādhanā*, 43, 1-18, 2018.
- [3] Li, M., Jiang, Z., Wang, P., Sun, L., & Ge, S. S., Control of a quadruped robot with bionic springy legs in trotting gait, *Journal of Bionic Engineering*, 11, 2, 188-198, 2014.

- [4] Eckert, P., Spröwitz, A., Witte, H., & Ijspeert, A. J., *Comparing the effect of different spine and leg designs for a small bounding quadruped robot*, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 3128-3133, 2015.
- [5] De Viragh, Y., Bjelonic, M., Bellicoso, C. D., Jenelten, F., & Hutter, M., *Trajectory optimization for wheeled-legged quadrupedal robots using linearized zmp constraints*, IEEE Robotics and Automation Letters, 4, 2, 1633-1640, 2019.
- [6] Askari, M., Karakadioglu, C., Ayhan, F., & Ozcan, O., *MinIAQ-II: A miniature foldable quadruped with an improved leg mechanism*, IEEE international conference on robotics and biomimetics (ROBIO), 19-25, 2017.
- [7] Zhang, Z., An, H., Ma, H., Wei, Q., & Wang, J., *On Hopping Control for an Articulated Leg of a Quadruped Robot Based on Two-Mass Model*, 13th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), 1190-1196, 2018.
- [8] Tseng, K. Y., & Lin, P. C., *A model-based strategy for quadruped running with differentiated fore- and hind-leg morphologies*, Bioinspiration & Biomimetics, 17, 2, 2022.
- [9] Chattunyakit, S., Kobayashi, Y., Emaru, T., & Ravankar, A. A., *Bio-inspired structure and behavior of self-recovery quadruped robot with a limited number of functional legs*, Applied sciences, 9, 4, 799, 2019.
- [10] Wang, L., Meng, L., Kang, R., Liu, B., Gu, S., Zhang, Z. & Ming, A., *Design and dynamic locomotion control of quadruped robot with perception-less terrain adaptation*, Cyborg and Bionic Systems, 2022.
- [11] Pastor, R., Bobovsky, Z., Oscadal, P., Mesicek, J., Pagac, M., Prada, E. & Babjak, J., *Optimizing a quadruped robot: a comparison of two methods*, MM Science Journal, 2, 2021.
- [12] Dini, N. & Majd, V. J., *An MPC-based two-dimensional push recovery of a quadruped robot in trotting gait using its reduced virtual model*, Mechanism and Machine Theory, 146, 2020.
- [13] Shafiee, M., Bellegarda, G. & Ijspeert, A., *Manyquadrupeds: Learning a single locomotion policy for diverse quadruped robots*, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 3471-3477, 2024.
- [14] Gurney, J., Samare Filsoofi, A., McClain, E., Bolejack, C., Aboufazeli, M., John Mathews, V. Meek, S., *Uped: A quadruped robot platform to study directional leg compliance*, Journal of Mechanisms and Robotics, 15, 1, 2023.

- [15] Huang, W., Xiao, J., Zeng, F., Lu, P., Lin, G., Hu, W. & Wu, Y., A quadruped robot with three-dimensional flexible legs, *Sensors*, 21, 14, 4907, 2021.
- [16] Shao, Y., Jin, Y., Liu, X., He, W., Wang, H. & Yang, W., Learning free gait transition for quadruped robots via phase-guided controller, *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7, 2, 1230-1237, 2021.
- [17] Aldair, A. A., Al-Mayyahi, A. & Wang, W., Design of a stable an intelligent controller for a quadruped robot, *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 15, 2, 817-832, 2020.
- [18] Jianxun, F. & Feng, G., Dynamic stability analyzes for a parallel–serial legged quadruped robot, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 19, 5, 2022.
- [19] Kim, J., Fawcett, R. T., Kamidi, V. R., Ames, A. D. & Hamed, K. A., Layered control for cooperative locomotion of two quadrupedal robots: Centralized and distributed approaches, *IEEE Transactions on Robotics*, 2025.

## DYNAMICS OF A TWO-JOINTED QUADRUPED ROBOT

**Postgraduate Student Bahçet MÜBAREK**

Firat University,  
bahjat.alawad94@gmail.com – ORCID: 0009-0009-0812-0924

**Asst. Prof. Muhammet AYDIN**

Firat University,  
muhammeta@firat.edu.tr – ORCID: 0000-0003-2746-9477

### ABSTRACT

The study of the dynamics of a two-jointed quadruped robot focuses on understanding how forces and torques affect the motion and stability of the robot. Unlike static analysis, dynamics involves accounting for the robot's mass, inertia, and the external forces acting on it during movement. Each leg of the quadruped robot, consisting of two joints, typically includes the hip and knee, which play key roles in the robot's locomotion and ability to balance. This research delves into the dynamic modeling of the robot to predict its motion under various conditions, such as walking, turning, or standing on uneven surfaces. By applying Euler Lagrangian methods, the forces at the joints and the required torques for desired movements are calculated. The dynamic model helps in identifying the relationship between joint velocities, accelerations, and the forces exerted by the ground during movement. An accurate dynamic analysis allows for the design of control algorithms that ensure smooth, efficient, and stable movements. This is essential for real-time applications where the quadruped robot must navigate complex environments. The study of such dynamics not only enhances the robot's performance but also contributes to its energy efficiency and adaptability in tasks ranging from search and rescue to industrial automation.

**Key Words:** Two-jointed robot, Quadruped robot, Dynamics analysis.

### 1. INTRODUCTION

Quadruped robots, distinguished by their four-legged design and articulated joints, have drawn a lot of interest in the research and industrial sectors because of their exceptional mobility, balance, and versatility. For jobs requiring stability and adaptability, especially in dynamic or uneven situations, these robots provide a reliable option. Because of this, they are turning into

an essential technology in a variety of domains, including as autonomous exploration and search and rescue operations.

The study of dynamics in quadruped robots has become crucial for advancing agile and stable robotic movement, especially in robots with more complex joint structures. A two-jointed quadruped robot presents unique challenges and opportunities for optimizing gait, balance, and adaptability. By incorporating two active joints per limb, these robots can achieve a wider range of motion, better shock absorption, and more refined control over each step. Understanding the intricate interplay of forces, torque, and inertia in a two-jointed system allows for more sophisticated modeling and control, ultimately contributing to the development of robots capable of navigating complex, real-world terrains with enhanced stability and efficiency. This research lays the groundwork for refining motion algorithms and control techniques specific to multi-jointed quadrupedal systems, bridging the gap between bio-inspired designs and practical applications in robotics.

The literature on quadrupedal robots provides a comprehensive perspective encompassing dynamic locomotion, control strategies, modeling, cost-effective design, and adaptive capabilities based on learning. Approaches to dynamic locomotion and whole-body control enable robots to maintain balance and agility on challenging terrains, while online dynamic trajectory optimization and nonlinear motion planning allow real-time adaptation across varying surfaces [1-4]. Real-time applications of model predictive control further highlight the adaptability of robot designs to rapid environmental changes [5].

Kinematic and dynamic modeling studies for quadrupedal robots under different gait patterns and mechanism topologies contribute valuable insights for achieving efficient movement. Moreover, bionic gait strategies that increase degrees of freedom show the potential for more versatile movement capabilities [6-7]. Perception-less terrain adaptation approaches enable robots to traverse challenging surfaces effectively without environmental sensing, offering cost-effective solutions [8]. In this context, open-source, low-cost, and 3D-printable robot designs provide new avenues for accessible dynamic robotic applications [9].

Robot models with spinal joints and full-dynamics simulation environments facilitate the emulation of more natural and agile robotic movements through simulation support [10]. Research on learning highly dynamic behaviors allows quadruped robots to perform agile actions in various conditions through AI-based optimizations [11]. Finally, studies on co-optimizing design and control for integrated robotic arms on quadrupedal robots balance locomotion and manipulation capabilities, offering comprehensive solutions in loco-manipulation [12].

This extensive body of research strengthens both the movement and task-oriented capabilities of quadrupedal robots, forming a solid foundation for future developments in the field.

## **2. DYNAMICS OF A TWO-JOINTED QUADRUPED ROBOT**

Dynamic analysis provides an in-depth and precise understanding of the behaviour of an object and determines the quality of its performance. Dynamic analysis in the robotic sense is the study and analysis of torques, motion and forces acting on each joint. This analysis is done by calculating the velocity, acceleration and applied forces of the robot using the kinematic motion of the robot. Generally, the Lagrange-Euler method is used to calculate the joint torques of the

robot. The Lagrange-Euler method is based on the kinetic and potential energy calculations to calculate the robot joint torques and then helps to construct the differential equations for each joint.

The study of the dynamics of a two-jointed quadruped robot focuses on understanding how forces and torques affect the motion and stability of the robot. Unlike static analysis, dynamics involves taking into account the robot's mass, inertia and external forces acting on it during motion. Calculations were made using the Euler Lagrange method. An accurate dynamic analysis allows the design of control algorithms that provide smooth, efficient and stable movements.

The Lagrange function is expressed as the difference of kinetic and potential energy as follows.

$$L = T - P \quad (1)$$

Kinetic energy calculation:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i V_i^T V_i + \frac{1}{2} \omega_i^T I \omega_i \quad (2)$$

Potential energy calculation:

$$P = \sum_{i=1}^n m_i h_i g \quad (3)$$

The Lagrange function:

$$L = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{1}{2} [m_i V_i^T V_i + \omega_i^T I \omega_i] - [m_i h_i g] \right] \quad (4)$$

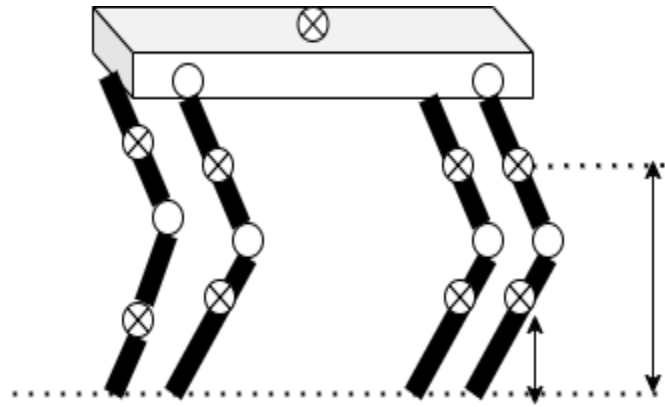
Tensor matrix:

$$I = \begin{bmatrix} I_{XX} & 0 & 0 \\ 0 & I_{YY} & 0 \\ 0 & 0 & I_{ZZ} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Torque calculation:

$$\tau = M(\theta)\ddot{\theta} + C(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + G(\theta) \quad (6)$$

In order to calculate the potential energy of a four-legged robot with two joints, a scheme is drawn and the right front leg joint centres are determined. It should be noted that all legs of this robot have the same weight and length, but the position of the legs relative to the robot body centre is different. Figure 1 gives the schematic representation of the two jointed quadruped robot used for dynamic calculations.



**Figure 1.** Schematic representation of the two jointed quadruped robot.

The velocity equations of a leg are calculated respectively as follows.

$$V_1^2 = [l_2^2 \dot{\phi}_{2,1}^2] \quad (7)$$

$$V_2^2 = \left[ \begin{array}{l} l_2^2 \dot{\phi}_{2,1}^2 + 2 c\phi_{3,1} l_2 l_3 \dot{\phi}_{2,1}^2 + 2 c\phi_{3,1} l_2 l_3 \dot{\phi}_{2,1} \dot{\phi}_{3,1} \\ + l_3^2 \dot{\phi}_{2,1}^2 + 2 l_3^2 \dot{\phi}_{2,1} \dot{\phi}_{3,1} + l_3^2 \dot{\phi}_{3,1}^2 \end{array} \right] \quad (8)$$

$l$  refers to the limb dimensions and  $\phi$  refers to the angle of that joint.

The angular velocity equations of a leg are calculated respectively as follows.

$$\omega_1^2 = [izz_2 \dot{\phi}_{2,1}^2] \quad (9)$$

$$\omega_2^2 = [izz_3 \dot{\phi}_{2,1}^2 + 2 izz_3 \dot{\phi}_{2,1} \dot{\phi}_{3,1} + izz_3 \dot{\phi}_{3,1}^2] \quad (10)$$

The potential energy equations of a leg are given below for each joint respectively.

$$P_1 = -gm_2 \left[ \frac{l_2 c\phi_{2,1}}{2} \right] \quad (11)$$

$$P_2 = -g m_3 \left[ \frac{l_3 c\phi_{23,1}}{2} + l_2 c\phi_{2,1} \right] \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} \left( \frac{dL}{d\phi_1} \right) - \frac{dL}{d\phi_1} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dL}{d\phi_2} \right) - \frac{dL}{d\phi_2} \end{bmatrix} \quad (13)$$



First joint torque components:

$$\tau_1 = [M_{11} \quad M_{12}] \begin{bmatrix} \phi_{2,1}'' \\ \phi_{3,1}'' \end{bmatrix} + [C_{11} \quad C_{12} \quad C_{13}] \begin{bmatrix} (\phi_{2,1} \dot{\phi}_{2,1}) \\ (\phi_{2,1} \dot{\phi}_{3,1}) \\ (\phi_{3,1} \dot{\phi}_{3,1}) \end{bmatrix} + G_1 \quad (14)$$

$$g_1 = \left[ -g m_3 \left[ \frac{l_3 s \phi_{23,1}}{2} + l_2 s \phi_{2,1} \right] - \frac{g l_2 m_2 s \phi_{2,1}}{2} \right] \quad (15)$$

$$M_{11} = [izz_2 + izz_3 + l_2^2 m_2 + l_2^2 m_3 + l_3^2 m_3 + 2 l_2 l_3 m_3 c \phi_{3,1}] \quad (16)$$

$$M_{12} = [m_3 l_3^2 + l_2 m_3 c \phi_{3,1} l_3 + izz_3] \quad (17)$$

$$C_{11} = 0 \quad (18)$$

$$C_{12} = -[2m_3 l_2 l_3 s \phi_{3,1}] \quad (19)$$

$$C_{13} = -[l_2 l_3 m_3 s \phi_{3,1}] \quad (20)$$

Second joint torque components:

$$\tau_2 = [M_{21} \quad M_{22}] \begin{bmatrix} \phi_{2,1}'' \\ \phi_{3,1}'' \end{bmatrix} + [C_{21} \quad C_{22} \quad C_{23}] \begin{bmatrix} (\phi_{2,1} \dot{\phi}_{2,1}) \\ (\phi_{2,1} \dot{\phi}_{3,1}) \\ (\phi_{3,1} \dot{\phi}_{3,1}) \end{bmatrix} + G_2 \quad (21)$$

$$g_2 = -\left[ \frac{g l_3 m_3 s \phi_{23,1}}{2} \right] \quad (22)$$

$$M_{22} = \left[ izz_3 + \frac{3 m_3 l_3^2}{2} + \frac{m_3 l_3^2 c 2 \phi_{23,1}}{2} \right] \quad (23)$$

$$M_{21} = [izz_3 + l_3^2 m_3] \quad (24)$$

$$C_{23} = 0 \quad (25)$$

$$C_{22} = -[2 l_2 l_3 m_3 s \phi_{3,1}] \quad (26)$$

$$C_{21} = -[l_2 l_3 m_3 s \phi_{3,1}] \quad (27)$$

### 3. CONCLUSION

In this study, a dynamic analysis of a two-jointed quadruped robot was conducted to understand the forces and torques affecting the robot's stability and performance during motion. Using the Lagrange-Euler method, this analysis enabled the calculation of velocity, acceleration, and applied forces based on the robot's kinematic motion. The results provide detailed insights into the torque calculations at each joint of the two-jointed quadruped robot and the impact of these torques on the robot's stability. The data obtained serve as a solid foundation for designing control algorithms necessary for the robot to move smoothly, efficiently, and steadily.

Future studies could benefit from performing more detailed dynamic analyses that consider different ground conditions and external factors (e.g., sudden acceleration, inclined surfaces) to improve the robot's adaptability to real-world environments. Moreover, modeling more complex leg structures or multi-joint robotic systems could contribute to the development of new control strategies that further enhance the robot's mobility. Such additional analyses and developments would expand the application potential of robotic systems in demanding fields such as industry and search and rescue operations.

### REFERENCES

- [1] Hutter, M., Gehring, C., Jud, D., Lauber, A., Bellicoso, C. D., Tsounis, V. & Hoepflinger, M., *Anymal-a highly mobile and dynamic quadrupedal robot*, 2016 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS), pp. 38-44, 2016.
- [2] Bellicoso, C. D., Jenelten, F., Fankhauser, P., Gehring, C., Hwangbo, J. & Hutter, M., *Dynamic locomotion and whole-body control for quadrupedal robots*, 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 3359-3365, 2017.
- [3] Cebe, O., Tiseo, C., Xin, G., Lin, H. C., Smith, J. & Mistry, M., *Online dynamic trajectory optimization and control for a quadruped robot*, 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 12773-12779, 2021.
- [4] Bellicoso, C. D., Jenelten, F., Gehring, C. & Hutter, M., *Dynamic locomotion through online nonlinear motion optimization for quadrupedal robots*, IEEE Robotics and Automation Letters, 3, 3, 2261-2268, 2018.
- [5] Ding, Y., Pandala, A. & Park, H. W., *Real-time model predictive control for versatile dynamic motions in quadrupedal robots*, 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 8484-8490, 2019.

- [6] Yan, W., Pan, Y., Che, J., Yu, J. & Han, Z., *Whole-body kinematic and dynamic modeling for quadruped robot under different gaits and mechanism topologies*, PeerJ Computer Science, 7, e821, 2021.
- [7] Gong, D., Wang, P., Zhao, S., Du, L. & Duan, Y., *Bionic quadruped robot dynamic gait control strategy based on twenty degrees of freedom*, IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 5, 1, 382-388, 2017.
- [8] Wang, L., Meng, L., Kang, R., Liu, B., Gu, S., Zhang, Z. & Ming, A., *Design and dynamic locomotion control of quadruped robot with perception-less terrain adaptation*, Cyborg and Bionic Systems, 2022.
- [9] Kim, J., Kang, T., Song, D. & Yi, S. J., *Design and control of a open-source, low cost, 3D printed dynamic quadruped robot*, Applied Sciences, 11, 9, 3762, 2021.
- [10] Adak, O. K., Bahceci, B. & Erbatur, K., *Modeling of a quadruped robot with spine joints and full-dynamics simulation environment construction*, arXiv preprint arXiv:2203.09622, 2022.
- [11] Zhang, C., Sheng, J., Li, T., Zhang, H., Zhou, C., Zhu, Q. & Han, L., *Learning Highly Dynamic Behaviors for Quadrupedal Robots*, arXiv preprint arXiv:2402.13473, 2024.
- [12] Rigo, A., Hu, M., Ma, J., Gupta, S. K. & Nguyen, Q., *Design and Control Co-Optimization for Dynamic Loco-manipulation with a Robotic Arm on a Quadruped Robot*, Journal of Mechanisms and Robotics, 1-13, 2024.

## *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z.Iwats'ın ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ*

*Munzur Üniversitesi, [yelizcakir@munzur.edu.tr](mailto:yelizcakir@munzur.edu.tr) - 0000-0003-1905-5506*

*Doç. Dr. Mevlüt ALATAŞ*

*Munzur Üniversitesi, [mevlutalatas@gmail.com](mailto:mevlutalatas@gmail.com) - 0000-0003-0862-0258*

### ÖZET

Biyçeşitliliğin önemli bir bölümünü oluşturan briyofitler, içerdikleri ikincil metabolitler nedeniyle araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Briyofitlerdeki ikincil metabolitlerin varlığı, bu bitki türlerinin antioksidan kapasitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Türkiye'de briyofitlerin antioksidan içeriği üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z.Iwats bitki türünün antioksidan kapasitesinin araştırılması, doğal bir antioksidan olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada *H. seligeri*'nin antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Çalışmada *H. seligeri* bitkisinin içeriğindeki antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonu metanol çözücüsü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlara DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazol) radikal giderme aktivitesi, ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu) radikal giderme aktivitesi ve indirgeme gücü antioksidan aktivite testleri uygulanmıştır. DPPH ve ABTS yöntemlerine göre antioksidan süpürme aktivitesi değerleri sırasıyla  $0,1118 \pm 0,001$  ve  $0,816 \pm 0,005$  mg trolax /g kuru madde olarak belirlenmiştir. *H. seligeri*'nin indirgeyici güç aktivitesi değeri ise  $1,684 \pm 0,034$  mg trolax /g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak *H. seligeri*'nin doğal bir antioksidan kaynağı olduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Oksidatif stres, Antioksidan, Bryofit, *Herzogiella seligeri*, ROS.

### 1. Giriş

Serbest radikaller dış orbitalinde bir ya da daha fazla eşlenmemiş elektron taşıyan, yüksek enerjili atom veya moleküller olarak tanımlanmaktadır (Bast ve ark., 1991; Halliwell ve Gutteridge, 1985; Nawar, 1996). Serbest radikaller eşlenmemiş elektron bulunduklarından dolayı diğer maddelerle kolaylıkla reaksiyona girebilirler. Elektronlarını çiftler halinde (eşlenik) bulduran atomlar veya moleküller ise kararlı bir yapıya sahip olduklarından, başka moleküller ile reaksiyonlara girme eğilimleri serbest radikaller kadar yüksek değildir. Bu yüzden kararlı yapıda bulunan, eşlenmemiş elektronu bulunmayan ve diğer maddeler ile radikallerden daha zayıf bir şekilde reaksiyona giren moleküller nonradikaller olarak tanımlanır (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Valko ve ark., 2007). Serbest radikaller oksijen (Tablo 1) ve nitrojen kaynaklı olabilir (Tablo 2). Oksijen kaynaklı olanlar reaktif oksijen türleri (ROS) ve nitrojen kaynaklı olanlar reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak isimlendirilir (Halliwell ve Gutteridge, 1999; Valko ve ark., 2007). Bu oksidan türleri patolojik ve fizyolojik durumlar altında canlılar tarafından üretilir ve canlı organizmada kolaylıkla serbest radikal reaksiyonlarına yol açabilirler (Fang ve ark., 2002; Halliwell ve Gutteridge, 1999; Pham-Huy ve ark., 2008; Valko ve ark., 2007)

Oksidatif stres, reaktif oksijen türleri veya diğer serbest radikaller ile antioksidan sistem arasında oluşan dengesizliktir ve bu dengesizlik hücrenin önemli kısımlarında geri dönüşümsüz hasarlara neden olabilir.

Oksidatif stresin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Metabolik yollarla yada dış kaynaklı faktörlerin etkisi ile vücutta oluşan süperoksit anyonu ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroksil radikali ( $OH^{\cdot}$ ) ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) gibi reaktif oksijen türleri ile enzimatik ya da enzimatik olmayan antioksidan bileşikler arasındaki dengesizlik oksidatif strese neden olur.

Metabolik olaylar sonucu oluşan serbest oksijen radikalleri DNA, protein, lipid ve karbohidratlar gibi makromoleküllere saldırarak, sonuçta hücre yaşlanması, kardiyovasküler hastalıklar, mutajenik değişiklikler ve kanserli tümörlerin büyümesi gibi zararlı etkilere yol açabilirler.

Antioksidanlar, serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek veya mevcut radikalleri süpürerek hücrenin zarar görmesini engelleyen ve yapısında genellikle fenolik fonksiyon taşıyan moleküllerdir (Kahkönen ve ark., 1999). Antioksidanlar, yükseltgenen substratlara oranla daha düşük derişimlerde, substratın prooksidanlarla (reaktif oksijen ve azot türleri, serbest radikaller) başlatılan oksidasyonunu ciddi derecede engeller ya da geciktirirler.

Prooksidanlar ise lipidler, proteinler ve nükleik asitlerde oksidatif hasara sebep olan ve bunun sonucunda çeşitli patolojik olaylara ve/veya hastalıklara yol açan toksik maddelerdir. Bu tehlikeli bileşiklerin varlığı, sağlıklı bir yaşam için antioksidanları önemli kılmaktadır (Cao ve Prior, 1999). Çünkü antioksidanlar, prooksidanları etkin bir şekilde indirgeyerek düşük toksisiteli veya toksik olmayan ürünlere dönüştürürler.

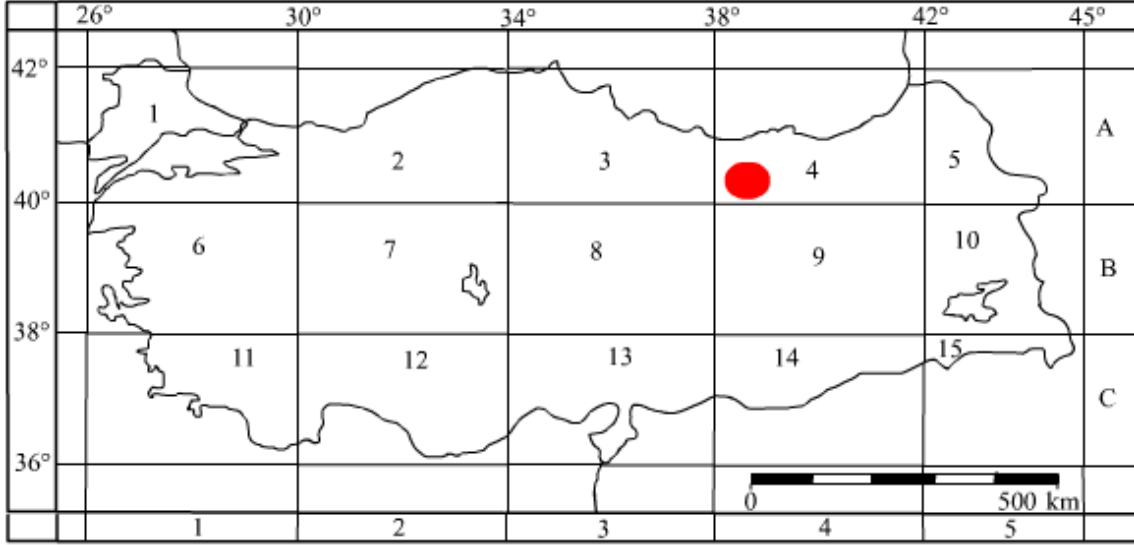
Bryofitler, kuzey ve güney yamaçlarda, hem ılıman hem de tropikal bölgelerin çok nemli iklimlerinde vejetasyonun bir parçasını oluşturur. Orman ekosisteminde toprak üzerinde halı şeklinde parlak ve yeşil renkte, geniş turbalık alanlarda tümsekler ve çukurlar içinde, yeşil, kahverengi ve kırmızı renklerde bulunur. Bununla birlikte doğada taş üzeri, kaya üzeri, tamamen su içerisinde ve su içerisindeki kaya üzerlerinde bulunabildiği gibi, ölü ve canlı ağaçların gövdeleri ve dallarında, yarı saprofit olarak çürümekte olan organik maddeler üzerinde ve nemin çok az olduğu kurak alanlarda da yaşayabilir.

Ülkemizde briyofitler ile ilgili olan çalışmalar genellikle briyofloristik amaçlı olup antioksidan içerikleri ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Yapılan bu çalışma ile *H. seligeri*'nin antioksidan kapasiteleri belirlenerek, bu konuda ileride yapılacak diğer çalışmalara temel oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2. Material ve Metod

### 2.1. Materyal

Bryophyta bölümü, Briyopsida sınıfı, Hypnales ordosunun, Plagiotheciaceae familyasına ait bir bitkidir. Herzogiella cinsinin ülkemizdeki 3 taksonundan biridir (Kürschner ve Frey, 2020). *H. seligeri*; özellikle çürümüş ağaç kütükleri, toprak ve ağaç gövdeleri üzerinde yayılış gösteren, nemli, gölge ve asidik ortamları seven bir taksondur (Smith, 2004; Dierßen, 2001). Dağılımı: Türkiye (A2, A3, A4), Avrupa, Kafkaslar, Mançurya, KeÇmir, Japonya, Kuzey Amerika, Kuzey Afrika, Tanzanya.



● Çalışma Alanı

Henderson (1961) Türkiye kareleme sistemine göre araştırma bölgesinin konumu.  
Lokalitelere ait veriler.

Lokalite No	Yükseklik (m)	Tarih	GPS Kaydı	Lokalite
1	846	27.05.2022	(37T) 0735981D, 4569823K	Bakırköy
7	1750	29.05.2022	(37T) 0745812D, 4579477K	Balcı Köyü Girişi
9	1550	29.05.2022	(37T) 0744667D, 4579143K	Çermik Balcı Yaylası Arası

Araştırma materyalleri Karçal Dağları (Artvin)'ndan toplanmıştır.  
Analiz amacıyla kullanılan tüm kimyasallar Sigma'dan (St.Louis, MO) temin edilmiştir.



Şekil 1: *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z.Iwats (Lüth, 2019'dan değiştirilerek)

## 2.2. Metot

### 2.2.1 Örnek ekstraktının hazırlanması:

Örnekten 1gr tartılıp, 10 ml metanol eklenip homojenizatör ile parçalandıktan sonra santrifüj edildi (5000rpm +4 °C). Santrifüj sonrası üst faz alınıp işlemler için kullanıldı.

### 2.2.2 DPPH Radikali Giderme Aktivitesinin Tayini:

*H. seligeri*'nin serbest Radikal süpürme etkisi Shimada ve ark. nin modifiye ettiği yöntemle değerlendirildi (Shimada ve ark., 1992) Bunun için, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanıldı. Metod ekstraktın bir proton veya elektron verebilme yeteneğinin, mor renkli DPPH çözeltisinin rengini açması esasına dayanır. Reaksiyon karışımının absorbansının düşmesi yüksek serbest radikal giderme aktivitesinin göstergesidir. Reaksiyon karışımı, 2.9 ml DPPH ( $1 \times 10^{-4}$  M DPPH) ve çeşitli konsantrasyonlarda karşılık gelen numunenin 0.1 ml'sini içeren toplam 3 ml'lik bir hacme sahipti. Oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletildi ve 520 nm'de spektrofotometrik olarak ölçüldü. % DPPH radikali giderme aktivitesi aşağıda verilen formül ile hesaplandı:

$$\% \text{ DPPH Radikali Giderme Aktivitesi} = [1 - (A_{\text{Ö:30}}/A_{\text{K:30}})] \times 100$$

A<sub>Ö30</sub> : Kontrolün 30. dakikadaki absorbansı

A<sub>K30</sub> : Kontrolün 30. dakikadaki absorbansıdır.

### 2.2.3 ABTS Radikali Giderme Aktivitesi Tayini

ABTS•+ (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) radikali giderme aktivitesi Re ve arkadaşlarının (1999) tanımladığı metoda göre uygulandı. ABTS•+ radikali çalışma solüsyonu (7 Mm), 30 mg ABTS•+ radikali kationunun, 2.46 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> sulu çözeltisinin içerisinde çözünmesiyle hazırlandı (12-16 saat inkübasyon). ABTS ölçüm solüsyonu absorbans değeri 734 nm'de  $0.700 \pm 0.005$  oluncaya kadar su ile seyreltildi. *H. seligeri*'nin hazırlanan ekstraktlarına gerekli seyreltme işlemleri uygulandı. Antioksidan aktivitesi belirlenecek olan örnek solüsyonunun belirli miktarı ABTS çözeltisi ile son hacmi 2,5 mL tamamlanarak oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrası UV-VIS spektrofotometre cihazında 734 nm dalga boyundaki absorbans değeri belirlendi. Elde edilen absorbans değerlerinden % süpürme kapasitesi hesaplandı.

$$\% \text{ süpürme kapasite} = 1 - [A_{\text{Ö}} \div A_{\text{K}}] \times 100$$

A<sub>Ö</sub>: Örneğin 30.dakikadaki absorbansı

A<sub>K</sub>: Kontrolün 30. dakikadaki absorbansı

Sonuçlar mg Trolox® eşdeğeri antioksidan kapasitesi/ gr örnek olarak ifade edildi.

### 2.2.4 İndirgeme Gücü Tayini

İndirgeme gücü ölçümü, Oyaizu'in (Oyaizu 1988) uyguladığı yöntemde gerekli modifikasyonların yapılmasıyla belirlenmiştir. *H. seligeri*'nin elde edilen ekstraktlarının gerekli seyretmelerinin ardından 50 µL'si, 375 µL ml 0.2 M fosfat tamponu (pH 6.6) ve 375 µL 1 % potasyum ferrisiyanür çözeltisiyle hızlı bir şekilde karıştırıldı. Karışım su banyosunda 50°C 'de 20 dakika inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrası 375 µL 10 % trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi eklenerek reaksiyon sonlandırıldı ve 6,000 rpm 10 dakika santifürüj edildi. Santifürüj

sonrası ayrılan 200 µL supernatant üzerine 25 µL 0.1 % FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O çözeltisi ilave edildi. Renk oluşumunun gözlemlendiği karışımın inkübasyonun (5 dk) ardından BioTek Eon C Mikroplate spektrofotometre cihazında 700 nm dalga boyundaki absorbans değeri belirlendi.

Sonuçlar mg Trolox® eşdeğeri antioksidan kapasitesi/ gr örnek olarak ifade edildi.

Analizler üç farklı örnek üzerinden paralel yürütülmüş ve verilerin aritmetik ortalaması ile standart sapması hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular

DPPH radikal giderme aktivitesi yöntemi doğal ekstraktların antioksidan kapasitesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin esası, antioksidan etkisiyle DPPH serbest radikale proton transferi reaksiyonu sonucunda absorbansın 520 nm’de azalmasına dayanmaktadır. Bir maddenin ortamdaki serbest radikalleri giderme özelliği arttıkça o maddenin antioksidan aktivitesi de artmaktadır (Tekeli ve ark., 2008, Okan ve ark., 2013)

ABTS radikali giderme aktivitesi, ABTS radikal katyonunun absorbansının antioksidan tarafından engellenmesi esasına dayanır. Maksimum absorbansı 734 nm’de gösteren bu yeşil radikalin absorbans değeri, antioksidanlarla girdiği reaksiyon periyodu süresince azalmaktadır. Deneyle potasyum persülfat ile ABTS’nin oksidasyonu sonucunda üretilen ABTS radikali hem lipofilik bileşenlerde hem de hidrofilik bileşenlerde kullanılabilir (Orakçı 2010, Okan ve ark., 2013).

Bileşenlerin indirgeme kapasitesi onun antioksidan yönünden aktivitesini belirleyebilir (Meir ve ark., 1995). Madde konsantrasyonu arttıkça indirgeme gücü de absorbanslara bağlı olarak artmaktadır.

İndirgeme gücü antioksidant etkinin bir göstergesidir. Ortamdaki iyonları indirgeyebildiği ölçüde, bileşenlerin antioksidan aktiviteleri belirlendi. Bunun için, ortamdaki mavi-yeşil renkli kompleksteki renk açılımının spektrofotometrik olarak 700 nm de absorbans değişimlerinden faydalanıldı (Kazazic ve ark., 2016)..

Sonuçlarımız DPPH radikali giderme, ABTS radikali giderme ve indirgeme gücü aktivitelerinin yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

TABLO 1. *H. seligeri*’nin DPPH, ABTS ve İNDİRĞEME GÜCÜ DEĞERLERİ

	DPPH (mg trolaks/g kuru madde)	ABTS (mg trolaks/ g k.madde)	İNDİRĞEME GÜCÜ (mg trolaks/g k. madde)
<i>H. seligeri</i>	0,1118 ± 0,001	0,816 ± 0,005	1,684 ± 0,034

Sonuç olarak, *H. seligeri*’nin doğal bir antioksidan kaynak olduğu tespit edilmiştir.

### 4. Kaynaklar

Bast A, Haenen G, Goelmen JA. 1991. Oxidants and antioxidants: State of the art. Am J Med. 91(3 Suppl 3): 2-13.

Cao G and Prior RL 1999. In vivo antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Radical Biology and Medicine, 27: 1173-1181.



- Dierßen K 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca*, 56: 1-289.
- Fang YZ, Yang S, Wu G. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*. 18(10): 872-879.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1985. The Importance of Free Radicals and Catalytic Metal Ions In Human Diseases. *Mol. Aspects Med.* 8(2): 89-193.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1999. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3rd ed. New York: Oxford University Press. 10-121.
- Kahkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS and Heinonen M 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 3954-3962.
- Kazazic M, Djapo M and Ademovic E 2016. Antioxidant activity of water extracts of some medicinal plants from Herzegovina region. *Int. J. Pure App. Biosci.* 4(2): 85-90.
- Kürschner H and Frey W. 2020. *Liverworts, Mosses and Hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta) Second Enlarged and Revised Edition*, J. Cramer in Borntraeger Science Publishers, Stuttgart.
- Lüth M. 2019. *Mosses of Europe - A Photographic Flora*. Freiburg, Germany.
- Meir S, Kanner J, Akiri B and Hadas SP 1995. Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **43**: 1813- 181.
- Nawar WW. 1996. Lipids. In "Food Chemistry". 3rd ed. O.R. Fennema (Ed). New York: Marcel Dekker, 225-319.
- Okan TO, Varlıbaş H, Öz M and Deniz İ 2013. Antioxidant Analysis Methods and Some Non-Wood Forest Plant Products as Sources of Antioxidants in Eastern Black Sea Region. *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty*. **13**: 48-59.
- Orakçı EE 2010. Antioxidant Activity of Gilaburu. Erciyes University, Faculty of Pharmacy, Graduation Thesis. pp.36, Erzurum.
- Oyaizu M 1988. Antioxidative activities of browning products of glucosamine fractionated by organic solvent and thin layer chromatography [J]. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkasishi*, 35(23): 771-775.
- Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *Int J Biomed Sci.* 4(2): 89-96.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M and Rice-Evans, C 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26: 1231–1237.
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K and Nakamura T 1992. Antioxidative properties of xanthone on the auto oxidation of soybean in cyclodextrin emulsion. *J. Agr. Food Chem.* **40**: 945–948.

Smith AJE. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press. London.

Tekeli Y, Sezgin M, Şanda MA 2008. Konya’da yetişen *Centaurea pterocaulo* Truatv.’in fenolik yapısı ve antioksidan etkisi. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, **3**: 35-41.

Valko M, Leibfritz D, Moncola J, ve ark. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol.* 39, 44-84.

## *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile*' nin GLUTATYON İÇERİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

*Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ*

*Munzur Üniversitesi, [yelizcakir@munzur.edu.tr](mailto:yelizcakir@munzur.edu.tr) - 0000-0003-1905-5506*

*Doç. Dr. Mevlüt ALATAŞ*

*Munzur Üniversitesi, [mevlutalatas@gmail.com](mailto:mevlutalatas@gmail.com) - 0000-0003-0862-0258*

### ÖZET

Oksidatif stres, hücrel metabolizma sırasında oluşan reaktif oksijen türlerinin artışı (ROS) ile onları detoksifiye eden, antioksidanların yetersizliği sonucu oksidatif dengenin bozulmasıdır. Vücudumuzun serbest radikaller tarafından oluşturulabilecek oksidatif stresi ortadan kaldırmak için en önemli silahı antioksidanlardır. Antioksidanlar, serbest radikalleri temizleyebilir ve hücre hasarını engelleyebilirler. Glutasyon (GSH) hücre içerisinde bir tripeptid olarak sentezlenmektedir. GSH' ın yapısında glutamik asid, sistein ve glisin aminoasidleri bulunur. GSH nerdeyse bütün ökaryotik hücrelerde sentezlendiğinden dolayı, hücrelerde yüksek oranda bulunur. Bir antioksidan olarak hareket eden GSH' ın önemli görevleri vardır. Hücrenin redoks durumunu korumada, detoksifikasyon sisteminin çalışmasında, eikosonoidlerin sentezlenmesinde, hücre sinyal mekanizmasının düzenlenmesinde, gen ekspresyonunda ve apoptozisde de antioksidan olarak görev alır. GSH, NADPH'ı kullanarak hücrelere indirgeyici güç sağlamaktadır. Bu sayede, hücrenin okside-redüksiyon dengesinde önemli bir rol oynamaktadır. Briyofitler, dünyanın bütün iklimlerinde geniş bir yayılım gösterirler. Genellikle nemli ve gölgeli yerleri tercih ederler. Karayosunları küçük, basit yapıdadırlar. Briyofitler, antioksidan kapasiteleri nedeniyle araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Bitkilerde oksidatif strese karşı koruyucu rolü olan en önemli metabolitlerden biri GSH'dur. Çalışmamızda *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile*' nin indirgenmiş glutasyon (GSH) ve yükseltgenmiş glutasyon (GSSG) miktarları, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile belirlenmiştir.....

**Anahtar Kelimeler:** *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Thuidium assimile*, GSH, GSSG, Oksidatif stres, Briyofit.

### GİRİŞ

Dış orbitallerinde bir veya daha fazla eşlenmemiş elektron içeren yüksek enerjili, stabil olmayan bileşikler serbest radikaller olarak adlandırılır.. Bu eşlenmemiş elektronlar, serbest radikallere önemli reaktivlik özellik sağlayarak protein, lipid, DNA ve nükleotid koenzimler gibi birçok biyolojik materyale zarar vermelerine neden olmaktadır. Bu zararın yaşlanmaya etki ettiği ve ayrıca kalp-damar hastalıkları, çeşitli kanser türleri, katarakt, bağışıklık sisteminde

zayıflama, sinir sistemi dejeneratif hastalıkları gibi birçok hastalığa sebep olduğuna dair bilgiler bulunmaktadır (Diplock 1998 , Shinde ve ark., 2012).

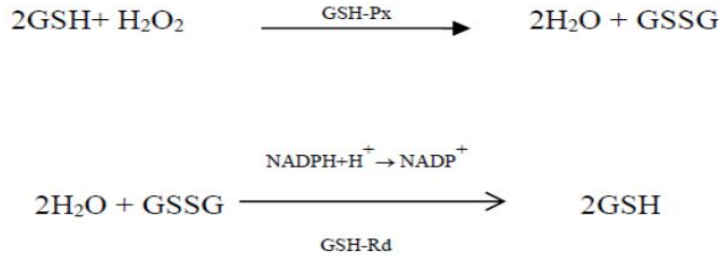
Serbest radikallerin düşük konsantrasyonlarda yararlı etkileri olduğu bildirilmiştir. Düşük konsantrasyonlardaki serbest radikaller enfeksiyonlara karşı savunma, kanser hücrelerinin öldürülmesi ve ksenobiyotiklerin detoksifikasyonu gibi savunma fonksiyonlarıyla birlikte intrasellüler depolardan kalsiyum salınımı, tirozin amino asidini fosfatlama aktivasyonu ve büyüme faktörü sinyallerinin aktivasyonu gibi hücrel sinyallerin aktivasyonunda rol oynamaktadır. (Bagchi ve Puri 1998; Cadenas 1989; Nagendrappa 2005; Pham-Huy ve ark., 2008; Sarma ve ark., 2010).

İnsan vücudunun serbest radikaller tarafından oluşturulabilecek oksidatif stresi ortadan kaldırmak için en önemli silahı antioksidanlardır. ROS oluşumunu engellemek, bu maddelerin meydana getirdiği hasarları önlemek ve detoksifikasyonu sağlamak üzere vücutta görev yapan savunma sistemlerine “antioksidan savunma sistemleri” ya da “antioksidanlar” adı verilir (Şener ve Yeğen 2009; Sen ve Ark., 2010). Antioksidanların rolleri arasında serbest radikallerin fazlasını etkisizleştirmek, serbest radikallerin toksik etkilerine karşı hücreleri korumak ve hastalıkları önlemede katkı sağlamak sayılabilir (Pham-Huy ve ark., 2008).

Briyofit terimi, birbiriyle yakın ilişkili üç grup; ciğerotları, karayosunları ve boynuzlu ciğerotları için kullanılır. (Gradstein ve ark., 2001; Crum 2001; Glime 2007). En ilkel bitki gruplarının yaşayan temsilcileri olan briyofitlerin, çöllerden tundralara oldukça geniş bir yaşam aralığı ve substrat tercihleri vardır. Ağaç, kaya, toprak gibi bilindik substratların haricinde; kemik, metal, yün gibi çiçekli bitkilerin büyüemeyecekleri substratlar üzerinde de bulunabilirler.

Briyofitlerin ilk toplumlardan itibaren insan yaşamına katıldıkları bulunmuştur. İlk avcı toplumlarda bazı karayosunlarının kesici aletlerin etrafına sarıldıkları bilinmektedir (Dickson 1973). Briyofitlerin geleneksel Çin tıbbında kullanımları MÖ 4000'lere tarihlenmektedir (Wu 1982). Yerli halklar tarafından böcek ısırılmalarından doğan tahrişleri azaltmak için de kullanıldıkları bilinmektedir (Saxane ve Harinder 2004). Briyofitler, antioksidan kapasiteleri nedeniyle araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Bitkilerde oksidatif strese karşı koruyucu rolü olan en önemli metabolitlerden biri GSH'tır. GSH ( $\gamma$ -glutamilsistein glisin), organizmada tiyol grubu içeren, düşük molekül ağırlıklı önemli bir tripeptiddir (Nelson ve Cox, 2000). DNA ve protein sentezleri, enzim aktivitelerinin düzenlenmesi, hücre içi ve dışı transportlar gibi hücrel fonksiyonları dışında başlıca antioksidan olarak hücre savunmasında da önemli rolü vardır (Meister, 1983; Meister ve Anderson, 1983; Deneke ve Fanburg, 1989). Hücre içi ortamın en önemli antioksidan molekülü olan GSH' ın, antioksidan savunma sisteminde görev almaktan başka ksenobiyotiklerin zehirleştirilmesi, aminoasitlerin transportu, proteinlerdeki sülfidril gruplarının redükte halde tutulması, bazı enzimatik reaksiyonlarda koenzim görevi görmesi gibi birçok fizyolojik fonksiyonu vardır (Arrick ve Nathan, 1984; Esterbauer ve ark., 1992). Ek olarak GSH; hücrenin redoks durumunu korumada, detoksifikasyon sisteminin çalışmasında, eikosonoidlerin sentezlenmesinde, hücre sinyal mekanizmasının düzenlenmesinde, gen ekspresyonunda ve apoptozisde de antioksidan olarak faaliyet gösterir (Townsend ve ark., 2003).

Glutatyonun; GSH ve GSSG olmak üzere birbirine dönüşümlü iki formu vardır. GPx enzimi tarafından katalizlenen reaksiyonla GSH hidrojen peroksit veya lipit peroksitlerle reaksiyona girerek bu moleküllerin detoksifikasyonunda yer alırken kendisi başka bir glutatyon molekülüyle disülfid köprüsü oluşturarak GSSG formuna dönüşür. Hücre içinde serbest radikallerin detoksifikasyonunun sürdürülmesi için okside glutatyonun redükte formuna geri dönüşmesi gerekir. NADPH'ın kullanıldığı bir reaksiyonla glutatyon redüktaz enzimi ile GSH formuna çevrilir (Akkuş 1995; Okan ve ark., 2013).



Yapılan bu çalışma ile *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile*' nin GSH ve GSSG miktarları belirlenerek, karşılaştırılmasının yapılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Materyal

*Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra. 1. İstasyon Toprak Üzeri, 1. İstasyon Kaya Üzeri: Bryophyta bölümü, Briyopsida sınıfı, Hypnales ordosunun, Amblystegiaceae familyasına ait bir bitkidir. *Campyliadelphus* cinsinin ülkemizdeki 2 taksonundan biridir (Kürschner ve Frey, 2020). *Campyliadelphus chrysophyllus*; kireç bakımından zengin toprak ve kayalık alanlarda yayılış gösteren, yarı nötral ve yarı kurak açık ortamları seven bir taksondur (Smith, 2004; Dierßen, 2001).



Şekil 1: *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra (Lüth, 2019'dan değiştirilerek)

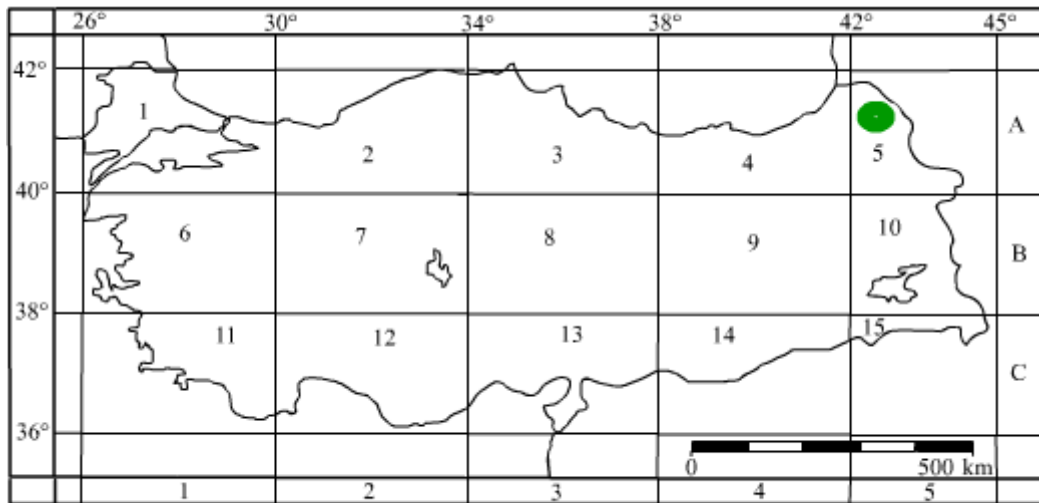
**Dağılımı:** Türkiye (A2, A4, B6, C11), Avrupa, İzlanda, Kafkaslar, O. Asya, Himalayalar, Çin Kore, Japonya, Afrika, Meksika, Sibirya, Kolombiya, Guatemala, Meksika.

***Thuidium assimile*** (Mitt.) A.Jaeger. 1. İstasyon Toprak Üzeri: Bryophyta bölümü, Briyopsida sınıfı, Hypnales ordosunun, Thuidiaceae familyasına ait bir bitkidir. *Thuidium* cinsinin ülkemizdeki 4 taksonundan biridir (Kürschner ve Frey, 2020). *T. assimile*; 0-800 metreler arasında, kireçli ve kalkerli otlaklar, kalkerli kumullar, orman ve dağ habitatlarında nemli bazik kayaların üzerinde yayılış gösteren ve gölge ortamları seven bir taksondur (Smith, 2004; Dierßen, 2001).

**Dağılımı:** Türkiye (A2, A3, A4), Avrupa, İzlanda, Asya, Cezayir, Amerika.



Şekil 2: *Thuidium assimile* (Mitt.) A.Jaeger (Lüth, 2019'dan değiştirilerek)



● Çalışma Alanı

Araştırma materyalleri Karçal Dağları (Artvin)’ndan toplanmıştır.

Lokalite No	Yükseklik (m)	Tarih	GPS Kaydı	Lokalite
1	846	27.05.2022	(37T) 0735981D, 4569823K	Bakırköy

## Metod

Örnekleri toprak ve diğer kirleticileri uzaklaştırmak için distile su ile dikkatlice yıkandı. Son olarak, örnekler oda sıcaklığında gölgede kurutuldu.

Materyaldeki GSH ve GSSG miktarlarının tayini için; karayosunu bitki örneğinden 0,5 gram tartılarak polietilen tüplere alındı. Tüp üzerine 1 mL 0,5 M HClO<sub>4</sub> (Perklorik asit) ilave edilerek karıştırıldı. Daha sonra 4 mL saf su ilave edilerek tekrar karıştırıldı ve 4500 rpm de 10 dakika santrifüj edildi. Örneklerdeki GSH ve GSSG miktarlarını belirlemek için santrifüjlenen süzütünün üst kısmından 20 µL alınarak HPLC’ye enjekte edildi. HPLC’de NUCLEODUR 100-5 C-8 kolonu ve hareketli faz olarak da çözücüsü % 0,1 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (Fosforik asit) olan 50 mM’lık NaClO<sub>4</sub> (Sodyum perklorat) çözeltisi kullanıldı. Hareketli fazın akış hızı: 0,6 mL/dk ayarlanarak 215 nm’de GSH ve GSSG tayin edildi (Dawes ve Dawes 2000)

Numune analizi CE 1100 Series Merck Hitachi UV Detector L-4000 tipi HPLC cihazıyla yapılmıştır. Analizlerde bidistile su kullanılmıştır. Numune miktarlarının hesaplamalarında GSH ve GSSG standart grafiklerinden faydalanılmıştır. Analizler üç farklı örnek üzerinden paralel yürütülmüş ve verilerin aritmetik ortalaması ile standart sapması hesaplanmıştır.

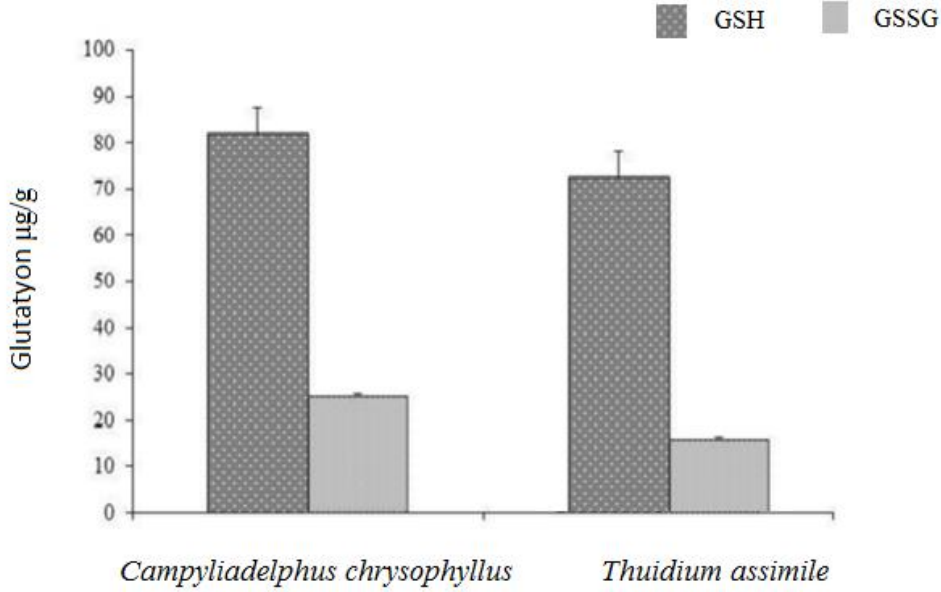
## Bulgular

*Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile*’ nin GSH ve GSSG sonuçlar Tablo 1 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.

**Tablo 1:** *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile*’ nin GSH ve GSSG sonuçlar

Materyalin adı	GSH (µg/g)	GSSG (µg/g)
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i>	78.90 ± 4.36	21.08 ± 2.16
<i>Thuidium assimile</i>	67.04 ± 1.24	16.13 ± 1.22

**Şekil 3:** *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile* 'nin GSH ve GSSG sonuçlar



### Tartışma ve Sonuç

Bu miktarlara göre, *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile* 'nin glutatyon miktarlarının yakın olduğu görülmüştür. Genel olarak bitkiler yaşamları boyunca tuzluluk, kuraklık, kirlilik, sıcak, soğuk gibi benzer birçok faktörle karşılaşır ve normal büyümeleri, gelişimleri olumsuz yönde etkilenir. Bitkilerde bu koşullarda meydana gelen değişiklikler stres olarak tanımlanır. Kaya üzerinde toplanan yapraklı karayosununun yüksek glutatyon miktarlarının, yapraklı karayosununun yaşadığı ortamdaki stresi ile ilgili yani briyofitlerin yaşaması için gerekli olan nem koşullarından uzak olması ile açıklanabilir.

Tüm canlılar yaşadıkları ortam koşullarından dolayı stres ile karşı karşıya kalırlar. Stresten kaynaklı oluşan serbest radikallerin zararlı etkileri, antioksidanlar sayesinde azaltılmakta veya tamamen ortadan kaldırılmaktadır. Yapılan araştırmalarda; *Atrichum*, *Dicranum*, *Mnium*, *Polytrichum* ve *Sphagnum* gibi bazı briyofit türlerinin antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir. Bazı briyofit türlerinin ise antibakteriyel, antifungal, antiviral aktiviteleri de bilinmektedir (Glime ve Saxena 1990; Basile ve ark., 1999). Bitkilerde oksidatif strese karşı koruyucu rolü olan en önemli metabolitlerden biri GSH'tır. GSH bütün memeli hücrelerde bulunan intrasellüler bir antioksidandır (Kidd 1997). *Homalothecium sericeum* ve *Sanionia uncinata* türlerinin glutatyon miktarları bakımından zengin özellikte bitkiler oldukları bildirilmiştir.

Sonuç olarak; *Campyliadelphus chrysophyllus* ve *Thuidium assimile* 'nin glutatyon miktarları bakımından zengin ve antioksidan özellikte bitkiler oldukları söylenebilir.



## Kaynaklar

- Akkuş İ. 1995. Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri, Mimoza Yayınları, Konya.
- Arrick B. Nathan C. 1984. Glutathione metabolism as determinant of the therapeutic efficacy: A review. *Cancer Res.* 33, 4224-32.
- Bagchi K, Puri S. 1998. Free radicals and antioxidants in health and disease. *East Mediterr Health J.* 4(2), 350-360.
- Basile A, Giardano S, López-Sáez JA, Cobianchini CR. 1999. Antibacterial Activity of Pure Flavonoids Isolated From Mosses. *Phytochemistry.* 52, 1479-1482.
- Cadenas E. 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. *Annu. Rev. Biochem.* 58, 79-110.
- Crum HA. 2001. Structural Diversity of Bryophytes. The University of Michigan Herbarium, Ann Arbor, MI, 379 pp.
- Dawes P, Dawes E. 2000. SGE Chromatography Products Catalog. Sayfa 182.
- Deneke S.M. Fanburg B.L. 1989. Regulation of cellular glutathione. *Am J Physiol.* 257, L163-L173.
- Dickson JH. 1973. Bryophytes of the Pleistocene. The British Record and Its Chorological and Ecological Implications. Cambridge University Press. pp. 192-195
- Dierßen K. 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of Esterbauer H. Gebicki J. Puhl H. Jgens G. 1992. The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL. *Free Radic Biol Med.* 13, 341- 90.
- Diplock A. 1998. Healty lifestyles nutrition and physical activity: Antioxidant nutrients. ILSI Europe concise monograph series, 59 p., Belgium.
- European bryophytes Bryophytorum Bibliotheca. 56, 1-289.
- Glime JM. 2007. Michigan Technological University (MTU), Botanical Society of America (BSA) and International Association of Bryologists (IAB). Bryophyte Ecology. E-Publishing: Michigan.
- Glime JM. Saxena .K. 1990. Uses of Bryophytes. Today and Tomorrow Printers and Publishers. New Delhi.
- Gradstein SR, Griffin D, Morales MI, Nadkarni NM. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde. *Caldasia,* 23, 203-212.
- Kidd PM. 1997. Glutathione: Systemic Protectant Against Oxidative and Free Radical Damage. *Alternative Medicine Reviews.* 2, 155-176.

- Kürschner H, Frey W. 2020. Liverworts, Mosses and Hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta) Second Enlarged and Revised Edition, J. Cramer in Borntraeger Science Publishers, Stutgard.
- Lüth M. 2019. Mosses of Europe - A Photographic Flora. Freiburg, Germany.
- Meister A. 1983. Selective modification of glutathione metabolism. *Science*. 220, 472- 477.
- Meister A. Anderson M.E. 1983. Glutathione. *Ann Rev Biochem*. 52, 711-760.
- Nagendrappa CG. 2005. An appreciation of free radical chemistry - 3. free radicals in diseases and health. *Resonance*. 10, 65-74.
- Nelson D.L. Cox M.M. 2000. *Lehningers Principles of Biochemistry* (3rd ed). Worth Publishers, New York.
- Okan TO, Varlıbaş H, Öz M, Deniz İ. 2013. Antioksidan analiz yöntemleri ve doğu karadeniz bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılabilir odun dışı bazı bitkisel ürünler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 48-59.
- Sarma AD, Mallick AR, Ghosh AK. 2010. Free radicals and their role in different clinical conditions: an overview. *Int J Pharm Sci Res*. 1(3), 185-192.
- Saxena DK, Harinder. 2004 .Uses of bryophytes. *Resonance.*, 9(6), 56-65.
- Sen S, Chakraborty R, Sridhar C, Reddy YSR, De B. 2010. Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines: Current status and future prospect. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 3(1), 91-100.
- Shinde A, Ganu J, Naik P. 2012. Effect of free radicals & Antioxidants on oxidative stress: A Review. *J Dent Allied Sci*. 1(2), 63- 66.
- Smith AJE. 1996. *The Liverworts of Britain and Ireland*, Cambridge University Press. London.
- Şener G, Yeğen Berrak Ç. 2009. İskemi Reperfüzyon Hasarı. *Klinik Gelişim Dergisi*. 22, 5-13.
- Townsend DM, Tew KD, Tapiero H. 2003. The importance of glutathione in human disease. *Biomed Pharmacother*. 57(3-4), 145- 155.
- Pham-Huy LA, He H, Pham-Huyc C. 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *Int J Biomed Sci*. 4(2), 89-96.
- Wu, P. C. 1982. Some uses of mosses in China. *Bryol. Times*. 13, 5.

## DİZ CERRAHİSİ GEÇİREN HASTALARDA AĞRI, DÜŞME RİSKİ VE KİNEZYOFOBİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ

**Uzm. Hem. ÖZGE ÖZCAN**

Maltepe Üniversitesi,  
ozgeo.zcann1998@gmail.com - 0009-0004-3549-9291

**Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ERDOĞAN**

Maltepe Üniversitesi,  
[haticerdogan@maltepe.edu.tr](mailto:haticerdogan@maltepe.edu.tr)

### ÖZET

Bu araştırma diz cerrahisi geçiren hastalarda ağrı, itaki düşme riski ve kinezyofobi arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla Kasım 2022- Mart 2023 tarihleri arasında Altunizade Acıbadem Hastanesi'nde diz cerrahisi geçiren 97 hasta ile gerçekleştirildi. Veriler, 'Hasta Tanılama Formu', 'Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)', 'Vizuel Analog Skala (VAS)' ve 'İtaki Düşme Riski Ölçeği' ile hastalar ile yüz yüze görüşülerek toplandı. Araştırma verilerinin analizinde SPSS (Statistical Package Program for Social Science) 21.0 programı kullanıldı. Kategorik seçeneklerden oluşan demografik değişkenler ve hastalıkla ilgili özellikler frekans ve yüzde tablolarında; ağrı, düşme riski ve kinezyofobi ölçek puanları aritmetik ortalama, standart sapma, medyan ve normal dağılım değerlerinden oluşan betimsel istatistik tablosunda gösterildi. Ağrı, itaki düşme riski ve kinezyofobi puanları normal dağılım göstermediğinden iki gruptan demografik ve hastalıkla ilgili özellikler değişkenlerine göre karşılaştırmalarda Mann Whitney U testinden; ikiden fazla gruplu demografik değişkenlere göre karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis H testinden yararlandı. Ağrı, düşme riski ve kinezyofobi arasındaki ilişkide Spearman's rho testinden yararlanılmıştır. Analizlerde güven aralığı %95 (anlamlılık düzeyi 0,05  $p < 0,05$ ) olarak belirlendi. Ağrı ölçeği puan ortalaması  $4,74 \pm 2,80$  ve hastaların ağrı düzeyleri düşük/orta; itaki düşme riski ölçeği puan ortalaması  $13,90 \pm 1,29$  ve düşme riski orta/yüksek; Tampa Kinezyofobi ölçeği puan ortalaması  $37,64 \pm 6,07$  ve kinezyofobileri düşük/orta düzeyde olduğu belirlendi. Ağrı ile düşme riski arasında negatif yönlü ve anlamlı ilişki olduğu ( $r = -0,23$ ;  $p < 0,05$ ); ağrı ile kinezyofobi ve düşme riski ile kinezyofobi arasında anlamlı ilişki olmadığı ( $p > 0,05$ ) tespit edildi. Ağrının kinezyofobi üzerinde anlamlı etkiye sahip olmadığı ( $p > 0,05$ ); düşme riskinin kinezyofobi üzerinde pozitif yönde ve anlamlı etkiye sahip olduğu ( $\beta = 0,23$ ;  $t = 2,28$ ;  $p < 0,05$ ) tespit edildi. Hastaların ağrısı düşük/orta, düşme riski orta/yüksek ve kinezyofobi düşük/orta düzeydedir. Ağrı düzeyi yüksek olan hastaların düşme riski düşüktür. Düşme riskinin kinezyofobi üzerinde pozitif yönde ve anlamlı etkiye sahiptir. Hemşirelere bu konuda hizmet içi eğitim verilerek farkındalık oluşturulması önerilir.

**Anahtar Kelimeler :** Ağrı, Diz Cerrahisi, Düşme Riski, Kinezyofobi

## DECIPHERING THE RELATIONSHIP BETWEEN PAIN, FALL RISK AND KINESIOPHOBIA IN PATIENTS UNDERGOING KNEE SURGERY

**Uzm. Hem. ÖZGE ÖZCAN**

Maltepe Üniversitesi,  
ozgeo.zcann1998@gmail.com - 0009-0004-3549-9291

**Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ERDOĞAN**

Maltepe Üniversitesi,  
[haticeerdogan@maltepe.edu.tr](mailto:haticeerdogan@maltepe.edu.tr)

### ABSTRACT

This study was carried out with 97 patients who underwent knee surgery at Altunizade Acıbadem Hospital between November 2022 and March 2023 in order to determine the relationship between pain, risk of falls and kinesiophobia in patients undergoing knee surgery. Data were collected by face-to-face interviews with patients using the 'Patient Identification Form', 'Tampa Kinesiophobia Scale (TKÖ)', 'Visual Analogue Scale (VAS)' and 'Risk of Falling Scale'. SPSS (Statistical Package Program for Social Science) 21.0 software was used to analyse the data. Demographic variables and disease-related characteristics consisting of categorical options were shown in frequency and percentage tables; pain, fall risk and kinesiophobia scale scores were shown in descriptive statistics tables consisting of arithmetic mean, standard deviation, median and normal distribution values. Since pain, fall risk and kinesiophobia scores did not show normal distribution, Mann Whitney U test was used for comparisons according to demographic and disease-related characteristics variables from two groups; Kruskal-Wallis H test was used for comparisons according to demographic variables with more than two groups. Spearman's rho test was used in the relationship between pain, fall risk and kinesiophobia. The confidence interval in the analyses was 95% (significance level  $0.05 < p < 0.05$ ). The mean score of the pain scale was  $4.74 \pm 2.80$  and the pain levels of the patients were low/moderate; the mean score of the itaki fall risk scale was  $13.90 \pm 1.29$  and the fall risk was moderate/high; the mean score of the Tampa Kinesiophobia scale was  $37.64 \pm 6.07$  and the kinesiophobia was low/moderate. It was determined that there was a negative and significant relationship between pain and fall risk ( $r = -0.23$ ;  $p < 0.05$ ); there was no significant relationship between pain and kinesiophobia and between fall risk and kinesiophobia ( $p > 0.05$ ). It was determined that pain had no significant effect on kinesiophobia ( $p > 0,05$ ), while the risk of falling had a positive and significant effect on kinesiophobia ( $\beta = 0,23$ ;  $t = 2,28$ ;  $p < 0,05$ ). Patients had low/moderate pain, moderate/high fall risk and low/moderate kinesiophobia. Patients with high pain level had a low risk of falling. Fall risk has a positive and significant effect on kinesiophobia. It is recommended to raise awareness by giving in-service training to nurses on this subject.

**Keywords:** Pain, Knee Surgery, Risk of Falling, Kinesiophobia

## SPORCULARDA L-CARNİTİNE KULLANIMI

**Yüksek Lisans Öğr. Gözde Nur ÇELİK**

Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[gozdecelk14@gmail.com](mailto:gozdecelk14@gmail.com), 0009-0002-5276-8233

**Prof. Dr. Vedat ÇINAR**

Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[vcinar@firat.edu.tr](mailto:vcinar@firat.edu.tr), 0000-0003-4883-3995

**Doç. Dr. Yakup KILIÇ**

Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[yakupkilic@firat.edu.tr](mailto:yakupkilic@firat.edu.tr), 0000-0003-4889-5571

### ÖZET

L-Karnitin, vücudun enerji metabolizmasında kilit bir rol oynayan bir bileşiktir ve uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye taşınarak enerjiye dönüştürülmesine katkıda bulunur. Bu özelliği sporcularda yağ yakımını hızlandırmak, egzersiz süresini ve dayanıklılığı arttırmak, kas hasarını azaltmak ve egzersiz sonrası toparlanmayı iyileştirmek amacıyla kullanılması ile dikkat çekmektedir. L-Karnitin, enerji metabolizmasında önemli bir rol oynar ve yağ asitlerinin mitokondriye taşınarak enerji üretimine katkı sağlar. Bu özellikleri nedeniyle spor performansı, kas toparlanması, yağ yakımı ve kas yorgunluğunu azaltma gibi birçok alanda faydalı olduğu düşünülmektedir. Araştırmalarda, L-Karnitin'in yağ asitlerine enerji kaynağı olarak daha verimli kullanarak kas glikojen depolarını koruyabileceği ve böylece dayanıklılık sporcuların da performans artışına yol açabileceği gösterilmiştir. Yoğun egzersiz sonrası kas yorgunluğunu azaltma, oksidatif stres ve serbest radikallerin olumsuz etkilerini sınırlayarak kas hasarını azaltma gibi faydalar sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışma sporcularda L-Karnitin takviyesinin performans artırıcı etkilerini inceleyen mevcut literatürü gözden geçirmektedir. Ancak, L-Karnitin'in performansı etkileri üzerine yapılan çalışmaları sonuçları tutarsızdır ve bu konuda daha fazla araştırma ihtiyaç vardır bu derleme, Sporcular üzerine yapılan çalışmaları inceleyerek L-Karnitin'in potansiyel faydalarını ve sınırlamalarını tartışmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Sporcu, L-Karnitin, Takviye

## 1. GİRİŞ

L-Karnitin, lipid metabolizmasında görev alan bir aminoasit türevi olup, vücudun enerji üretim sürecine katkı sağlayan önemli bir moleküldür. Özellikle Sporcular da dayanıklılığı arttırmak, kas yorgunluğunu azaltmak ve yağ yakımını hızlandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Longo ve ark.,2016). Karaciğer ve böbreklerde sentezlenen L-Karnitin, et, süt, ürünleri ve avokado gibi bazı gıdalarda da bulunur. Vücutta en yüksek miktarda kalp, beyin, iskelet kasları ve spermelerde depolanır (Yavuz ve Kurtoğlu,2012). Egzersiz ve istirahat esnasında iskelet kaslarının kasılmasıyla kullanılan yakıtlar yağ ve karbonhidratlardır (Şiktar ve ark.,2010). L-Karnitin Temel işlevi, uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye taşınmasına yardımcı olmaktadır. Mitokondriler, hücrelerin enerji üretim merkezleri olarak görev yapar ve yağ asitlerini oksidasyon yoluyla enerjiye dönüştürür (Umutlu,2012). L-Karnitin'in serum kolesterol ve trigliserit seviyelerini düşürdüğü tespit edilmiş; bu etkinin, trigliserit ve VLDL (Very Low Density Lipoprotein) sentezindeki azalmayla birlikte, yağ asitlerinin oksidasyonunun artması sonucunda meydana gelebileceği öne sürülmüştür (Malaguarnera ve ark.,2009; Rajasekar ve Anuradha, 2007). L-Karnitin, plazma lipidleri ve lipoproteinler üzerindeki olumlu etkilerinin, kardiyovasküler risk faktörlerinin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Sirtori ve ark.,2000). Genel olarak literatürde, L-Karnitin'in sportif performans sonrasında lipidler üzerinde olumlu etkilerinin belirtildiği çalışmaların yanı sıra, herhangi bir etkisinin bulunmadığını gösteren araştırmalar da mevcuttur (Colombani ve ark., 1996; Mojtaba ve ark., 2011). Araştırma sonuçlarındaki bu tutarsızlıkların, bireysel farklılıklar (cinsiyet, yaş, VKİ, antrenman durumu), L-karnitin dozu ve alındığı zaman, uygulanan egzersizin süresi/şiddeti ve diyet kontrolünün yeterince sağlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Mojtaba ve ark.,2011). L-Karnitin'in, vücudun enerji ihtiyacını karşılamak için karaciğer ve böbreklerde sentezlenen, iki temel amino asidin türevinden oluşan bir bileşiktir olduğu bilinmektedir ek olarak L-Karnitin'in önemli işlevlerinden biri, kalp ve iskelet kaslarında biriken yağ asitlerini mitokondriye taşıyarak enerji üretimini desteklemektir. Özellikle uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye girişi için L-Karnitin'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca L-Karnitin, antioksidan özellikler de göstermektedir. Açıl grubu propiyonik asit ve toksik bileşenlerin birikimi, kalp ve iskelet kaslarında insülin direncine veya kalp yetmezliğine yol açabilir; L-Karnitin bu olumsuzlukların önlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, L-Karnitin eksikliği olan bireyler, kardiyovasküler hastalıklara ve diyabete yatkınlık gösterebilir (Mohammadi, Talasaz ve Alidoosti, 2016; Atabilen ve Yıldırım, 2017).

L-Karnitin yaklaşık %75'i diyet yoluyla vücuda alınırken, geri kalan %25'i ise vücutta lizin ve metionin gibi esansiyel amino asitlerden endojen olarak sentezlenmektedir. Bu sentez, iskelet kası, kalp, beyin, karaciğer ve böbrek gibi organlarda gerçekleşir. L-Karnitin, sporcuların fiziksel performanslarını bütüncül bir şekilde artırarak, kısa sürede güç ve dayanıklılık kazanmalarına yardımcı olur. Kas gücünü artırmanın yanı sıra mevcut kas kitlesini korur, geliştirir ve yeni kas oluşumunu destekler. Ayrıca, aşırı performans durumlarında vücudu sakatlanma ve yırtılmalara karşı koruyarak kas yaralanmalarını önler. L-Karnitin, kas ağrılarını, yorgunluk hissini ve bitkinliği azaltmada da etkilidir. (Karlic ve ark.,2004) Egzersizden önce L-Karnitin kullanımı, kaslarda laktik asit birikimini azaltarak yorgunluk ve bitkinliğin gecikmesine katkı sağlar. Sporcuların karnitin kullanmalarının temel nedenleri arasında, uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondri matriksine taşınmasında hayati bir rol oynaması yer alır. Bu özelliği sayesinde, yoğun egzersiz sırasında yağ asitlerinin oksidasyonunu artırarak hem yağlardan daha fazla enerji üretimini mümkün kılar hem de kas glikojen depolarının daha etkin kullanılmasını sağlar. Ayrıca, L-Karnitin maksimal oksijen tüketimini (VO<sub>2</sub>max) artırarak sportif performansla olumlu etkide bulunduğu da belirtilmektedir. (Gökbel ve Ark.,2003). Sporcular, hem sağlıklarını korumak hem de atletik performanslarını en üst seviyeye çıkarmak amacıyla sıklıkla besin takviyeleri kullanmaktadırlar. Bu takviyelerden biri olan L-Karnitin (L-C), 1982'de İtalyan milli futbol takımının dünya şampiyonluğunu kazanmasında etkili olduğuna dair söylentilerin ardından popüler hale gelmiştir. Genellikle "yağ yakıcı" olarak bilinen L-Karnitin yağ oksidasyonunu artırması, kas kütlesini desteklemesi ve yağ kütlesini azaltmasıyla, aerobik performansı iyileştiren bir takviye olarak öne çıkarılmaktadır (Garthe ve Maughan,2018).

## 2. YÖNTEM

Bu çalışma için bilimsel veri tabanlarında (PubMed, Google Scholar, Scopus vb.) 2000-2024 yılları arasında yayınlanmış makaleler taranmıştır. "L-Karnitin", "exercise", "performance", "sport" gibi anahtar kelimeler kullanılarak arama yapılmıştır. Çalışmalar randomize kontrollü denemeler ve derlemeler dahil olmak üzere çeşitli araştırma türlerinden seçilmiştir.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Araştırmamızın sonuçlarına göre, literatür incelendiğinde, l- Karnitin kullanımının sporcular üzerinde performansı arttırmada psikolojik süreçlerin etkili olduğu vurgulanmıştır (Lochbaum ve ark 2021). L- karnitin kullanımının ruh hali ile yetersiz performans arasındaki ilişkili olduğu ortaya koyulmuştur (Lowther ve ark 2002). Greig 33 ve ark (2007)'e göre, fiziksel aktivite sırasında aktiviteyi etkileyecek psikolojik süreçler dikkate alınmadığında zihinsel süreçler aktiviteyi olumsuz etkileyebilecek bir güce sahiptir. L-Karnitin takviyesinin dayanıklılık egzersizlerinde yağ asidi oksidasyonunu arttırarak enerji üretimine desteklediği ve bu sayede performansı iyileştirdiği gösterilmiştir (Karlic ve ark 2004). Özellikle uzun süreli ve yoğun egzersizlerde, kaslardaki L-Karnitin konsantrasyonunun artmasıyla yağ metabolizması daha verimli hale gelmekte, böylece enerji kullanımı optimize edilmektedir (Broad ve ark 2008). Ancak Kısa süreli veya düşük yoğunluklu egzersizlerde L-Karnitin kullanımının etkileri daha sınırlı kalmıştır (Brass,2000) Ayrıca, bazı çalışmalar L-Karnitin'in kas hasarını azaltarak egzersiz sonrası toparlanmayı hızlandırdığına işaret etmektedir. L-Karnitin sporcularda kas kramplarını azalttığı ve kas ağrılarını hafiflettiği yönünde bulgularda mevcuttur. Ancak, bu etkilerin sporcuya ve egzersiz türüne bağlı olarak farklılık gösterdiği, yani bireysel yanıtların çeşitlilik gösterdiği de gözlemlenmiştir. Bu nedenle L-Karnitin takviyesinin etkilerinin kişisel farklılıklar ve antrenman programları ile uyumlu bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmalıdır. L- Karnitine sporcular arasında popüler olmasının başlıca sebepleri şunlardır; ya setlerini mitokondri taşıyarak enerji üretimini artırması, özellikle yağı yakımını teşvik edici bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Enerji üretimine katkısı sayesinde spor performansını atabileceğin sürülmüştür. Özellikle dayanıklılık sporcuları için faydalı olduğu düşünülür. Yoğun egzersiz sonrası kas Yorgununu azaltabilir ve kasların toparlanma sürecini hızlandırabilir. Serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltmaya yardımcı olduğu da bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Özellikle sporcularda dayanıklılığını arttırmak, kas yorgunluğunu azaltmak ve yağ yakımını hızlandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, L-Karnitin'in spor performansına olan etkileri üzerine yapılan çalışmanın sonuçları çeşitlilik göstermektedir. Özellikle sporcularda dayanıklılığını arttırmak, kas yorgunluğunu azaltmak ve yağ yakımını hızlandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, L-Karnitin'in spor performansına olan etkileri üzerine yapılan çalışmanın sonuçları çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeple mevcut araştırma spor, egzersiz ve L-Karnitin kullanımı arasındaki etkileşimini derlemek amacı ile yapılmıştır. Araştırmada Scopus, PubMed, Google Scholar veri tabanları kullanılarak L-Karnitin kullanımının spor üzerindeki etkisini araştıran yayınlar incelenmiştir.



Ancak, L-Carnite'in performans etkileri üzerine yapılan çalışmaların sonuçları tutarsızdır ve bu konuda daha fazla araştırma ihtiyaç vardır. Literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmı, L-Karnitin'in potansiyel olarak spor performansını ve toparlamayı iyileştirdiğini göstermektedir ancak etkilerin büyüklüğü ve yaygın sporcu tipine, egzersiz yoluna ve kullanılan Doja dozajlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bunun yanı sıra bazı araştırmalarda L-Karnitin'in takviyesinin yanında uzun süreli kullanımda etkili oldu akut kullanımı ise belirgin bir etki yaratmadı bildirilmiştir. Ayrıca bazı sporcularda L-Carnitin etkisi minimal olabileceği gözlenmiştir mevcut araştırmalar, performans artırıcı etkilerinin olduğu yönünde bazı bulgular sunmak da birlikte, bu etkileri tutarlı olmadığı görülmektedir dolayısıyla ve kalitenin spor performansını olan etkilerini daha iyi anlamak için daha fazla ve kapsamlı klinik çalışmalara ihtiyaç duymaktadır.

## KAYNAKÇA

1. Atabilen, B., Yıldırım, H. (2017). The Use of Carnitine in Hemodialysis Patients. *Turk Neph Dial Transpl.* doi: 10.5262/tnndt. 1003.02; 26 (3): 246-253.
2. Fielding, R., Riede, L., Lugo, J. P., & Bellamine, A. (2018). l-Carnitine Supplementation in Recovery after Exercise. *Nutrients*, 10(3), 349. <https://doi.org/10.3390/nu10030349>
3. Garthe, I., & Maughan, R. J. (2018). Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(2), 126–138.
4. Gökbel, H., Baltacı, A. K., Üçok, K., Okudan, N., & Moğulkoç, R. (2003). Ratlarda zorlu egzersizde serum leptin düzeylerindeki değişme ve çinko eksikliği/takviyesiyle ilişkisi. I. *Leptin Sempozyumu*, 20-22.
5. Karlic, H., & Lohninger, A. (2004). Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense?. *Nutrition*, 20(7-8), 709-715.
6. Kraemer, W. J., Volek, J. S., & Dunn-Lewis, C. (2008). L-carnitine supplementation: influence upon physiological function. *Current sports medicine reports*, 7(4), 218–223.
7. Longo, N., Frigeni, M., & Pasquali, M. (2016). Carnitine transport and fatty acid oxidation. *Biochimica et biophysica acta*, 1863(10), 2422–2435.
8. Malaguarnera, M., Vacante, M., Avitabile, T., Malaguarnera, M., Cammalleri, L., & Motta, M. (2008). L-Carnitine Supplementation Reduces Oxidized LDL Cholesterol In Patients With Diabetes–. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 89(1), 71-76.
9. Mohammadi, M., Talasaz, A.H., Alidoosti, M. (2016). Preventive effect of l-carnitine and its derivatives on endothelial dysfunction and platelet aggregation. *Clin Nutr ESPEN*. 15:1-10.
10. Mojtaba E, Laleh B, Mohsen S, Zohreh, A. (2011). Fat Metabolism And Aerobic Capacity Does Not Affect By Acute L-Carnitine L-Tartrate Supplementation. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 1(12)695-699.

11. Pekala, J., Patkowska-Sokoła, B., Bodkowski, R., Jamroz, D., Nowakowski, P., Lochyński, S., & Librowski, T. (2011). L-carnitine--metabolic functions and meaning in humans life. *Current drug metabolism*, 12(7), 667–678.
  12. Sirtori, CR., Calabresi, L., Ferrara, S., Pazzucconi, F., Bondioli, A., Baldassarre, D., ... & Koverech, A. (2000). L-Carnitine Reduces Plasma Lipoprotein (A) Levels İn Patients With Hyper Lp (A). *Nutrition, Metabolism, And Cardiovascular Diseases: NMCD*, 10(5), 247-251.
  13. Şiktar, E., Şiktar, E., Gülçin, İ., & Günay, M. (2010). Effect Of L-Carnitin And Thermal Stress On Free Radical And Antioxidant Levels İn Rats During The Exhaustive Swimming Exercises At Hypothermic And Hyperthermic Water Temperatures. *Ovidius University Annals, Series Physical Education And Sport/Science, Movement And Health*, 10(1), 19-29.
  14. Umutlu, U. (2012). L-Karnitin Uygulamasının Ratlarda Bazı Lipit Parametreleri Üzerine Etkisi (Doctoral Dissertation, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
  15. Yavuz H., Kurtoğlu F (2012). Biyokimyasal Özellikleri İle L – Karnitin. *Istanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 38 (2), 207-218.
- Karlic, H., & Lohninger, A. (2004). Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense?. *Nutrition*, 20(7-8), 709-715.

## SPORCULARDA İRTİFA VE DOĞAL DOPİNG

**Dr. Öğrencisi Fidan ÇINAR**

Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[doguuspor@gmail.com](mailto:doguuspor@gmail.com), 0000-0006-3493-2510

**Yüksek Lisans Öğr. Gözde Nur ÇELİK**

Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[gozdecelk14@gmail.com](mailto:gozdecelk14@gmail.com), 0009-0002-5276-8233

**Arş. Gör. Polat YÜCEDAL**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
[polatyucedal@munzur.edu.tr](mailto:polatyucedal@munzur.edu.tr), 0000-0001-8806-2035

### ÖZET

Sporcularda irtifa ve doğal doping, spor performansını artırmak amacıyla kullanılan önemli stratejiler arasında yer almaktadır. İrtifa antrenmanı, sporcuların yüksek rakımlarda düşük oksijen ortamında gerçekleştirdikleri çalışmalarla vücutlarının oksijen taşıma kapasitesini artırmayı hedefler. Bu yöntem, kırmızı kan hücresi üretimini teşvik ederek dayanıklılık ve genel performans üzerinde olumlu etkiler sağlar. İrtifa antrenmanı ile doğal doping yöntemlerinin entegrasyonu, sporcuların hem kısa vadeli hem de uzun vadeli performanslarını maksimize etmek için etkili bir yaklaşım sunar. Bu kombinasyon, sporcuların oksijen taşıma kapasitesini artırırken, beslenme ve dinlenme stratejileriyle desteklenerek genel dayanıklılık ve performans iyileşmesini sağlar. Ayrıca, bu yöntemler etik ve sağlık açısından dopinge mücadelede önemli avantajlar sunar, çünkü doğal doping yöntemleri sporcuların sağlığını koruyarak adil rekabet ortamını destekler. Sporcular da irtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemlerinin birlikte kullanılması, performans artırma stratejileri arasında etkili ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Bu yöntemlerin doğru ve uzman rehberliğinde uygulanması, sporcuların hem performanslarını artırmalarına hem de sağlıklarını korumalarına olanak tanır. Gelecekte yapılacak araştırmalar ve geliştirmelerle, bu stratejilerin etkinliği daha da artırılarak sporcular için daha özelleştirilmiş programlar oluşturulabilir.

**Anahtar kelimeler:** İrtifa, doping, performans

## 1. GİRİŞ

Sporcuların performanslarını maksimize etmeleri, günümüzde spor bilimi ve antrenman yöntemlerindeki ilerlemelerle birlikte daha da önem kazanmıştır. Bu bağlamda, irtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemleri, atletlerin fiziksel kapasitesini artırmak için yaygın olarak kullanılan stratejiler arasında yer almaktadır. İrtifa antrenmanı, sporcuların yüksek rakımlarda kısmi oksijen eksikliği altında antrenman yapmalarını sağlayarak vücutlarının oksijen taşıma kapasitesini artırmayı hedefler. Bu süreç, kırmızı kan hücresi üretimini teşvik ederek dayanıklılık ve performans artışına katkıda bulunur (Beidleman, 2010). Öte yandan, doğal doping, yasaklı maddeler kullanmadan, beslenme, antrenman teknikleri ve yaşam tarzı değişiklikleri gibi doğal yollarla sporcuların performansını iyileştirmeyi amaçlar. Doğal doping yöntemleri, sporcuların sağlığını korurken performanslarını sürdürülebilir bir şekilde artırmalarını sağlar. Yüksek irtifa antrenmanları, doğal doping kapsamındaki stratejilerden biri olarak, vücudun adaptasyon mekanizmalarını güçlendirerek atletlerin rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olur (Maughan & Burke, 2012). Doping, sporcuların fiziksel performanslarını artırmak amacıyla yasaklanmış maddeler veya yöntemlerden faydalanmalarıdır. Bu tür uygulamalar, sporun adil ve sağlıklı temel prensiplerine aykırıdır ve sporcuların sağlıklarını ciddi şekilde tehlikeye atabilir (WADA.,2023). Doping, yasaklanmış sentetik maddelerin kullanılmasını ifade ederken, doğal doping ise doğal yöntemlerin, örneğin yüksek irtifa antrenmanlarının uygulanmasını kapsar. Doping, sporun etik ilkelerine ve yasal düzenlemelere aykırı olup, anti-doping kuralları tarafından yasaklanmıştır. Buna karşılık, doğal doping etik ve yasal sınırlar içerisinde kalmakta ve sporun adil rekabet prensiplerine uygun hareket etmektedir. Doping, performans artışını hızlı ve dramatik bir şekilde sağlarken, doğal doping ise daha yavaş ancak sürdürülebilir performans gelişimi sunar. Doğal doping, sporcuların performanslarını artırmak amacıyla yasal ve doğal yöntemler kullanarak bedenlerini optimize etmelerini ifade eder. Bu yöntemler, yasaklı maddeler veya performans artırıcı ilaçlar yerine, beslenme düzeni, antrenman teknikleri ve yaşam tarzı değişiklikleri gibi doğal yollarla uygulanır. Sporcular, sınırlarını zorlayarak en yüksek performansa ulaşmak için genellikle doğal doping yöntemlerini tercih ederler ve bu yöntemler etik ve sağlık açısından daha güvenli olarak kabul edilir. Doğal doping yöntemlerine değinirsek Sporcuların, düşük oksijen seviyelerinin hakim olduğu yüksek irtifa bölgelerinde (örneğin, 2000-2500 metre) ikamet etmeleri ve deniz seviyesine yakın alanlarda antrenman yapmaları şeklinde uygulanan bir

yöntemdir. Bu strateji, vücudun daha fazla kırmızı kan hücresi üretmesini teşvik ederek oksijen taşıma kapasitesini artırır ve dayanıklılığı geliştirir (Wilber., (2007). Sporcuların performanslarını desteklemek amacıyla özel diyetler ve besin takviyeleri kullanmaları yaygın bir uygulamadır. Bu yöntemler, enerji seviyelerini artırmak, kasların onarım sürecini hızlandırmak ve genel fiziksel sağlığı iyileştirmek için tasarlanmıştır. Besin takviyeleri ve dengeli beslenme programları, sporcuların antrenman verimliliğini maksimize etmelerine ve yarışma esnasında daha üstün performans göstermelerine yardımcı olur. (Kerksick ve ark., 2005). Vücudun çeşitli enerji sistemlerini geliştirmek amacıyla düzenli ve bilimsel temelli antrenman programları uygulamak, performans artışına, kas gücünde ve dayanıklılığın iyileşmesine katkı sağlar (Bompa ve ark.,2009). Vücudun iyileşme ve yenilenme süreçlerini desteklemek için yeterli uyku almak ve dinlenme sürelerine özen göstermek önemlidir. Bu uygulamalar, kasların onarımı, hormon dengesinin sağlanması ve genel fiziksel performansın artırılması üzerinde olumlu etkiler sağlar (Halsen, 2014). İrtifa terimi, genellikle bir yerin deniz seviyesinden ne kadar yüksekte olduğunu belirtmek için kullanılır. Deniz seviyesinden yükseldikçe atmosferdeki oksijen yoğunluğu azalır ve bu durum solunum, dolaşım ve performans üzerinde etkiler yaratır. Yüksek irtifalarda yapılan egzersizler, vücudun oksijen taşıma kapasitesini artırmak için doğal bir yöntem olarak kullanılır. Buna örnek olarak sporcuların yüksek irtifa kamplarında antrenman yaparak kırmızı kan hücrelerinin sayısını artırmayı hedeflemeleri verilebilir (Wilber, 2004). İrtifa antrenmanı, elit sporcuların dayanıklılık hazırlıklarının ortak bir unsuru olup, çeşitli üst düzey spor programlarında stratejik olarak periyodik müdahaleler şeklinde uygulanmaktadır (Mujika ve ark., 2019). Yüksek irtifa koşullarında düşük oksijen seviyesine (hipoksi) karşı vücudun ilk tepkisi, karotis vücut reseptörlerinin tetiklediği solunum hızında artıştır. Akut yüksek irtifaya maruz kalma, kalp atış hızının, kalp debisinin ve kan basıncının yükselmesi ile birlikte sempatik sinir aktivitesinde artış gibi çeşitli telafi mekanizmalarına yol açar. Bu tepkilerin toplamı, iklimlendirme sürecinde önemli bir rol oynar. Hipoksik ventilatör yanıt, alveolar CO<sub>2</sub> seviyesinin düşmesine neden olarak merkezi solunum merkezinde inhibe edici etkilere yol açar; bu da hipokapni ve solunum alkalozunu tetikler (Weil, 2004). Yapılan kapsamlı araştırmalar göstermektedir ki, sporcuların yüksek irtifada buldukları süre boyunca aradıkları temel adaptasyon tepkileri, öncelikle eritropoietin (EPO) etkisiyle kırmızı kan hücrelerinin (veya hemoglobin kütlelerinin) artışını kapsamaktadır (Chapman, ve ark., 2014). Çoğu dayanıklılık sporcusu, spor performanslarını artırmak ve vücutlarının oksijen taşıma kapasitesini yükseltmek için yıllık antrenman programlarına çeşitli hipoksik

antrenman yöntemlerini eklemektedir. Bu teknikler, sporcuların dayanıklılığını ve genel performansını geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır (Wilber, 2007). Sporcu irtifası ve doğal doping yöntemleri, sporcuların performanslarını artırmak için stratejik olarak kullanılacak önemli araçlardır. İrtifa antrenmanlarının sağladığı fizyolojik adaptasyonlar ile doğal doping stratejilerinin birleşimi, atletlerin hem kısa vadeli hem de uzun vadeli performanslarını optimize etmelerine olanak tanır. Ancak, bu yöntemlerin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için sporcuların bireysel ihtiyaçlarına uygun programların hazırlanması ve etik ile sağlık açısından titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışma için bilimsel veri tabanlarında (PubMed, Google Scholar, Scopus vb.) 2000-2024 yılları arasında yayınlanmış makaleler taranmıştır. “irtifa”, “spor”, “performans” “doping” gibi anahtar kelimeler kullanılarak arama yapılmıştır. Çalışmalar randomize kontrollü denemeler ve derlemeler dahil olmak üzere çeşitli araştırma türlerinden seçilmiştir.

## 3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sporcularda performans artırma stratejileri, hem antrenman yöntemleri hem de beslenme ve yaşam tarzı değişiklikleri açısından sürekli gelişmektedir. Bu bağlamda, irtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemleri, sporcuların fiziksel kapasitesini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki yaklaşımın birlikte kullanılması, sporcuların hem kısa vadeli hem de uzun vadeli performanslarını iyileştirmek adına önemli avantajlar sunmaktadır. İrtifa antrenmanı, sporcuların yüksek rakımlarda gerçekleştirilen antrenman programları ile vücudun düşük oksijen koşullarına adaptasyon sağlamasını hedefler. Wilber (2007) tarafından yapılan çalışmalar, yüksek irtifada yapılan antrenmanların eritropoietin (EPO) hormonunun salınımını artırarak kırmızı kan hücresi üretimini teşvik ettiğini ve bu sayede kaslara taşınan oksijen miktarının arttığını göstermiştir. Bu adaptasyon, özellikle dayanıklılık sporlarında önemli bir performans artışı sağlamaktadır (Levine & Stray-Gundersen, 1997). Beidleman (2010) tarafından gerçekleştirilen meta-analizler, irtifa antrenmanının VO<sub>2</sub> max değerlerinde anlamlı bir artışa yol açtığını ve sporcuların yorgunluğa karşı direncini artırdığını ortaya koymuştur. Doğal doping, sporcuların yasaklı maddeler kullanmadan performanslarını artırmalarını sağlayan yasal ve sağlıklı yöntemlerin bütünüdür. Kerksick ve Willoughby (2005) tarafından vurgulanan beslenme stratejileri, doğru makro ve mikro besin alımının sporcuların

enerji seviyelerini optimize ettiğini ve kas onarımını hızlandırdığını göstermektedir. Ayrıca, Bompa ve Haff (2009) tarafından tanımlanan periyodik antrenman programları ve yeterli dinlenme süreleri, vücudun adaptasyon süreçlerini destekleyerek performans artışına katkıda bulunmaktadır. Maughan ve Burke (2012) ise, doğal doping yöntemlerinin uzun vadeli sağlık üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve sporcuların sürdürülebilir performans artışına ulaşmalarını sağladığını belirtmektedir. İrtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemlerinin entegrasyonu, sporcuların performansını maksimize etmek için etkili bir strateji sunar. Yüksek irtifalarda gerçekleştirilen antrenmanlar, doğal doping kapsamında kullanılan beslenme ve dinlenme stratejileri ile desteklendiğinde, sporcuların oksijen taşıma kapasitesi ve genel dayanıklılığı daha da artırılabilir (Wilber, 2007). Millet ve Roels (2008) tarafından yapılan araştırmalar, bu entegrasyonun sporcuların hem fizyolojik hem de psikolojik adaptasyon süreçlerini optimize ederek, rekabet avantajı sağladığını göstermektedir. Bu strateji, sporcuların antrenman verimliliğini artırırken, aynı zamanda sağlık risklerini minimize etmektedir. İrtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemleri, etik ve sağlık açısından dopinge mücadelede önemli avantajlar sunar. Doğal doping, yasaklı maddeler kullanılmadığı için sporun adil rekabet ilkelerine uygundur ve sporcuların sağlık risklerini minimize eder (WADA, 2023). Ancak, yüksek irtifa antrenmanlarının yanlış uygulanması durumunda, sporcuların sağlıkları üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği unutulmamalıdır. Beidleman (2010) tarafından vurgulandığı üzere, irtifa antrenman programlarının uzman rehberliğinde ve bireysel ihtiyaçlara uygun olarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, doğal doping yöntemlerinin etik açıdan kabul edilebilir olması, sporun temiz ve sağlıklı bir şekilde ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Sporcuların irtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemlerini etkili bir şekilde uygulayabilmeleri için, spor bilimleri alanında uzman rehberliğine ihtiyaçları vardır. Antrenörler ve spor hekimleri, sporcuların bireysel ihtiyaçlarına uygun programlar hazırlamalı ve düzenli olarak izlemelidir (Bompa & Haff, 2009). Ayrıca, sporculara doğal doping yöntemlerinin önemi ve doğru uygulaması hakkında düzenli eğitimler verilmelidir. Her sporcu farklı fizyolojik özelliklere sahip olduğu için, irtifa antrenmanı ve doğal doping stratejileri kişiselleştirilmiş olmalıdır. Bu, sporcuların maksimum performans potansiyeline ulaşmalarını sağlarken, sağlık risklerini de minimize eder (Wilber, 2007). Kişiselleştirilmiş programlar, sporcuların mevcut kondisyon seviyelerine ve hedeflerine göre optimize edilmelidir. İrtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemlerinin etkinliğini artırmak için sürekli araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Yeni teknikler ve stratejiler geliştirilerek, sporcuların performanslarını daha etkili bir şekilde artırmaları sağlanabilir (Millet & Roels, 2008). Ayrıca, bu alandaki bilimsel

araştırmaların desteklenmesi ve finanse edilmesi, daha yenilikçi ve etkili yöntemlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunacaktır. Sporcuların ve antrenörlerin, irtifa antrenmanı ve doğal doping konusunda güvenilir ve erişilebilir bilgi kaynaklarına kolayca ulaşabilmeleri sağlanmalıdır. Bu, eğitim programları, seminerler ve dijital platformlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir (Kerksick & Willoughby, 2005). Ayrıca, spor kurumları ve federasyonlar tarafından düzenlenen bilgilendirici materyaller ve rehberler hazırlanmalıdır. İrtifa antrenmanı ve doğal doping uygulamalarının sporcular üzerindeki etkilerini izlemek için düzenli sağlık kontrolleri yapılmalıdır. Bu, olası sağlık sorunlarının erken tespit edilmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olur (Beidleman, 2010). Sağlık izleme programları, sporcuların genel sağlık durumlarını sürekli olarak değerlendirmeyi ve gerektiğinde müdahale etmeyi amaçlamalıdır. Doğal doping yöntemlerinin etik ve yasal sınırlar içinde kalması için spor kurumları ve federasyonlar tarafından sıkı denetimler ve eğitim programları düzenlenmelidir. Bu, sporun adil rekabet ilkelerine uygun şekilde sürdürülmesini sağlar (WADA, 2023). Etik kuralların güçlendirilmesi, sporcuların temiz ve sağlıklı bir spor ortamında mücadele etmelerini teşvik edecektir. Sporcularda irtifa antrenmanı ve doğal doping yöntemlerinin entegrasyonu, performans artırma stratejileri arasında etkili ve sürdürülebilir bir yaklaşım sunmaktadır. İrtifa antrenmanı, vücudun oksijen taşıma kapasitesini artırarak dayanıklılığı yükseltirken, doğal doping yöntemleri beslenme, antrenman teknikleri ve dinlenme stratejileri ile performansın optimize edilmesini sağlar. Bu iki yöntemin birlikte kullanılması, sporcuların hem kısa vadeli performanslarını artırmalarına hem de uzun vadeli sağlıklarını korumalarına olanak tanır. Etik ve yasal açıdan da uygun olan bu stratejiler, dopinge mücadelede sağlıklı ve adil bir spor ortamının oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Araştırmalar, irtifa antrenmanının ve doğal doping yöntemlerinin birlikte kullanıldığında, sporcuların performanslarında anlamlı artışlar sağladığını ve bu artışların uzun vadeli sürdürülebilir olduğunu göstermektedir. Ancak, bu yöntemlerin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için, sporcuların bireysel fizyolojik özelliklerinin dikkate alınması ve programların uzman rehberliğinde hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca, etik ve sağlık açısından titizlikle değerlendirilmesi gereken bu stratejiler, sporcuların sağlığını korurken performanslarını artırmalarına olanak tanımaktadır.



## KAYNAKÇA

1. Beidleman, B. J. (2010). The Training Effects of Altitude Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 442-453.,
2. Maughan, R. J., & Burke, L. M. (2012). “Sports Nutrition: Protein and Endurance.” *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(2), 180-189.
3. Dünya Anti-Doping Ajansı (WADA). (2023). What is doping? Erişim adresi: <https://www.wada-ama.org/tr/doping-nedir>
4. Wilber, R. L. (2007). *Altitude Training and Athletic Performance*. Human Kinetics.
5. Kerksick, C. M., & Willoughby, D. S. (2005). “Nutritional Strategies for Optimizing Athletic Performance.” *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 635-644.
6. Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
7. Halson, S. L. (2014). “Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep.” *Sports Medicine*, 44(Suppl 1), S13-S23.
8. Wilber, R. L. (2004). *Altitude training and athletic performance*. Human Kinetics.
9. Mujika, I., Sharma, A. P., & Stellingwerff, T. (2019). Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(11), 1651–1669.
10. Weil J. V. (2004). Sleep at high altitude. *High altitude medicine & biology*, 5(2), 180–189.
11. Chapman, R. F., Karlsen, T., Resaland, G. K., Ge, R. L., Harber, M. P., Witkowski, S., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (2014). Defining the "dose" of altitude training: how high to live for optimal sea level performance enhancement. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 116(6), 595–603.

## ÇOCUK DİYABETİNDE EGZERSİZ

**Yüksek Lisans Öğr. Esmâ GÜLHAS**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[Esmagulhas96@gmail.com](mailto:Esmagulhas96@gmail.com) 0009-0006-3198-2854

**Prof. Dr. Süreyya Yonca SEZER**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[Sureyyayoncasezer@munzur.edu.tr](mailto:Sureyyayoncasezer@munzur.edu.tr) 0000-0003-3945-095X

**Yüksek Lisans Öğr. Ramazan Barış EKER**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[rbe2101@gmail.com](mailto:rbe2101@gmail.com) 0009-0002-6470-4309

### ÖZET

Yaşam kalitesine etki eden kronik hastalıklar birey ve ailenin yaşamını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Temelde hastalıkların yaşam boyu sürmesi bireylerin ve ailelerinin bu kronik hastalıkla yaşamayı öğrenmelerini zorunlu kılar. Çocukluk zamanlarında ortaya çıkan kronik rahatsızlıkların başında diyabet gelmektedir. Çocukluk döneminde görülen diyabetin yaşam standartlarını etkilediği ve çocukların insülin ilacını düzenli kullanmaları bu da yaşam şeklinin değiştirilmesi gerektiğini gösterir. Kronik hastalıklara çocuklar değişik tepiler gösterir. Bu tepilerin değişiklik sebepleri; yaş, cinsiyet, aile özelliklerine göre sıralanabilir. Kronik hastalıkların önlenmesinde sosyal hizmet uzmanları önemi bir rol oynar. Sosyal hizmetin hastalıktan sonraki süreçte bireyin ve ailenin bilgilendirilmesi, psiko sosyal destek ve kaynaklara ulaşma konusunda önemi büyüktür.

**ANAHTAR KELİMELELER;** diyabet, çocuk, kronik hastalık

### EXERCISE IN CHILDREN'S DIABETES

## Abstract

Chronic diseases that affect the quality of life directly affect the lives of individuals and families. Basically, the fact that diseases continue throughout life requires individuals and their families to learn to live with this chronic disease. Diabetes is the most common chronic disease that occurs in childhood. Diabetes seen in childhood affects living standards and children use insulin regularly, which indicates that their lifestyle needs to be changed. Children show different reactions to chronic diseases. The reasons for these reactions can be listed according to age, gender, and family characteristics. Social workers play an important role in the prevention of chronic diseases. Social work is of great importance in informing the individual and family in the process after the disease, in reaching psychosocial support and resources

**Keywords:** diabetes, child, chronic disease

## 1.GİRİŞ

### Çocuğun Tanımı

Yasal olarak 18 yaş çocukluk-yetişkinlik sınırı olarak tanımlanmakta diğer bir tanımla zihinsel ve fiziksel özellikleri bakımından ergen olmayan bireylere çocuk denir. Türk hukuk sistemindeki çocuk kavramına baktığımızda, Çocuk Koruma Kanunu'nda belirtilen hususlarla birlikte daha erken yaşta ergin kılınmış olursa bile, çocuğu henüz 18 yaşına girmeyen kişi olarak görmekteyiz. Benzer şekilde Türk Dil Kurumu'ndaki çocuk kelimesinin karşılığı da “Küçük yaştaki oğlan veya kız” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2019).

Çocukluk; bilim dalları arasında tam bir görüş birlikteliği olmamasına rağmen pedagoji ve sağlık bilimleri açısından genellikle bebeklik ile yetişkinliğin ilk evresi sayılabilecek olan ergenlik dönemleri arasında olan 2-12 yaş arasını içine alan kronolojik olarak çok geniş bir dönemi kapsamaktadır. Çocukluk dönemi kendi içerisinde ilk (2-6) ve ileri (7-12) çocukluk dönemleri olarak ikiye ayrılır. Pedagojik açıdan ilk çocukluk dönemi aynı zamanda okulöncesi çocukluk dönemi olarak ta adlandırılmaktadır.

### Sağlık Ve Fiziksel Aktivite/Egzersiz İlişkisi

Çocukluk dönemi, farklı fiziksel ve psikososyal gelişim süreci barındıran her yaşı dinamik bir süreçtir. Bu süreçte yaşanması muhtemel kronik bir hastalık, çocuk ve ailesini zora sokmakta, dönemler içerisinde bazı olumsuzlukları beraberinde getirebilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2015).

Doğum öncesi dönemden başlayarak, okul dönemine kadar çocuk sağlığını etkileyen birçok çevresel faktör vardır. Bunların başında gelen hareketsizlik, kötü beslenme, hijyen eksikliği, ve ilgisizlik, okul öncesi dönemde gelişim ihtiyaçlarının karşılanamamasına örnek olarak verilebilirler. Özellikle yürümeye başlayan çocuk sürekli hareket halindedir. Çocuk, organlarını çalıştırmak, iskelet yapısını kuvvetlendirmek, ciğerlerini geliştirmek, kanını harekete geçirmek ve sinir kas bağlantılarını kuvvetlendirmek için harekete muhtaçtır (Çağlak-Sarı, 2005).

Gelişmekte olan ülkelerde artan risk faktörlerinden kaynaklı olarak çocukların psikolojik ve biyolojik olarak gelişimlerinin daha fazla etkilendiği, Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) verilerine bakıldığında ülkemizde 5 yaş altı çocukların %16'sında gelişimsel problemler olduğu görülmektedir (Sezer ve Alpgan, 2017).

Sağlık açısından ortaya çıkacak olan riskli davranışlar, genellikle çocukluk ve adolesan dönemlerde edinilir. Bu davranışların sonuçları ise erişkin döneme yansiyarak, bu dönemde ve hayatın geri kalanında, sağlıklı yaşam koşullarının oluşmasına, ölüm oranlarında önemli artışların olmasına neden olur. Azalan fiziksel aktivite genç yaşta başta obezite olmak üzere bir çok kronik hastalığın görülmesine sebep olmaktadır. Fiziksel aktiviteye yaşam boyu yeterli oranda katılım ve normal kilonun korunması ile kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, obezite, akciğer kolon kanseri ve Tip II diyabet, gibi birçok kronik hastalıktan korunmada oldukça etkilidir (Meydanlıoğlu, 2015, s.125).

Türkiye beslenme ve sağlık araştırmasına göre, 6-11 yaş grubu çocuklarımızın % 58,4' ü düzenli (günde 30 dakika veya daha fazla süre ile) olarak egzersiz yapmamaktadır (Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2010, beslenme durumu ve alışkanlıklarının değerlendirilmesi sonuç raporu, şubat 2014, sy.410 ). Bu yaş grubunda TV, bilgisayar, İnternet, ev ödevi ve ders çalışmak için hareketsiz olarak geçirilen ortalama süre, 6 saattir. Bu süre içerisindeki 2 saati aşan hareketsiz alışkanlıklar, bağımlılık olarak kabul görmektedir (Türkiye Fiziksel Aktivite Rehberi, 2014).

Sağlık açısından ortaya çıkacak olan riskli davranışlar, genellikle çocukluk ve adolesan dönemlerde edinilir. Bu davranışların sonuçları ise erişkin döneme yansiyarak, bu dönemde ve hayatın geri kalanında, sağlıklı yaşam koşullarının oluşmasına, ölüm oranlarında önemli artışların olmasına neden olur.

Azalan fiziksel aktivite genç yaşta başta obezite olmak üzere bir çok kronik hastalığın görülmesine sebep olmaktadır. Fiziksel aktiviteye yaşam boyu yeterli oranda katılım ve normal

kilonun korunması ile kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, obezite, akciğer kolon kanseri ve Tip II diyabet, gibi birçok kronik hastalıktan korunmada oldukça etkilidir (Meydanlıoğlu, 2015, s.125)

## Diyabet

Erişkinlerin sorunu olarak bilinen diyabet çocukluk çağındaki her yaş grubunda görülebilmektedir. Kesin veriler olmamakla birlikte ülkemizde her yıl 1700 civarında çocuğa diyabet tanısı konulmaktadır. Çocukluk çağı diyabeti, genetik yatkınlıkla, otoimmün mekanizmalarla ve çevresel faktörlerle (viral enfeksiyonlar, stres gibi) ilişkilidir. Ülkemizde yirmi bin civarında diyabetli çocuk/ergen olduğu düşünülmektedir. Bunların çoğu okul çağıında ve tip 1 diyabetli çocuk/ergenlerdir. Türkiye’de Bereket ve diğerleri (2011) tarafından yapılan bir araştırmada 6-18 yaş grubunda tip 1 diyabet sıklığı, 0,67/1000 olarak bildirilmiştir. Hareketsiz yaşamla birlikte sağlıksız beslenme gibi nedenlere bağlı olarak şişmanlığın artmasıyla da çocuklarda da tip 2 diyabetinde artış görülmektedir. Şişman çocuk ve ergenlerde vücut yağ dokusunun azalması kan glukoz düzeylerinin daha iyi kontrol edilmesine yardım eder (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2015, s.76).

Egzersiz hem tip 1 hem tip 2 diyabetli bireylerde yararlı olduğu bilinmektedir. Diyabet tedavisinde hedeflenen kan şekerinin regülasyonunda, düzenli insülin tedavisi, beslenme planlanmasından sonra egzersiz tedavinin üçüncü bileşenidir. Düzenli yapılan egzersizin kan şekerini dengede tutmaya yardımcı olduğu, dolayısıyla iyi metabolik kontrole katkıda bulunduğu ve kronik komplikasyonların görülme riskini belirgin olarak azalttığı gösterilmiştir (Türkiye Fiziksel Aktivite Rehberi, 2014, s.26).

Diyabetli bireylerde egzersiz kan glukoz konsantrasyonları üzerine farklı etkilere sahip olduğu için aerobik ve anaerobik egzersiz şeklinde planlanabilir. Aerobik aktivitelerde kan glukozu hem egzersiz sırasında hem de sonrasında düşmeye eğilimlidir. Anaerobik aktiviteler ise daha kısa sürelidir. Ancak kan glukoz seviyelerinde geçici şekilde ani yükseklikler oluşturabilir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2015, s.55).

Düzenli egzersiz, diyabetli çocuğun bakımının ayrılmaz bir parçasıdır. Besin gereksinimleri ve insülin dozu düzenli yapılan egzersiz üzerine kurulur. Diyabetli çocuklar her çeşit egzersizi rahatlıkla yapabilirler. Ancak egzersiz sırasında ve izleyen saatlerde hipoglisemi oluşuyorsa ek kalori almak veya insülin dozunu azaltmak gerekir. Çocuğun egzersiz öncesi ve sonrası kan şekerinin bilinmesi yararlıdır. Egzersiz zamanı insülin etkisinin maksimum olduğu zamana

rastlatılmamalı ve çocuğun yanında glikoz tableti, şeker ya da şekerli içecekler bulunmalıdır. Çocukların aktiviteleri genellikle plansız olduğu için egzersiz sırasında diyetin desteklenmesi kontrolün sağlanmasında en iyi yoldur. Uzun süreli egzersizler hipoglisemi için hem egzersiz sonrası hem de egzersiz süresince büyük risk taşır. Besin gereksinimleri ve insülin dozu düzenli yapılan egzersiz üzerine kurulur (İnal ve Erdim, 2005).

Diyabetes Mellitus (DM), insülinin gerçek ya da fonksiyonel eksikliği sonucu ortaya çıkan, karbonhidrat, protein ve yağ metabolizmasının bozukluğu ile karakterize bir hastalık olarak tanımlanmaktadır. Çocukluk çağının en sık rastlanan kronik hastalıkları arasında yer alan DM, yaşam biçimi değişiklikleri gerektiren, uzun dönemde vücudun çeşitli organ ve sistemlerinde hasarlara ve fonksiyon kayıplarına yol açarak bireyin yaşam kalitesini azaltan, yüksek tedavi harcamaları ve iş gücü kaybı nedeniyle bireyi, aile ve toplumu etkileyen önemli bir sağlık sorunudur (Boztepe 2012; Mortensen ve ark., 1998)

#### Fiziksel Aktivite

Fiziksel aktivite Herkesin düzenli aerobik aktiviteye ihtiyacı vardır. Özellikle çocuklarda fiziksel aktivite, şekeri enerji için kullanıldığı hücrelerinize taşıyarak kan şekeri seviyenizi düşürür. Fiziksel aktivite aynı zamanda çocukların vücudunu insüline karşı daha duyarlı hale getirir. Bu da vücudun şekeri hücrelerinize taşımak için daha az insüline ihtiyacı olduğu anlamına gelmektedir (Conk, 2013; Hakime Noğay ve Köksal, 2012)

## 2. YÖNTEM

Bu çalışma için bilimsel veri tabanlarında (Google Scholar, Google Academy, Scopus vb.) yayınlanmış makaleler taranmıştır.

## 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kronik hastalıklar ciddi ve süreğen hastalıklardır. Bireyler alışılmış, güvenli, gündelik yaşamlarını tehdit altında hissedilebilirler. Bu hastalıklar aynı zamanda kişinin yaşamının her aşamasını planlamasını gerektirmektedir. Ek olarak, kronik hastalıklar bireyin ailesi ve sosyal çevresi için de dikkate alınması gereken durumlara yol açmaktadır. Çocukluk dönemine özgü pek çok kronik hastalık bulunmaktadır. Diyabet de bu dönemde yaygın olarak karşımıza çıkan bir hastalık olmaktadır. Çocukların hastalığa verdiği tepkiler ve hastalıktan etkilenme düzeyleri yaşlarına, cinsiyetlerine, hastalığın durumuna, ailenin ve sosyal çevrenin tutumuna göre farklılaşmaktadır. Ailelerin de hastalığın ilk ortaya çıktığı andan itibaren bilgilendirmeye, psiko

sosyal desteğe ve kaynaklara ulaşma konusunda bilgiye ihtiyaçları bulunmaktadır. Sosyal hizmet uzmanı, hastanede ve/veya başka kurumlarda kronik hastalığa sahip birey ve ailelerle karşılaşabilmektedir. Her iki durumda da bireyin ve ailenin problem çözme becerilerini arttırmak, psiko-sosyal destek sağlamak ve ihtiyaç duyulan kaynaklarla buluşmaları için yardımcı olmak önemli işlevler olarak karşımıza çıkmaktadır. Son olarak, kronik hastalıkların tüm dünyada hızla arttığı ve hastalığın tedavisinden önce önlenmesi için gerekli önlemlerin alınmasının daha elzemdir. Bu nedenle sosyal hizmetin koruyucu önleyici işlevi hastalıkların önlenmesinde etkili olacaktır.

#### 4. KAYNAKÇA

- 1-Türk Dil Kurumu (TDK). (2019). <http://www.tdk.gov.tr>
- 2-T.C. Sağlık Bakanlığı (2015). Çocukluk Çağı Diyabeti Eğitimci Rehberi. [https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayatdb/ Diyabet/diyabet-rehberleri/Cocukluk-Cagi-Diyabeti-Egitimci-Rehberi.pdf](https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayatdb/Diyabet/diyabet-rehberleri/Cocukluk-Cagi-Diyabeti-Egitimci-Rehberi.pdf) E. T. 20.02.2019
- 3-Çağlak-Sarı, S. (2005). Okul Öncesi Dönemde Hareket Gelişimi ve Eğitimi. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi, 6, 62.
- 4-Sezer, H. N. ve Alpgan, Ö. (2017). Psikiyatri Kliniğine Başvuran 06-72 Aylık Çocukların ve Ailelerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi, Uluslararası Katılımlı Çocuk Gelişimi ve Nörolojisi Sempozyumu Sağlıklı Gelişim İçin Harekete Geçin 29-30 Nisan 2017 1, Syf.26-35)
- 5-Meydanlıoğlu, A. (2015). Çocuklarda Fiziksel Aktivitenin Biyopsikososyal Yararları. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 7(2), 125-135.
- 6-Türkiye Fiziksel Aktivite Rehberi (2014). Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Sağlık Bakanlığı Yayın No:940, Ankara.
- 7-İnal, S. ve Erdim, L. (2005). Çocuklarda Diyabet Yönetimi. Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 8(2), 105-116.
- 8-Boztepe H. (2012). Tip 1 Diyabetin Yönetiminde Riskli Bir Dönem: Ergenlik, Hacetepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Hemşirelik Dergisi; 82-9.

9-Mortensen H B, Robertson K J, Aanstoot H J, Danne T, Holl R W, Hougaard P. (1998):  
Insulin management and metabolic control of type1 diabetes mellitus in child hood and  
adolescence in 18 countries. Diabetic Medicine; 15(9): 752-9.



## ERTELEME DAVRANIŞI

**Yüksek lisan öğr. Esmā GÜLHAS**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[Esmagulhas96@gmail.com](mailto:Esmagulhas96@gmail.com) 0009-0006-3198-2854

**Prof. Dr. Süreyya Yonca SEZER**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[Sureyyayoncasezer@munzur.edu.tr](mailto:Sureyyayoncasezer@munzur.edu.tr) 0000-0003-3945-095X

**Doç. Dr. Mustafa KIZILKOCA**

Munzur Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

[mkizilkoca@munzur.edu.tr](mailto:mkizilkoca@munzur.edu.tr) 0001-0003-3636-6971

## ÖZET

Gündelik hayatımızda erteleme Türkçede ‘sonraya bırakma, tehir veya tecil etmek’ anlamına gelmektedir (TDK, 2011: 813). İngilizcede ise erteleme ‘işleri geciktirme veya sonraya bırakma davranışı’ anlamlarına gelmektedir (Stevenson, 2013). Akademik alanda ise erteleme kelimesi sözlük anlamından ve günlük konuşma dilinde ki anlamlarından farklılaşarak kullanılmaktadır. Örneğin Tuckman (1991:474), erteleme eylemini ‘öz performans düzenleme yokluğu’ ya da “bireyin kendi isteğiyle görevi yerine getirmeyi geciktirme veya görevden tamamen kaçınma eğilimi” şeklinde tanımlamaktadır (akt: Kennedy & Tuckman, 2013: 438). Başka bir tanımda ise, erteleme eylemi kötü zaman yönetimi veya tembelleşmenin aksine bireyin güdülenme eksikliğinden dolayı verilen görevi zamanında yerine getirmemesidir (Senecal, Koestner & Vallerand, 1995). Yapılan tanımlarda da görüldüğu gibi erteleme eylemi kötü zaman yönetimi ve motivasyonla ilişkilendirilir. Araştırmacılar erteleme eylemini üç boyutta ele almıştır. Bunlar; bilişsel, duyuşsal ve davranışsal eylemleridir. Erteleme eyleminin bilişsel boyutu, görev ve davranış arasında bir çelişkinin olmasıdır. Davranışsal boyutta ise verilen görevin süresini alışkanlık olarak ertelemek oyalanmak ve geciktirmektir (Çakıcı, 2003;7). Duyuşsal boyutta ise bireyin erteleme eyleminden sonra meydana gelen olumsuzluğa verdiği tepki olarak ifade

edilir (Binder, 2000). Tanımlara bakacak olursak erteleme eylemi sınıflandırılmasında da bir çelişki mevcuttur.

**ANAHTAR KELİMELER;** erteleme davranışı, motivasyon, zaman

## **PROCRASTINATION BEHAVIOR**

### **Abstract**

Our daily lives, procrastination means ‘to postpone, delay or postpone’ in Turkish (TDK, 2011: 813). In English, procrastination means ‘the behavior of delaying or putting things off’ (Stevenson, 2013). In the academic field, the word procrastination is used differently from its dictionary meaning and its meaning in daily language. For example, Tuckman (1991: 474) defines the act of procrastination as ‘lack of self-performance regulation’ or “the tendency of an individual to delay or avoid performing a task at will” (cited in: Kennedy & Tuckman, 2013: 438). In another definition, procrastination is the failure of an individual to complete a given task on time due to lack of motivation, as opposed to poor time management or being lazy (Senecal, Koestner & Vallerand, 1995). As can be seen in the definitions, procrastination is associated with poor time management and motivation. Researchers have addressed the act of procrastination in three dimensions. These are; cognitive, affective and behavioral actions. The cognitive dimension of the act of procrastination is that there is a contradiction between the task and the behavior. In the behavioral dimension, it is habitually postponing the duration of the given task, stalling and delaying (Çakıcı, 2003;7). In the affective dimension, it is expressed as the reaction of the individual to the negativity that occurs after the act of procrastination (Binder, 2000). When we look at the definitions, there is also a contradiction in the classification of the act of procrastination.

Keywords: procrastination behavior, motivation, time

## **1.GİRİŞ**

Erteleme davranışı, yerine getirilmesi gereken iş veya görevlerin geçerli olmayan sebeplerle ileri atılması (Lay, 1986), ya da kısa sürede elde edilecek başarının, uzun süreye bırakılıp elde edilmesidir. (Roberts, 1997). Gündelik hayatın önemli bir yerine sahip olan bu davranış bireylerin yapmış oldukları planlar ile bu planlara uyma konusunda bir tutarsızlık olduğu gözlemlenmektedir. Bu davranışa sahip bireylerde, çalışma projelerine hızlı bir şekilde başlarlar fakat devam ettirme konusunda gereken çabayı göstermede zorlanmaktadırlar.

Erteleme davranışı gösteren bireylere bakıldığında, erteleme eylemi içerisinde, ertelemeye iki tür tutum ve davranışı vardır. Bunlar; erteleme davranışı sonucundan kaçmak ve davranışı telafi etmek için çaba göstermektir (Farran, 2004). Farran'a (2004) göre, erteleme eyleminden kaçınmak, bir şeyi ya da kişiyi suçlamakla olur. Özellikle performansın önemli olduğu kültürlerde bireyin zamanı nasıl yönettiği önemlidir. Ertelemeye ait bilimsel çalışmalar incelendiğinde akademik erteleme boyutuna ait çalışmaların diğer boyutlara göre fazla olduğu gözlemlenmiştir (Hill, Hill, Chabot ve Barral, 1978; Kachgal, Hansen ve Nutter, 2001; Schouwenberg, 1995; Solomon ve Rothblum, 1984). Solomon ve Rothblum (1984) akademik erteleme eğilimini, ev ödevlerinin, sınavlara hazırlanmanın ya da dönem sonunda teslim edilecek ödevlerin son dakikada yapılması olarak tanımlamaktadırlar.

Rothblum, Solomon ve Murakami (1986) akademik ertelemeyi, akademik görevlerin daimi ve bazen gecikme eğilimi sonucunda kaygı yaşama durumu olarak tanımlamışlardır. Akademik görevlerin ertelenmesi; ev ödevleri, sınavlara hazırlık veya dönem sonu ödevlerinin son dakikada yapılması olarak tanımlanmıştır. Genele bakacak olursak gündelik işlerin ertelenmesi konusu yetişkinler arasında daha çok yaygınlık gösterdiği kanaatine varılmıştır (Harriott ve Ferrari, 1986). Özel alan türüne giren erteleme davranışı; üniversite öğrencileri arasında yaygın bir sorun olarak görülmektedir. (Aydoğan, 2008; Balkıs, 2006; Ellis ve Knaus, 1977; Hill, Chabot ve Barrall, 1978; Howell ve Watson, 2007; Pfeister, 2002).

Hayatımızın her noktasını etkileyen erteleme davranışına ilişkin yapılan çalışmalarda ertelemenin pek çok sebepleri olduğu görülmektedir (Ferrari, Driscoll ve Diaz-Morales, 2007; Fritzsche, Young ve Hickson, 2003; Milgram, Tal ve Levinson, 1998; Morales, Cohen ve Ferrari, 2008). Akademik erteleme davranışlarının sebeplerinin çok boyutlu olduğu görülmektedir. Kişilik, motivasyon, benlik, öz-yeterlik, zaman yönetimi gibi pek çok faktörün olduğu görülmektedir. Kişilik faktörü ile erteleme davranışının arasında önemli bir ilişki olduğu görülmektedir. Erteleme eğilimi ile kişiliğin sorumluluk davranışı arasında ilişki üzerine odaklandığı görülmektedir. (McCown, Petzel ve Rupert., 1987; Lay, Kovacs ve Danto,

1998; Lee, Kelly ve Edwards, 2006; Johnson ve Bloom, 1995; Moon ve İllingworth, 2005; Watson, 2001 ). McCown, Petzel ve Rupert (1987), erteleme eğilimi ile kişiliğin dışadönüklük boyutu arasında anlamlı pozitif ilişkiler bulmuşlardır. Lee ve arkadaşları (2006), erteleme eğilimi ile kişiliğin sorumluluk boyutu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yapılan analizlerde, erteleme eğilimi ile kişiliğin sorumluluk boyutu arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu bulgular erteleme eğiliminin kişiliğin sorumluluk boyutundan etkilendiği varsayımını destekler niteliktedir. Kişilik özelliklerine ilişkin yapılan çalışmalar beş faktör yaklaşımıyla sınırlı değildir. Yapılan araştırmalar mükemmeliyetçiliğin de önemli bir kişilik özelliği olduğunu göstermektedir (Ferrari, 1992; Martin ve diğ., 1996; Walsh ve Ugumba-Agwunobi, 2002).

Mükemmeliyetçilik, kişinin standartlarını ortaya koyarak davranışlarını sert bir biçimde değerlendirilmesi olarak tanımlanır (HShafran ve Mansell, 2001; akt: Kobori ve Tanno, 2005). Ferrari (1992), erteleme davranışıyla mükemmeliyetçi kişilik özellikleri arasındaki çalışmada, erteleme davranışı yüksek olan bireylerde mükemmeliyetçi kişilik özelliğine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Benzer şekilde, Martin vd.'nin (1996), erteleme davranışı ile çok boyutlu mükemmeliyetçilik ölçeğinin alt boyutları arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında, erteleme davranışının mükemmeliyetçi kişilik alt boyutları arasında farklı derecelerde anlamlı ilişkiler bulmuşlardır. Yaptığımız araştırmada dolaylı veya doğrudan etkisi olabilecek başarı değişkeni, literatür incelendiğinde erteleme davranışıyla arasında ilişki kurulduğu görülmektedir (Howell ve Watson, 2007; McGregor ve Eliot, 2002; Pintrich, 2000; Wolters, 2003). İlgili literatür, başarı yöneliminin boyutlarının bazılarının erteleme davranışı ile negatif bazı boyutlarının da pozitif yönlü ilişkili olduğunu belirtmektedir. Secher ve Osterman (2002)'nin yapmış olduğu bir çalışmada, erteleme davranışı ile öğrenme başarı yönelimi arasında negatif yönlü bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Howell ve Watson (2007)'nin üniversite öğrencileri üzerinde yaptığı bir çalışmada, öğrenme yaklaşma yöneliminin erteleme davranışı ile negatif yönlü bir ilişki olduğu, öğrenme kaçınma ile pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Araştırmada önemli bir değişken de benlik saygısıdır. Rossenberg'in (1965) benlik saygısı ile ilişkili kuramsal açıklamaları ile tutarlı olarak, birçok akademik erteleme eğilimi çalışmada, erteleme eğilimi ile benlik saygısı arasında anlamlı negatif ilişkiler bulunmuştur (Solomon ve Rothblum, 1984). Yine, yetişkinler üzerinde yapılan çalışmalarda da, genel erteleme eğilimi ile benlik saygısı arasında anlamlı negatif ilişkiler olduğu belirlenmiştir (Ferrari, 1992; Ferrari ve Patel, 2004; Ferrari vd. 2007). Aydoğan (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, benlik saygısının, akademik ertelemenin bir

yordayıcı durumunda olduğu bulunmuştur. Konu ile ilgili bir diğer çalışmada, Ferrari (1992) erteleme eğilimleri yüksek bireyler ile erteleme eğilimleri düşük bireyleri karşılaştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, erteleme eğilimi yüksek bireylerin bilişsel yeterlilikleri hakkındaki benlikle ilgili olabilecek bilgiyi algılamadan kaçındıkları görülmüştür. Akademik ertelemeyi yordayan önemli bir değişken de akademik özyeterliliktir.

Literatür incelendiğinde erteleme davranışının özyeterlilik ve akademik özyeterlilik düşüncesiyle olan ilişkisini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur (Farran, 2004; Klassen, Krawchuk ve Rajani, 2008; Pfister, 2002, Sirios, 2004). Klassen, Krawchuk ve Rajani (2007), Pfister (2002), Sirios (2004) ve pek çok araştırmacının, erteleme ve akademik ertelemeyle arasındaki ilişki, erteleme davranışı ile özyeterlilik inançları arasında negatif yönlü ilişki ortaya çıkmıştır. erteleme davranışının sebeplerine bakıldığında, kişinin zaman yönetimi, özyeterlilik, göreve ilişkin rahatsızlık duygusu, kişisel özellikler (sorumluluk, mükemmeliyetçilik, vb), irrasyonel düşünceler, konsantrasyon güçlüğü, başarısızlık korkusu, başarı amaçların oryante etmede yetersizlik, düşük benlik saygısı, kaygı, gerçekçi olmayan beklentiler, çalışma alışkanları bireylerin en temel erteleme nedenlerini oluşturmaktadır (Aydoğan, 2008; Balkıs, 2006; Ferrari, Driscoll ve Diaz-Morales, 2007; Howell ve Watson, 2007; Pfeister, 2002; Watson, 2001).

Akademik erteleme davranışını açıklayan çalışmalara bakıldığında, kişilik özelliklerinin, başarı yönelimlerinin, öz-yeterlilik inancının, benlik saygısı, önemli değişkenler olduğu belirtilmektedir. Fakat bu değişkenlerin, akademik erteleme davranışını birlikte, doğrudan ve dolaylı ilişkiler bağlamında bir regresyon modeli çerçevesinde ne kadar yordadığına ilişkin çalışmalara rastlanmamıştır. Araştırmada bu bağlamda, sorumluluk, mükemmeliyetçilik gibi kişilik özelliklerinin, öğrenme yaklaşma ve öğrenme kaçınma gibi başarı yönelimlerinin, öz yeterlilik inancının ve benlik saygısının, akademik ertelemeyi ne kadar açıkladığına ilişkin bir regresyon modeli test edilmiştir.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışma için bilimsel veri tabanlarında (Google Scholar, Google Academy, Scopus vb.) yayınlanmış makaleler taranmıştır.

## 3.SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonucunda, öğrencilerin akademik erteleme davranışı, kişilik özellikleri, başarı amaçları, akademik öz yeterlilik inancı ve benlik saygısı ile birlikte açıklanabildiği

görülmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında öğrencilerin akademik erteleme yapmasını, kişilik, başarı amaçları, benlik saygısı ve öz yeterlik inanç değişkenleri, neden-sonuç ilişkisi ile açıklandığını görmek mümkündür. Buna göre, öğrencilerin akademik erteleme davranışlarının azaltılmasına, sebeplerin ortadan kaldırılması katkı sağlayabilir. Bundan dolayı, öğrencilere, öğretmenlere, ailelere ve diğer eğitim paydaşlarına, neden-sonuç kapsamında farkındalık kazandırılması, paydaşların akademik ertelemeyi daha iyi anlamalarına ve öğrencilerin akademik erteleme davranışını azaltmalarına katkı saylayabilir. Araştırmada sorumluluk, mükemmeliyetçilik düzen ve mükemmeliyetçilik ailesel eleştiri kişilik özelliklerinin, öğrencilerin akademik erteleme davranış sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda düşünüldüğünde, üniversite ortamlarında, öğrencileri akademik anlamda geliştirmenin yanında, sorumluluk, düzenli olma gibi kişilik özelliklerinin de geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

#### 4.KAYNAKÇA

- 1-Stevenson, A. (2013). Oxford Dictionary of English. (3. Baskı )  
[http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199571123.01.0001/m\\_en\\_gb0988120?rskey=MP0X8Q&result=3](http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199571123.01.0001/m_en_gb0988120?rskey=MP0X8Q&result=3) Erşim tarihi:10.12.2014
- 2-Kennedy, G. J & Tuckman, B. W. (2013). An Exploration into the İnfluence of Academic and Social Values, Procrastination, and Perceived School Belongingness on Academic Performance. *Social Psychology Education*, 16, 435-470. DOI 10.1007/s11218-013-9220-z
- 3-Senecal, C., Koestner, R., & Vallerand, R. J. (1995). Self-regulation and academic procrastination. *The Journal of Social Psychology*, 135(5), 607-619.
- 4-Çakıcı, D. C. (2003). Lise ve Üniversite Öğrencilerinde Genel Erteleme ve Akademik Erteleme Davranışının İncelenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.
- 5-Binder, K. (2000). The Effect of an Academic Procrastination Treatment on Student Procrastination and Subjective Well-Being. (Unpublished MA). Carleton University, Canada.
- 5-Lay, C. H. (1986). At last, my research article on procrastination. *Journal of Research in Personality*, 20, 474-495.
- 6-Roberts, M.S. (1997). Yaşamı ertelemeyin. (Çev. Levent Kartal). İstanbul: Mavi Okyanus Yayıncılık.

- 7-Farran, B. (2004). Predictors of academic procrastination in college students. Unpublished Doctoral Dissertation. Fordham University. ABD, New York.
- 8-Hill, M., Hill, D., Chabot, A., & Barral, J. (1978). A survey of college faculty and student procrastination. *College Students Personal Journal*, 12, 256-262.
- 9-Kachgal, M. M., Hansen, S., & Nutter, J. (2001). Academic procrastination prevention/intervention: Strategies and recommendations. *Journal of Developmental Education*, 25, 1, 14-24
- 10-Schouwenburg, H. C. (1995). Procrastination and personality: An empirical study among university students. *Personality and Individual Differences*, 18, 127-133.
- 11-Solomon, L. J., & Rothblum, E. D. (1984). Academic procrastination: Frequency and cognitive-behavioral correlates. *Journal of Counseling Psychology*, 31, 503-509.
- 12-Harriot, J., & Ferrari, J. R. (1996). Prevalence of procrastination among samples of adults. *Psychological Reports*, 78, 611-616.
- 13-Aydoğan, D. (2008). Akademik erteleme davranışlarının benlik saygısı, durumluluk kaygı ve öz-yeterlik ile açıklanabilirliği. Unpublished master's thesis, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 14-Ellis, A., & Knaus, W. J. (1977). *Overcoming procrastination*. New York: Signet Books.
- 15-Ferrari, J., Driscoll, M., & Diaz-Morales, J. F. (2007). Examining the self of chronic procrastinators: Actual, ought and undesired attributes. *Personality and Individual Differences*, 5(2), 115–123.
- 16-Fritzsche, B., Young, B., & Hickson, K. (2003). Individual differences in academic procrastination tendency and writing success. *Personality and Individual Differences*, 35, 1549–1557.
- 17-Milgram, N, Mey-Tal, G., & Levison, Y. (1998). Procrastination, generalized or specific, in college students and their parents. *Personality and Individual Differences*, 25, 297-3 16.
- 18-Morales, J. F., Cohen, J., & Ferrari, J. (2008) An integrated view of personality styles related to avoidant procrastination. *Personality and Individual Differences*, 45, 554–558.

- 19-McCown, W., Petzel, T., & Rupert, P. (1987). An experimental study of some hypothesized behaviors and personality variables of college student procrastinators. *Personality and Individual Differences*, 8, 781-786.
- 20-Lay, C., Kovacs, A., & Danto, D. (1998 ). The relation of trait procrastination to the big-five factor conscientiousness: an assessment with primary-junior school children based on self-report scales. *Personality and Individual Differences*, 25, 187-193
- 21-Lee, D., Kelly, K., & Edwards, J. (2006). A closer look at the relationships among trait procrastination, neuroticism, and conscientiousness, *Personality and Individual Differences*, 40, 27–37.
- 22-Moon, S., & Illingworth, A., (2005). Exploring the dynamic nature of procrastination: A latent growth curve analysis of academic procrastination. *Personality and Individual Differences*, 38, 297–309.
- 23-Ferrari, J. R. (1992). Procrastinators and perfect behavior: An exploratory factor analysis of selfpresentation, self-awareness, and selfhandicapping components. *Journal of Research in Personality*, 26, 75-84
- 24-Martin, T. R., Flett, G. L., Hewitt, P. L., Krames, L., & Szanto, G. (1996). Personality correlates of depression and health symptoms: A test of a self- regulation model. *Journal of Research in Personality*, 30(2), 264-277.
- 25-Walsh, J., & Ugumba-Agwunobi, G., ( 2002). Individual differences in statistics anxiety: the roles of perfectionism, procrastination and trait anxiety. *Personality and Individual Differences*, 33, 239–251.
- 26-Kobori, O., & Tanno, Y. (2005). Self-oriented perfectionism and its relationship to positive and negative affect: The mediation of positive and negative perfectionism cognitions. *Cognitive Therapy and Research*, 29, 5, 555–567.
- 27-Howell, A., & Watson, D. C. ( 2007 ). Procrastination: Associations with achievement goal orientation and learning strategies. *Personality and Individual Differences*, 43, 167–178
- 28-McGregor, H. A., & Elliot, A. J. (2002). Achievement goals as predictors of achievement-relevant processes prior to task engagement. *Journal of Educational Psychology*, 94, 381–395.
- 29-Pintrich, P. R.(2000). An achievement goals theory perspective on issues in motivation terminology, theory and research. *Contemporary Education Psychology*, 25, 92-104.



- 30-Wolters, C. A. (2003). Understanding procrastination from a self-regulated learning perspective. *Journal of Educational Psychology*, 95, 179–187.
- 31-Scher, S. J., & Osterman, N. M. (2002). Procrastination, conscientiousness, anxiety, and goals: exploring the measurement and correlates of procrastination among school-aged children. *Psychology in the Schools*, 39, 385–398.
- 32-Klassen, R., Krawchuk, L., & Rajani, S. (2008). Academic procrastination of undergraduates: Low self-efficacy to self-regulate predicts higher levels of procrastination. *Contemporary Educational Psychology*, 33, 915–931.
- 33-Pfister, T. (2002). The Effect of Self-Monitoring on academic Procrastination, Self Efficacy and Achievement. The Florida State University College of Education. ABD, Florida.
- 34-Sirois, F. (2004 ). Procrastination and intentions to perform health behaviors: The role of self-efficacy and the consideration of future consequences. *Personality and Individual Differences*, 37, 115–128
- 35-Balkıs, M. (2006). Öğretmen adaylarının davranışlarındaki erteleme eğiliminin, karar verme tarzları ile ilişkisi. Unpublished doctorate dissertation, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- 36-Pfister, T. (2002). The Effect of Self-Monitoring on academic Procrastination, Self Efficacy and Achievement. The Florida State University College of Education. ABD, Florida.
- 37-Watson, D. C. (2001). Procrastination and the five-factor model: A facet level analysis. *Personality and Individual Differences*, 30 (1) 149-158.

## A FINITE DIFFERENCE APPROACH TO TIME FRACTIONAL ALLEN CAHN EQUATION

**Assoc. Prof., Berat Karaagac**

Adiyaman University,

bkaraagac@adiyaman.edu.tr- 0000-0002-6020-3243

### ABSTRACT

This paper aims to analyze the finite difference approach for the time-fractional Allen-Cahn equation, where the conventional first order time derivative is replaced by a Caputo fractional derivative with the order  $\alpha \in (0,1)$ . The proposed scheme is based on  $L1$  discretization for the time-fractional derivative and the Crank Nicolson approach for spatial derivatives. Using the scheme, numerical solutions of the time-fractional Allen-Cahn equation are carried out. Findings and graphical behaviour of the equation are presents via Tables and simulations, respectively. Thus, the calculated error norms support the efficiency of the method.

**Keywords:** Time Fractional Allen Cahn Equation, Finite difference method, Numerical Solutions.

### 1. INTRODUCTION

Fractional-order partial differential equations are essential tools in modeling and analyzing phenomena encountered in nature, which are encountered in many areas of mathematics and engineering. In the most general sense, fractional order in partial differential equations refers to the generalization of classical order equations to arbitrary or complex orders. This allows for richer and more flexible modeling capabilities in various application areas where fractional derivatives naturally arise. To gain knowledge about the behavior of phenomena observed in nature and to make predictions, it has become necessary to investigate the solutions of fractional-order or classical-order differential equations that model these phenomena. Therefore, developing methods to obtain solutions and focusing on the applications of these methods has become a significant focus for researchers and engineers. The methods used in the investigating for solutions of partial differential equations can be classified as analytical methods, numerical methods and hybrid methods [1-4]. This paper focuses on investigating numerical solutions of time fractional Allen Cahn equation in Caputo sense given as

$$D_t^\alpha \phi - \phi_{xx} + \phi^3 - \phi = f(x, t). \quad (1)$$

The Fractional Allen Cahn equation (FCAE) arises in mathematical modeling of phase separation in alloys of iron [5]. The literature contains a wealth of literature on analytical and numerical solutions for time fractional Allen Cahn equation, some of them are: Fatima et al. [6] have solved the time-fractional Allen-Cahn equation using extended cubic B-spline (ExCBS) functions, a novel second derivative approximation, and the finite difference approach. Yuan et al. [7] have studied the long-term discrete dynamics of the 2D time-fractional Allen-Cahn equation with double well potential. In [8], Lee et al. have developed a compact system for the

Allen-Cahn equation in one, two, and three dimensions that is explicit and correct to the fourth order. In this study, the finite difference method is used to obtain numerical solutions of the fractional order Allen-Cahn equation. The  $L1$  algorithm is used to analyse the fractional derivative with respect to time and the Crank-Nicolson approach for the derivatives with respect to position. For the nonlinear term in the equation, the Rubin-Graves technique is used for linearisation and a system of linear algebraic equations is obtained at the end of these operations. The results for the numerical solutions obtained by solving the system of algebraic equations are presented in tables and graphs.

## 2. APPLICATION OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD TO THE FRACTIONAL ALLEN CAHN EQUATION

In this section, the application of the finite difference method to time fractional Allen Cahn equation is going to present. Let us rewritten the time fractional Allen Cahn equation (FCAE) with its boundary and initial conditions

$$\begin{aligned} {}^C D_t^\alpha \phi - \phi_{xx} + \phi^3 - \phi &= f(x, t) \\ \phi(a, t) = \phi_1, \phi(b, t) &= \phi_2 \quad a \leq x \leq b, \\ \phi(x, t_0) &= g(x) \quad T > 0 \end{aligned} \quad (2)$$

where  ${}^C D_t^\alpha$  symbolize the fractional order derivative in Caputo sense and  $f(x, t)$  and  $g(x)$  are a known functions.  $\phi(x, t)$  is an unknown function,  $[a, b]$  is computational space domain,  $t_0$  is initial time,  $T$  is final time of the solution process. First of all, the domain  $[a, b]$  and  $[t_0, T]$  are divided into  $N$  and  $M$  grids where the grid points are  $\{x_i\}_{i=0}^N$  and  $\{t_n\}_{n=t_0}^T$ , respectively. When we define the step sizes for space and time, we get

$$\begin{aligned} \Delta x = h &= x_{i+1} - x_i \\ \Delta t = k &= t_{n+1} - t_n. \end{aligned}$$

Thus; the value of unknown function  $\phi(x, t)$  at nodal points  $(i, n)$  can symbolize as  $\phi(x_i, t_n) = \phi_i^n$ . Then, the time fractional equation is going to discretizate, for this purpose, we are going to use  $L1$  algorithm given follows [9];

$${}^C D_t^\alpha \phi = \frac{(\Delta t)^{-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} \sum_{k=0}^{n-1} b_k^\alpha (\phi^{n-k} - \phi^{n-k-1}) \quad (3)$$

where  $b_k^\alpha = (k+1)^{1-\alpha} - k^{1-\alpha}$ . When we apply (3) and crank Nicolson approach to the equation given in (2) it yields;

$$\frac{(\Delta t)^{-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} \sum_{k=0}^{n-1} b_k^\alpha (\phi^{n-k} - \phi^{n-k-1}) - \frac{(\phi_{xx}^{n+1} + \phi_{xx}^n)}{2} + \frac{(\phi^3)^{n+1} + (\phi^3)^n}{2} - \frac{\phi^{n+1} + \phi^n}{2} = \frac{f(x, t_{n+1}) + f(x, t_n)}{2}.$$

Using central difference formula for  $\phi_{xx}$  we get

$$\begin{aligned} \frac{(\Delta t)^{-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} \sum_{k=0}^{n-1} b_k^\alpha (\phi^{n-k} - \phi^{n-k-1}) - \frac{(\phi_{i-1}^{n+1} - 2\phi_i^{n+1} + \phi_{i+1}^{n+1})}{2h^2} - \frac{(\phi_{i-1}^n - 2\phi_i^n + \phi_{i+1}^n)}{2h^2} \\ + \frac{(\phi^3)^{n+1} + (\phi^3)^n}{2} - \frac{\phi^{n+1} + \phi^n}{2} = \frac{f(x, t_{n+1}) + f(x, t_n)}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Rubin Graves linearization technique for  $(\phi^3)^{n+1}$  [10]

$$(\phi^3)^{n+1} = 3(\phi^2)^n \phi^{n+1} - 2(\phi^3)^n. \quad (5)$$

After substituting (5) into (4) and some arrangement, one can obtain the numerical scheme for time fractional Allen Cahn equation as follows

$$\begin{aligned} & \phi_{i-1}^{n+1}(-\bar{S}) + \phi_i^{n+1} \left( 1 + 2\bar{S} + \frac{S}{2} (3(\phi_i^2)^n - 1) \right) + \phi_{i+1}^{n+1}(-\bar{S}) \\ &= \phi_{i-1}^n(\bar{S}) + \phi_i^n \left( 1 - 2\bar{S} + \frac{S}{2} ((\phi_i^2)^n + 1) \right) + \phi_i^n(\bar{S}) \\ &+ \frac{S}{2} (f(x_i, t_{n+1}) + f(x_i, t_n)) - \sum_{k=1}^n b_k^\alpha (\phi^{n-k} - \phi^{n-k-1}), \quad i = 1, 2, \dots, N-1 \end{aligned} \quad (6)$$

where  $S = (\Delta t)^\alpha \Gamma(2 - \alpha)$  and  $\bar{S} = S/(2h^2)$ . It can be seen from the (6) that numerical scheme is a linear algebraic equation system for  $i = 1, 2, \dots, N-1$ . Thus, it can be solve using any method by iteratively. Additionally, for  $i = 0$  and  $N$ , the values of  $\phi_0$  and  $\phi_N$  are known from boundary conditions given in (2) as follows

$$\phi(x_0, t) = \phi(a, t) = \phi_1(t)$$

$$\phi(x_N, t) = \phi(b, t) = \phi_2(t).$$

If the initial condition is discretized, it yields with initial vector for iteration as follows

$$\phi(x_1, t_0) = g(x_1), \phi(x_2, t_0) = g(x_2), \dots, \phi(x_{N-1}, t_0) = g(x_{N-1}).$$

### 3. NUMERICAL EXPERIMENT

The section involves the application of the provided numerical scheme to discover the numerical solution of the time-fractional Allen Cahn equation. The computational results is going to tested using error norms as given:

$$\begin{aligned} L_2 &= \sum_{m=0}^N \sqrt{(\phi^{exact}(x_i, t_n) - \phi^{numerical}(x_i, t_n))^2} \quad (x, t) \in a, b] \times 0, T] \\ L_\infty &= \max_{0 \leq m \leq N} |\phi^{exact}(x_i, t_n) - \phi^{numerical}(x_i, t_n)| \end{aligned} \quad (7)$$

Let reconsider the time fractional Allen Cahn equation

$${}^C D_t^\alpha \phi - \phi_{xx} + \phi^3 - \phi = f(x, t) \quad (8)$$

where  $f(x, t) = x(x-1)t\Gamma(\alpha+2) + (x^2-x)^3 t^{3\alpha+3} - (x^2-x+2)t^{\alpha+1}$  and one can obtain boundary and initial conditions from exact solution  $\phi(x, t) = (x^2-x)^3 t^{\alpha+1}$ . We choose the domain as  $[0,1]$  and final time  $T = 1$ , the process begins with  $t_0 = 0$ . Of all thing, the error norms are demonstrated in Tables 1 for various values of fractional order  $\alpha$  and step size  $h$  for  $k = 0.001$ . In Table 2, we fixed step size  $h = 0.001$  and changed fractional order  $\alpha$  and temporal step size  $k$ . Numerical experiment shows that as it is expected the error norms decrease as the grid lengths decrease. In table 3, the error norms  $L_2$  and  $L_\infty$  are expounded for  $\alpha = 0.5$  and  $\alpha = 0.9$  at different times. It can be seen clearly the error norms are quite small and a reasonable increase in error norms is observed due to the round of errors with the process of time.

$h$	$\alpha = 0.2$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.9$	
	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$
<b>0.01</b>	1.01615226	1.43083340	1.22112539	1.71961764	0.76521665	1.07774964
<b>0.005</b>	1.01608963	1.43074800	1.22104824	1.71951228	0.76516660	1.07768112
<b>0.0025</b>	1.01607396	1.43072665	1.22102895	1.71948594	0.76515408	1.07766400
<b>0.00125</b>	1.01607006	1.43072131	1.22102413	1.71947935	0.76515096	1.07765972
<b>0.001</b>	1.01606959	1.43072067	1.22102355	1.71947856	0.76515058	1.07765920

Table 1: The error norms for different values of  $h$ ,  $\alpha$  and for  $k = 0.001$ . at  $T = 1$

$k$	$\alpha = 0.2$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.9$	
	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$	$L_2 \times 10^5$	$L_\infty \times 10^5$
<b>0.01</b>	10.0788611	14.1927357	11.3047615	15.9206724	4.92226053	6.93429943
<b>0.005</b>	5.05982131	7.12487160	5.84527116	8.23167625	2.90222069	4.08790025
<b>0.0025</b>	2.53589012	3.57080161	2.99128952	4.21245058	1.65857313	2.33603359
<b>0.00125</b>	1.26969587	1.78785277	1.52004328	2.14056892	0.92649709	1.30490756

Table 2: The error norms for different values of  $k$ ,  $\alpha$  and for  $h = 0.001$ . at  $T = 1$

$t$	$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.9$	
	$L_2$	$L_\infty$	$L_2$	$L_\infty$
<b>0.1</b>	9.75729003 $\times 10^{-6}$	$1.3739445 \times 10^{-5}$	$2.78539272 \times 10^{-6}$	$3.9144090 \times 10^{-6}$
<b>0.2</b>	1.08324367 $\times 10^{-5}$	$1.5257462 \times 10^{-5}$	$4.59997967 \times 10^{-6}$	$6.47561680 \times 10^{-6}$
<b>0.3</b>	1.13297738 $\times 10^{-5}$	$1.5959591 \times 10^{-5}$	$5.60883825 \times 10^{-6}$	$7.89967274 \times 10^{-6}$
<b>0.4</b>	1.16282596 $\times 10^{-5}$	$1.63807933 \times 10^{-5}$	$6.23305132 \times 10^{-6}$	$8.78057087 \times 10^{-6}$
<b>0.5</b>	1.18285431 $\times 10^{-5}$	$1.66631242 \times 10^{-5}$	$6.65761403 \times 10^{-6}$	$9.37947546 \times 10^{-6}$
<b>0.6</b>	1.19699220 $\times 10^{-5}$	$1.68620198 \times 10^{-5}$	$6.96752377 \times 10^{-6}$	$9.81636217 \times 10^{-6}$
<b>0.7</b>	1.20709503 $\times 10^{-5}$	$1.70036266 \times 10^{-5}$	$7.20457518 \times 10^{-6}$	$1.01501833 \times 10^{-5}$
<b>0.8</b>	1.21413995 $\times 10^{-5}$	$1.71016918 \times 10^{-5}$	$7.39058122 \times 10^{-6}$	$1.04116607 \times 10^{-5}$
<b>0.9</b>	1.21867612 $\times 10^{-5}$	$1.71639206 \times 10^{-5}$	$7.53739030 \times 10^{-6}$	$1.06174350 \times 10^{-5}$

Table 3: The error norms at different times

The exact and numerical solutions are presented graphically in Figure 1 for  $h = 0.025$  and  $k = 0.001$ ,  $\alpha = 0.9$  and  $x \in [0,1]$ . Three-dimensional plot of numerical solutions is shown in Figure 2. It can be seen from the Figure 1, with the small error norms, numerical and exact solutions are have same behaviour.

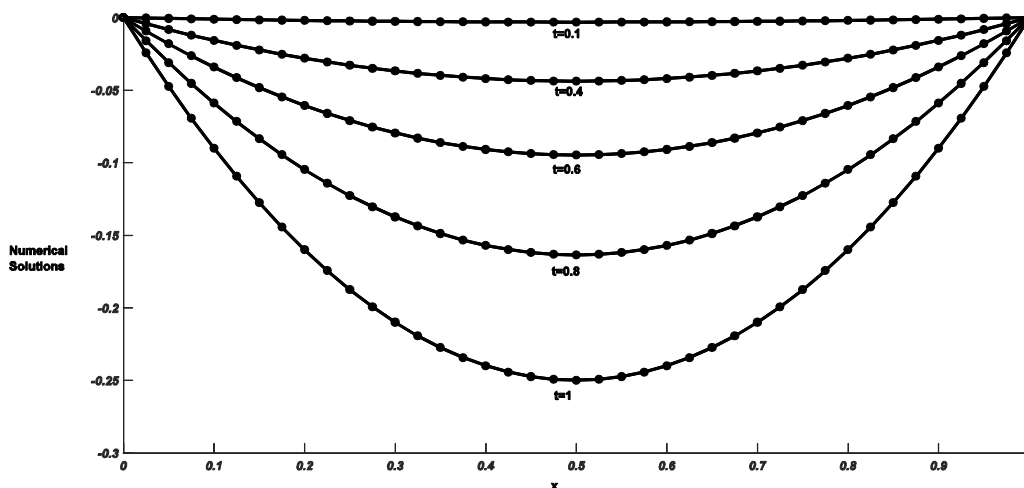


Figure 1: The numerical and exact solutions of Time Fractional Allen Cahn equation

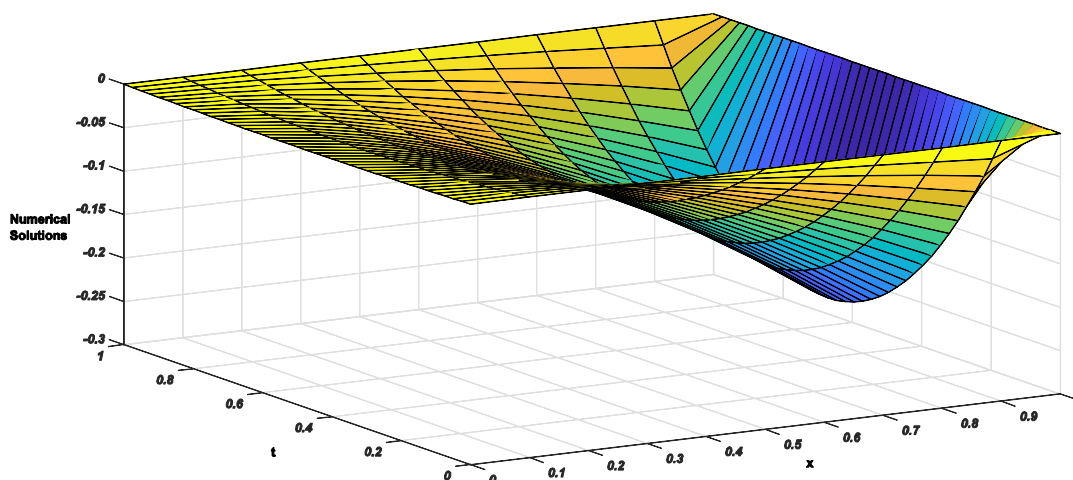


Figure 2: 3D graphs of the numerical solutions of Time Fractional Allen Cahn equation

#### 4. CONCLUSION

In this paper, time fractional Allen Cahn equation considered with Caputo derivative. For this purpose, Finite difference methods are used to obtain numerical solutions, while a numerical scheme is obtained using the Crank Nicolson approximation and the  $L1$  algorithm for the fractional order derivative. This numerical scheme forms a linear system of algebraic equations with the using Rubin graves linearization technique in the equation. Numerical solutions are obtained by solving the system and error norms are presented in tables as a result of comparison with the exact solution. The findings show that the approach is quite useful for numerically solving FPDEs with fractional operators.

## KAYNAKÇA

- [1] Evans G., Blackledge J., Yardley P., *Analytic methods for partial differential equations.* Springer Science & Business Media, 2012.
- [2] Gockenbach M.S., *Partial differential equations: analytical and numerical methods.*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2010.
- [3] Evans G., Blackledge J., Yardley P., *Numerical methods for partial differential equations.*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [4] Vichnevetsky R., *Hybrid methods for partial differential equations*, Simulation 16.4 : 169-180,1971.
- [5] Tariq H., Akram, G. New approach for exact solutions of time fractional Cahn--Allen equation and time fractional Phi-4 equation. Phys. A, Stat. Mech. Appl. 473, 352--362 ,2017.
- [6] Fatima M., Agarwal R.P., Abbas M., Mohammed P.O., Shafiq M., Chorfi N. Extension of cubic B-spline for solving the time-fractional Allen--Cahn equation in the context of mathematical physics. Computation 12.3 (2024): 51.
- [7] Yuan W , Zhang C. Long-term dynamics of a stabilized time-space discretization scheme for 2D time-fractional Allen--Cahn equation with double well potential." Journal of Computational and Applied Mathematics 448 : 115952,2024
- [8] Lee C., Ham S., Hwang Y., Kwak S., Kim J. An explicit fourth-order accurate compact method for the Allen-Cahn equation." AIMS Mathematics 9.1 : 735-762, 2024.
- [9] Lin, Y., Xu, C. Finite difference/spectral approximations for the time-fractional diffusion equation. J. Comput. Phys. 225(2), 1533—1552, 2007.
- [10] Rubin S. G., Graves R. A. A cubic spline approximation for problems in fluid mechanics, National aeronautics and space administration, Technical Report, Washington, 1975.

## A NEW OUTLOOK TO SHYNARAY-IIA EQUATION

**Assoc. Prof., Berat Karaagac**

Adiyaman University,

bkaraagac@adiyaman.edu.tr- 0000-0002-6020-3243

### ABSTRACT

This article proposes an outlook to the Shynaray-IIA equation characterizes phenomena like tidal waves and tsunamis. For this purpose, extended modified  $\exp(-f(\eta))$  function method are applied to the mentioned equation. For the view of extended modified  $\exp(-f(\eta))$  function method, first of all, the partial differential equation is converted to an ordinary differential equation by a wave transform. Secondly, using the a finite series solution, the concept of the solution is constructed. The twenty solutions of the sub equation of the method used are develop the new solutions of the Shynaray-IIA equation. At last, visually display obtained solutions, which correspond to varying coefficient values.

**Keywords:** Shynaray-IIA Equation, Extended modified  $\exp(-f(\eta))$  function method, Exact Solutions

### 1. INTRODUCTION

Partial differential equations are created to describe the mechanical behavior of objects, such as vibrating wires and blowing winds, and have since become a ubiquitous factor in the description and elucidation of problems in physics, economics and engineering, finance, epidemiology, mechanics, and many other fields [1, 2]. Solving partial differential equations is an area of research of great importance and essential for understanding the complex relationships between phenomena and the effects of variables in these fields. Although there are several common methods of solving partial differential equations (PDEs), analytical methods and numerical methods are among the most commonly used solution methods. While there are a number of commonly used techniques for solving partial differential equations (PDEs), analytical methods are particularly important. These approaches are useful in determining the basic PDEs underlying diverse physical and mathematical systems [3, 4].

Let us consider the Shynaray-IIA equation (S-IIAE) given as follow:

$$\begin{aligned} iu_t(x, t) + u_{xt} - i(u(x, t)v(x, t))_x &= 0, \\ iw_t(x, t) - w_{xt}(x, t) - i(v(x, t)w(x, t))_x &= 0, \\ v_x(x, t) - \frac{n^2}{m}(w(x, t)u(x, t))_t &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

In case  $w(x, t) = \varepsilon \bar{u}$ ,



The equation takes the form

$$\begin{aligned} iu_t(x, t) + u_{xt} - i(u(x, t)v(x, t))_x &= 0, \\ v_x(x, t) - \frac{\varepsilon n^2}{m} |u(x, t)|_t &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

here  $u(x, t)$ ,  $v(x, t)$  and  $w(x, t)$  are unknown variables. The equations given in (2) are nonlinear and coupled partial differential equations that emerge in diverse disciplines of engineering and science, such as optical cables and ferromagnetic substances, and represent processes like tides and tsunamis. In the literature, Tipu *et al.* [5] have examined the Shynaray-IIA equation (S-IIAE) utilizing the  $\Phi^6$  model expansion approach. In [6], the authors' major objective is to investigate of the Shynaray-IIA equation behavior by adopting the new extended direct algebraic approach and enhanced sardar sub-equation method. And, Khan *et al.* [7] have used the improved generalized Riccati equation mapping approach to examine the deep characteristics of the Shynaray-IIA equation. In this article, the novel exact solutions of Shynaray-IIA equation will be obtained. For this purpose, extended modified exp ( $f(\eta)$ ) function Method as known Khater method which is introduced and described in [8] and a comment on the method published in [9]. According to method, the partial differential equation is going to be converted to an ordinary differential equation using a travelling wave transformation. Then using an assumed solution which is involving the term of sub equation related with introduced method help to obtain a ordinary equation system. Solving the system yields to obtain coefficients of assumed solution. Thus; solutions of sub equation of the method and determined coefficients helps to achieve our aim.

## 2. A BRIEF DESCRIPTION OF THE METHOD

Assume that a nonlinear partial differential equation is given as following

$$Q(u, u_t, u_x, u_{tt}, u_{xx}, u_{xt}, \dots) = 0. \quad (3)$$

the equation given in (3) can be converted into following ordinary differential equation using a suitable travelling wave transformation,

$$\tilde{Q}(u, bu', au', b^2u'', a^2u'', abu'', \dots) = 0. \quad (4)$$

where  $a$  and  $b$  are representative coefficients related with travelling wave transformation. Then, assuming that the solution of (4) is given as

$$u(\eta) = \sum_{k=0}^N a_i \alpha^{if(\eta)}. \quad (5)$$

In (5),  $N$  is a positive number which obtained homogeneous balance with highest order derivative and nonlinear term,  $a_i s'$  are the coefficients will be obtained,  $\alpha^{f(\eta)} s'$  are the solutions of sub equation given as

$$\frac{df(\eta)}{d\eta} = \frac{1}{\ln a} (\alpha a^{-if(\eta)} + \beta + \sigma \alpha^{if(\eta)}). \quad (6)$$

When the equation (5) and (6) is substituted in (4), one get an algebraic equation including  $a_i$ ,  $\alpha^{if(\eta)}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma$  and other coefficients which comes from governing equation and collecting terms according to power of  $\alpha^{if(\eta)}$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) yields an algebraic equation system. Finally, solving the system is resulted in obtaining coefficients  $a_i$ . The important part of process is using

the solutions of the (6) in following instead of  $a^{if(\eta)}$ . The solutions of the sub-equation (6) are given as:

1) Under the condition  $\beta^2 - \alpha\sigma < 0 \& \sigma \neq 0$ ;

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\sigma} + \frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha\sigma)}}{2\sigma} \tan\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha\sigma)}}{2}\eta\right); \\ a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\sigma} + \frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha\sigma)}}{2\sigma} \cot\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha\sigma)}}{2}\eta\right) \end{aligned} \quad (7)$$

2) Under the condition  $\beta^2 + \alpha\sigma > 0 \& \sigma \neq 0$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\sigma} - \frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha\sigma}}{2\sigma} \tanh\left(\frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha\sigma}}{2}\eta\right) \\ a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\sigma} - \frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha\sigma}}{2\sigma} \coth\left(\frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha\sigma}}{2}\eta\right) \end{aligned} \quad (8)$$

3) Under the condition  $\beta^2 + \alpha^2 > 0 \& \sigma \neq 0 \& \sigma = -\alpha$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{\beta}{2\alpha} - \frac{\sqrt{\beta^2+4\alpha^2}}{2\alpha} \tanh\left(\frac{\sqrt{\beta^2+4\alpha^2}}{2}\eta\right) \\ a^f(\eta) &= \frac{\beta}{2\alpha} - \frac{\sqrt{\beta^2+4\alpha^2}}{2\alpha} \coth\left(\frac{\sqrt{\beta^2+4\alpha^2}}{2}\eta\right) \end{aligned} \quad (9)$$

4) Under the condition  $\beta^2 + 4\alpha^2 < 0 \& \sigma \neq 0 \& \sigma = -\alpha$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{\beta}{2\alpha} + \frac{\sqrt{-(\beta^2+4\alpha^2)}}{2\alpha} \tan\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2+4\alpha^2)}}{2}\eta\right) \\ a^{\Omega}(\eta) &= \frac{\beta}{2\alpha} + \frac{\sqrt{-(\beta^2+4\alpha^2)}}{2\alpha} \cot\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2+4\alpha^2)}}{2}\eta\right) \end{aligned} \quad (10)$$

5) Under the condition  $\beta^2 - 4\alpha^2 < 0 \& \sigma = \alpha$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\alpha} + \frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha^2)}}{2\alpha} \tan\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha^2)}}{2}\eta\right) \\ a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\alpha} + \frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha^2)}}{2\alpha} \cot\left(\frac{\sqrt{-(\beta^2-4\alpha^2)}}{2}\eta\right) \end{aligned} \quad (11)$$

6) Under the condition  $\beta^2 - 4\alpha^2 > 0 \& \sigma = \alpha$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\alpha} - \frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha^2}}{2\alpha} \tanh\left(\frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha^2}}{2}\eta\right) \\ a^f(\eta) &= \frac{-\beta}{2\alpha} - \frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha^2}}{2\alpha} \coth\left(\frac{\sqrt{\beta^2-4\alpha^2}}{2}v\right) \end{aligned} \quad (12)$$

7) Under the condition  $\alpha\sigma < 0 \& \sigma \neq 0 \& \beta = 0$

$$\begin{aligned} a^f(\eta) &= \sqrt{\frac{\alpha}{\sigma}} \tan(\sqrt{\alpha\sigma}\eta) \\ a^f(\eta) &= \sqrt{\frac{\alpha}{\sigma}} \cot(\sqrt{\alpha\sigma}\eta) \end{aligned}$$

(13)

8) Under the condition  $\beta = 0 \& \alpha = -\sigma$

$${}_a f(\eta) = \frac{-e^{2\sigma\eta} + 1}{e^{2\sigma\eta} + 1}$$

(14)

9) Under the condition  $\alpha = \sigma = 0$

$${}_a f(\eta) = \ln(\beta\eta)$$

(15)

10) Under the condition  $\beta^2 = \alpha\sigma$

$${}_a f(\eta) = \frac{-\sqrt{\alpha\sigma}}{2\sigma} + \frac{\sqrt{3\alpha\sigma}}{2\sigma} \tan\left(\frac{\sqrt{3\alpha\sigma}}{2}\eta\right)$$

(16)

11) Under the condition  $\beta = p, \alpha = 2p, \sigma = 0$

$${}_a f(\eta) = e^{p\eta} - 2$$

(17)

12) Under the condition  $\beta = p, \sigma = 2p, \alpha = 0$

$${}_a f(\eta) = \left(\frac{1}{e^{p\eta}} - 2\right)^{-1}$$

(18)

13) Under the condition  $2\beta = \sigma + \alpha$

$${}_a f(\eta) = \frac{-\alpha - \sigma}{4\sigma} + \frac{\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2}}{4\sigma} \tan\left(\frac{\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2}}{4}\eta\right)$$

(19)

$${}_a f(\eta) = \frac{-\alpha - \sigma}{4\sigma} - \frac{\sqrt{\alpha^2 - 14\alpha\sigma + \sigma^2}}{4\sigma} \tanh\left(\frac{\sqrt{\alpha^2 - 14\alpha\sigma + \sigma^2}}{4}\eta\right)$$

14) Under the condition  $-2\beta = \sigma + \alpha$

$${}_a f(\eta) = \frac{\alpha + \sigma}{4\sigma} - \frac{\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2}}{4\sigma} \tan\left(\frac{\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2}}{4}\eta\right)$$

(20)

15) Under the condition  $\alpha = 0$

$${}_a f(\eta) = \left(\frac{e^{-\beta\eta} - \sigma}{\beta}\right)^{-1}$$

(21)

16) Under the condition  $\beta = \alpha = \sigma \neq 0$

$${}_a f(\eta) = \frac{1}{2} \left( -1 + \sqrt{3} \tan\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\alpha\eta\right) \right)$$

(22)

17) Under the condition  $\beta = \sigma = 0$

$${}_a f(\eta) = \alpha\eta$$

(23)

18) Under the condition  $\beta = \alpha = 0$

$${}_a f(\eta) = (-\sigma\eta)^{-1}$$

(24)

19) Under the condition  $\beta = 0, \alpha = \sigma$

$${}_a f(\eta) = \tan(\sigma\eta)$$

(25)

20) Under the condition  $\sigma = 0$

$${}_a f(\eta) = \frac{e^{\beta\eta} - \alpha}{\beta}$$

(26)

For the detailed investigation of the method, one can read in [8-10].

### 3. APPLICATION OF THE METHOD TO SHYNARAY-IIA EQUATION

In this section, we will apply the extended modified  $\exp(-f(\eta))$  function method to Shynaray-IIA equation. Since (2) is a complex equation, the following wave transform will be use;

$$\begin{aligned} u(x, t) &= u(\eta) \exp(i\xi) \\ v(x, t) &= \tilde{v}(\eta) \end{aligned} \quad (27)$$

where  $\eta = x - ct$  and  $\xi = -ax + bt$ . With the help of transform in (27) and integrating once second equation, we get following coupled equation

$$\begin{aligned} c\tilde{u}'' + b(1-a)\tilde{u} + a\tilde{u}\tilde{v} + i\left((b-c(1-a))\tilde{u}' - \tilde{u}'\tilde{v} - \tilde{u}\tilde{v}'\right) = \\ \tilde{v} + \frac{c\epsilon n^2}{m}\tilde{u}^2 = 0. \end{aligned} \quad (28)$$

Using  $\tilde{v} = -\frac{c\epsilon n^2}{m}\tilde{u}^2$  in the first equation of (28), it yields following equation which has real and imaginary parts;

$$\begin{aligned} c\tilde{u}'' + b(1-a)\tilde{u} - \frac{ac\epsilon n^2}{m}\tilde{u}^3 = 0 \\ i\left((b-c(1-a))\tilde{u}' + \frac{3c\epsilon n^2}{m}\tilde{u}'\tilde{u}^2\right) = 0. \end{aligned} \quad (29)$$

The using homogeneous balance principle, we obtain  $N = 1$ . Hence, the structure of assumed solution is can be obtained as

$$\tilde{u}(\eta) = \sum_{k=0}^1 a_k a^{kf(\eta)} = a_0 + a_1 a^{f(\eta)}. \quad (30)$$

Now, the solution (30) and the sub equation given in (6) are used in (28) and collecting power of  $a^{if(\eta)}$ , we obtain following ordinary equation system;

$$\begin{aligned} -\frac{a_0^3 ac\epsilon}{m} - aa_0b + a_0b + aa_1\beta c &= 0 \\ -aa_1b + a_1b + 2aa_1c\sigma + a_1\beta^2c - \frac{3aa_0^2a_1c\epsilon}{m} &= 0 \\ 3a_1\beta c\sigma - \frac{3aa_0a_1^2c\epsilon}{m} &= 0 \\ 2a_1c\sigma^2 - \frac{a_1^3ac\epsilon}{m} &= 0 \end{aligned} \quad (31)$$

When we solve the system (31), following coefficients are achieve;

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \\ a_1 &= \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma}{\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \\ c &= \frac{2(ab-b)}{\beta^2-4a\sigma} \end{aligned}$$

#### 4. OUTCOMES OF THE METHOD

In this section, the coefficients and wave transform (27) are combined with (7)-(26) to construct solutions of Shynaray-IIA Equation. The graphical behavior of some selected solutions is presented with arbitrary values of the parameters chosen taking into account the conditions given in the solutions of sub-equation. Thus, the solutions of Shynaray-IIA Equation can be obtained as follows

$$u_1(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \sqrt{4\alpha\sigma - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha\sigma - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_1(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \sqrt{4\alpha\sigma - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha\sigma - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (32)$$

$$u_2(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( -\sqrt{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_2(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( -\sqrt{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (33)$$

$$u_3(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \beta - \sqrt{4\alpha^2 + \beta^2} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha^2 + \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) \right)}{\sqrt{2}\alpha\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_3(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bbt-aax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \beta - \sqrt{4\alpha^2 + \beta^2} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha^2 + \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) \right)}{\sqrt{2}\alpha\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (34)$$

$$u_4(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{-4\alpha^2 - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{-4\alpha^2 - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) + \beta \right)}{\sqrt{2}\alpha\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_4(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bbt-aax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{-4\alpha^2 - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{-4\alpha^2 - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) + \beta \right)}{\sqrt{2}\alpha\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (35)$$

$$u_5(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{4\alpha^2 - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha^2 - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_5(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bbt-aax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{4\alpha^2 - \beta^2} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{4\alpha^2 - \beta^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{aa}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (36)$$

$$u_6(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{\beta^2 - 4\alpha^2} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{\beta^2 - 4\alpha^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\alpha\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_6(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{\beta^2 - 4\alpha^2} \tanh \left( \frac{1}{2} \sqrt{\beta^2 - 4\alpha^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \beta \right)}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (37)$$

$$u_7(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{m}\sqrt{\sigma} \tan \left( \sqrt{a\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_7(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{m}\sqrt{\sigma} \tan \left( \sqrt{a\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (38)$$

$$u_8(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \left( 1 - e^{2\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( e^{2\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)} + 1 \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_8(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \left( 1 - e^{2\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( e^{2\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)} + 1 \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (39)$$

$$u_9(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\beta\sqrt{m}\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_9(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\beta\sqrt{m}\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (40)$$

$$u_{10}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \sqrt{3}\sqrt{a\sigma} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{3}\sqrt{a\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \sqrt{a\sigma} \right)}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_{10}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \sqrt{3}\sqrt{a\sigma} \tan \left( \frac{1}{2} \sqrt{3}\sqrt{a\sigma} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2 - 4\alpha\sigma} \right) \right) - \sqrt{a\sigma} \right)}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2 - 4\alpha\sigma)} \quad (41)$$

$$u_{11}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \left( e^{p\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-2} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right),$$

$$v_{11}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \left( e^{p\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-2} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}, \quad (42)$$

$$u_{12}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( e^{-p\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-2} \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right),$$

$$v_{12}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( e^{-p\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-2} \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}, \quad (43)$$

$$u_{13}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( -\alpha + \sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \tan\left(\frac{1}{4}\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) - \sigma \right)}{2\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_{13}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( -\alpha + \sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \tan\left(\frac{1}{4}\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) - \sigma \right)}{2\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)} \quad (44)$$

$$u_{14}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \alpha + \sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \tan\left(\frac{1}{4}\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) + \sigma \right)}{2\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_{14}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m} \left( \alpha + \sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \tan\left(\frac{1}{4}\sqrt{-\alpha^2 + 14\alpha\sigma - \sigma^2} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) + \sigma \right)}{2\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)} \quad (45)$$

$$u_{15}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( \frac{e^{-\beta \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)} \sigma}{\beta} \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right) \quad (46)$$

$$v_{15}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( \frac{e^{-\beta \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)} \sigma}{\beta} \right)} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}$$

$$u_{16}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{3}\tan\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}\alpha \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) - 1 \right)}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right) \quad (47)$$

$$v_{16}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{m}\sigma \left( \sqrt{3}\tan\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}\alpha \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right) \right) - 1 \right)}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}$$

$$u_{17}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\alpha\sqrt{m}\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right) \quad (48)$$

$$v_{17}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\alpha\sqrt{m}\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}$$

$$u_{18}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} - \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)} \right) \quad (49)$$

$$v_{18}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} - \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon} \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}$$

$$u_{19}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \tan\left(\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)\right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right) \quad (50)$$

$$v_{19}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma \tan\left(\sigma \left( x - \frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma} \right)\right)}{\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)}$$



$$u_{20}(x, t) = e^{i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma e^{\beta\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-\alpha}}{\sqrt{a}\beta\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)$$

$$v_{20}(x, t) = \frac{2n^2\epsilon(ab-b)e^{2i(bt-ax)} \left( \frac{\sqrt{2}\sqrt{m}\sigma e^{\beta\left(x-\frac{2t(ab-b)}{\beta^2-4\alpha\sigma}\right)-\alpha}}{\sqrt{a}\beta\sqrt{\epsilon}} + \frac{\beta\sqrt{m}}{\sqrt{2}\sqrt{a}\sqrt{\epsilon}} \right)^2}{m(\beta^2-4\alpha\sigma)} \quad (51)$$

in all figures, the domains are selected as  $(x, t) \in [0,5] \times [0,5]$ . For  $u_1(x, t), v_1(x, t)$  the coefficients are chosen as  $a = 0.2, b = 0.5; c = 0.5; \alpha = 0.8, \beta = 0.5, m = 0.1, n = 1, \epsilon = 1, \sigma = 0.5$  to satisfy conditions and depicted in figure 1. Thus;  $\beta^2 - \alpha\sigma$  is calculated as  $-0.15$ . For  $u_{12}(x, t), v_{12}(x, t)$ , the coefficients are  $a = 0.2, b = 0.5; c = 0.5; \alpha = 0.8, \beta = k, m = 0.1, n = 1, \epsilon = 1, \sigma = 2k, \alpha = 0$  and solutions are presented in Figure 2. Figure 3 and 4 involve the solutions  $u_{16}(x, t), v_{16}(x, t)$  and  $u_{18}(x, t), v_{18}(x, t)$ . and coefficients are  $a = 0.2, b = 0.5; c = 0.5; \alpha = 0.8, \beta = 0.8, m = 0.1, n = 1, \epsilon = 1, \sigma = 0.8$  and  $a = 0.2, b = 0.5; c = 0.5; \alpha = \beta = 0, m = 0.1, n = 1, \epsilon = 1, \sigma = 0.8, a_0 = 0.5$ , respectively.

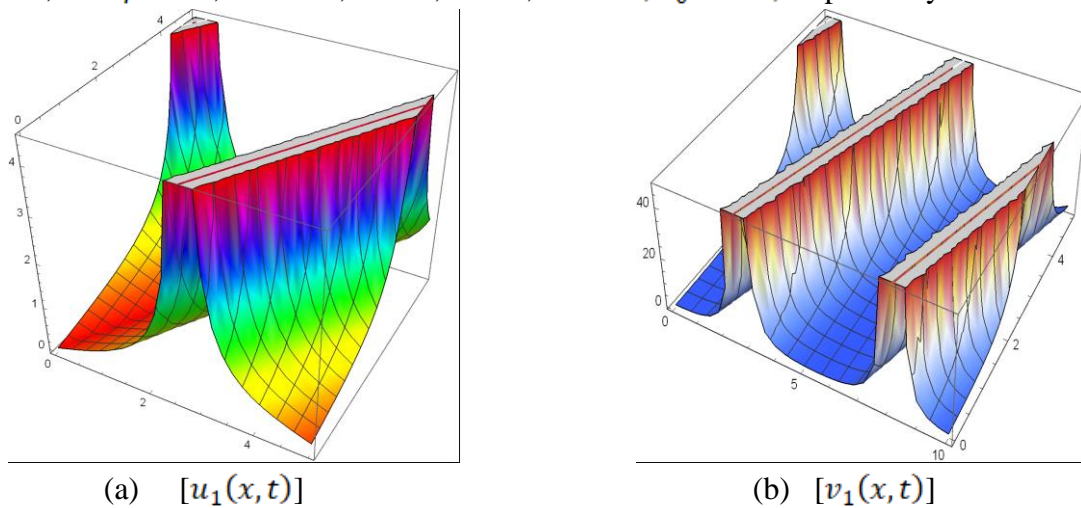


Figure 1: 3D graphs of solutions  $u_1(x, t)$  and  $v_1(x, t)$

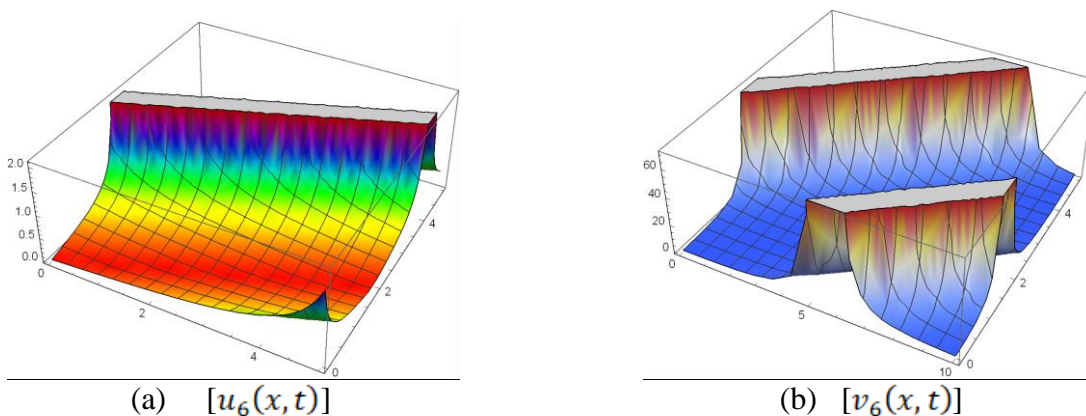


Figure 2: 3D graphs of solutions  $u_6(x, t)$  and  $v_6(x, t)$

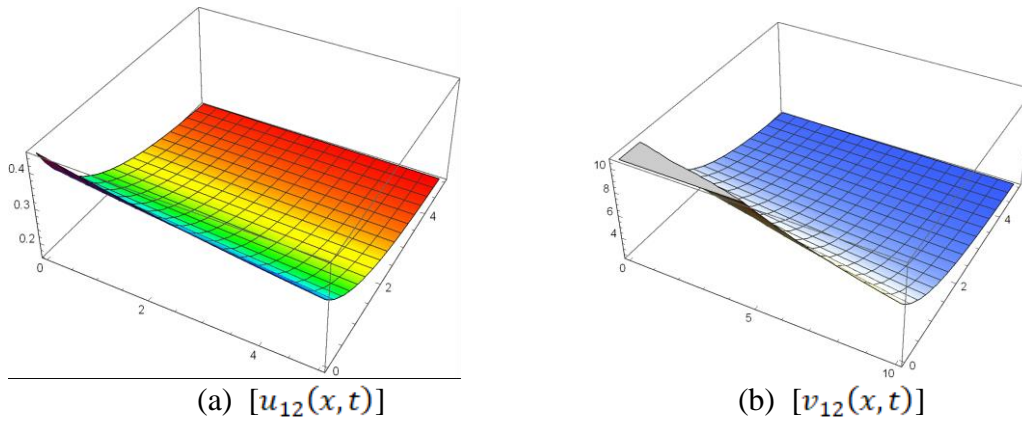


Figure 3: 3D graphs of solutions  $u_{12}(x, t)$  and  $v_{12}(x, t)$

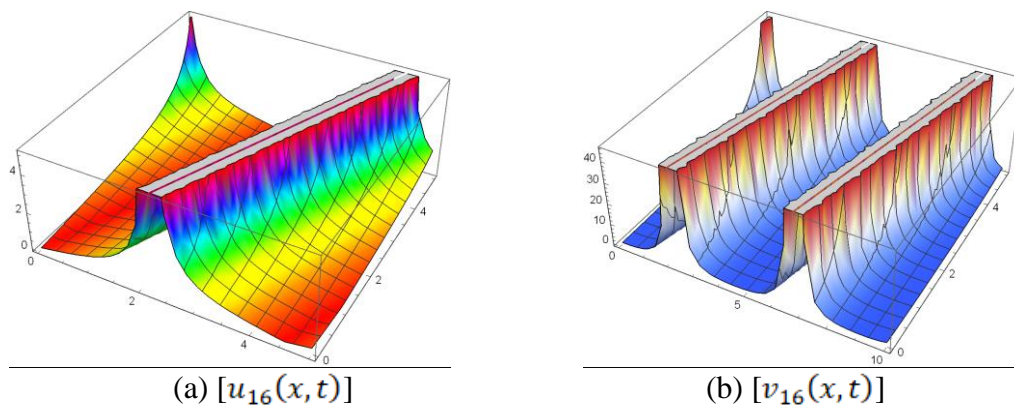


Figure 4: 3D graphs of solutions  $u_{16}(x, t)$  and  $v_{16}(x, t)$

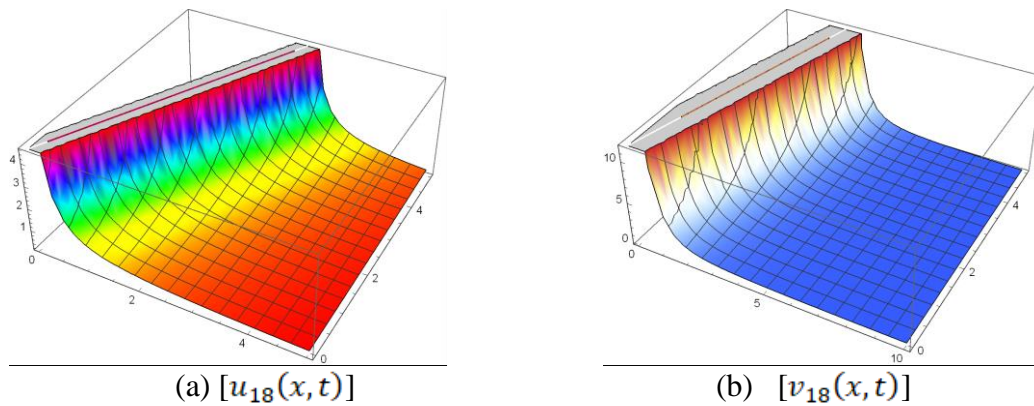


Figure 5: 3D graphs of solutions  $u_{18}(x, t)$  and  $v_{18}(x, t)$

## 5. CONCLUSION

Summary, in this article, the new exact solutions of the Shynaray-IIA Equation are investigated. to archive our aim method is applied to the equation. The method effectively produces enhanced new precise solutions. We have found trigonometric, hyperbolic, rational, and exponential solutions to the equations. The newly acquired findings demonstrate that the method is effective, simple, and powerful, and it can be used to a wide range of evolution equations.

## REFERENCES

- [1] Taylor, M. E., *Partial differential equations III*. Vol. 2. New York: Springer, 1996.
- [2] Jost, J., *Partial differential equations*, Vol. 214. Springer Science & Business Media, 2012.
- [3] Manafian J., Juadih W. R, Rao A. M., Eslami B., Allahverdiyeva N. New Solitary Waves for Thin-Film Ferroelectric Material Equation Arising in Dielectric Materials, *Acta Mechanica et Automatica* 18.3 (2024): 367-384.
- [4] Cheng J., Manafan J., Singh G., Anupam Yadav A., Kumari N., Rohit Sharma R., Eslami B., Alkader N. A. Interaction between soliton and periodic solutions and the stability analysis to the Gilson–Pickering equation by bilinear method and exp-function approach arising plasma physics. *Optical and Quantum Electronics* 56.6 (2024): 1071.
- [5] Tipu, G. H., Feridi W.A., Rizk D., Myrzakulov R., Akinyemi L. The optical exact soliton solutions of Shynaray-IIA equation with  $\Phi^6$ -model expansion approach. *Optical and Quantum Electronics* 56.2 (2024): 226.
- [6] Faridi W. A., Tipu G.H., Myrzakulov R., Akinyemi L. Formation of optical soliton wave profiles of Shynaray-IIA equation via two improved techniques: a comparative study. *Optical and Quantum Electronics* 56.1 (2024): 132.
- [7] Khan, M.I., Sabiu J., Rehman S., Farooq A. Unveiling new insights into soliton solutions and sensitivity analysis of the Shynaray-IIA equation through improved generalized Riccati equation mapping method. *Optical and Quantum Electronics* 56.8 (2024): 1339.
- [8] Khater M.A., Seadawy A. R., Lu D. Elliptic and solitary wave solutions for Bogoyavlenskii equations system, couple Boiti-Leon-Pempinelli equations system and Time-fractional Cahn-Allen equation. *Results in physics* 7 (2017): 2325-2333.
- [9] Zayed M.E., Al-Nowehy A. G. Comment on the paper of Mostafa MA Khater et al.[Superlattices and Microstructures, 113 (2018) 346–358. *Superlattices and Microstructures* 123 (2018): 94-96.
- [10] Karaagac B., Kutluay S., Yagmurlu N.M., Esen A. Exact solutions of nonlinear evolution equations using the extended modified Exp  $(-\Omega(\xi))$  function method. *Tbilisi Mathematical Journal* 12.3 (2019): 109-119.

## A COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE ZELDOVICH EQUATION

Assoc. Prof., Berat Karaagac

Adiyaman University,

bkaraagac@adiyaman.edu.tr- 0000-0002-6020-3243

### ABSTRACT

The objective of this study is to numerically analyse the Zeldovich Equation describes the combustion process. Firstly, based on Crank-Nicolson approach, a implicit finite difference scheme is established for the equation. The numerical scheme constructs an ordinary differential equation system using grid points. Then, solving the equation system produces numerical solutions. The error norms  $L_2$  and  $L_\infty$  between numerical solutions and exact ones are calculated for coarse grid and fine grid, respectively. Finally, behaviour of the numerical solutions of the constructed finite difference scheme are depicted.

**Keywords:** Finite difference method, Zeldovich equation, Crank-Nicolson approach

### 1. INTRODUCTION

Partial differential equations, one of mathematics' most essential tools, are used to simulate and analyze actual-life scenarios in a variety of domains. Because of their capacity to encapsulate how a quantity varies over time or space, partial differential equations have become a vital aspect of fields such as physics, engineering, biology, economics, and social sciences, making them useful for modeling that change over time systems [1-3]. In this study, we will consider the Zeldovich equation, which is related to the Zeldovich mechanism, an important mechanism for modelling oxidation processes and the formation of oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>), given as [4]

$$u_t + pu_{xx} + qu^2 + ru^3 = 0 \quad (1)$$

Zeldovich equation describe the combustion process in chemistry models. Since combustion occurrence in chemical processes is similar to biological models, the model also describes the evolution of a woodland population [6]. Here  $p$ ,  $q$  and  $r$  are real constants.  $u(x, t)$  is an unknown function [5]. From the literature; one can see there are much more study on Zeldovich mechanism, but limited on the equation, such as Korkmaz [7] has solved Newel–Whitehead–Segel (NWSE) and Zeldovich equations (ZE) explicitly using expansion method based on Sine-Gordon equation. Ur Rehman *et al.* [8] have used the new extended direct algebraic method to extract soliton solutions of Newel–Whitehead–Segel and Zeldovich equations. Injrou [9] has considered space-time fractional Zeldovich equation with time-dependent coefficients and constructed exact solutions including hyperbolic function solutions, trigonometric function solutions, and rational solutions of the equation and in [4], the author has found explicit exact soliton for Zeldovich equation by using the tanh function method. Yusuf *et al.* [10] have offered an overview of Newel-Whitehead-Segel (NWS) and Zeldovich equations (ZEE) equations by Lie symmetry analysis and generalizes rational function methods of exponential function. This study concentrates on getting numerical solutions for the Zeldovich equation without involving

biological or chemical models. For this objective, use the finite difference approach, whose principle is to obtain numerical schemes utilized to solve ordinary or partial differential equations. In order to obtain the numerical scheme, finite difference approximation is used to approximate partial derivatives.

## 2. FINITE DIFFERENCE APPROXIMATION TO ZELDOVICH EQUATION

In this section, the finite difference method is going to be applied to create a numerical scheme that will be used to solve the Zeldovich equation. To do this, we first divide the computation region into grid-shaped parts and determine the nodal points. Let the space interval be  $I = [x_{\min}, x_{\max}]$  and time interval be  $K = [t_0, T]$  and  $N$  and  $M$  be the number of discrete set of points in  $x$  space and  $t$  time domain, respectively. Considering uniform spacing between points, can be represented as follow:

$$x_m = x_{\min} < x_1 < \dots < x_{N-1} < x_{\max} = x_N, \quad h = x_{m+1} - x_m,$$

$$t_n = t_0 < t_1 < \dots < t_{M-1} < t_M = T, \quad k = t_{n+1} - t_n,$$

and denote  $u_m^n$  as the solution of PDE at grid point  $(x_m, t_n)$ . Now, let us rewritten Zeldovich equation with given initial and boundary conditions

$$u_t + pu_{xx} + qu^2 + ru^3 = 0$$

$$u(x_{\min}, t) = u_1(t), u(x_{\max}, t) = u_2(t), \quad t \in [t_0, T] \quad (2)$$

$$u(x, t_0) = f(x), \quad x \in [x_{\min}, x_{\max}].$$

Before using finite difference approaches, when Crank Nicolson technique is applied to  $u_{xx}$ ,  $u^2$  and  $u^3$  getting a trade-off between accuracy and stability and time symmetry, we get

$$u_t + \frac{p}{2}(u_{xx}^{n+1} + u_{xx}^n) + \frac{q}{2}((u^2)^{n+1} + (u^2)^n) + \frac{r}{2}((u^3)^{n+1} + (u^3)^n) = 0. \quad (3)$$

Using the right-sided finite difference scheme for the first order time derivative  $u_t$  and the central finite difference scheme for the second order  $u_{xx}$ , it yields;

$$\frac{1}{k}(u_m^{n+1} - u_m^n) + \frac{p}{2h^2}(u_{m-1}^{n+1} - 2u_m^{n+1} + u_{m+1}^{n+1}) + \frac{p}{2h^2}(u_{m-1}^n - 2u_m^n + u_{m+1}^n)$$

$$+ \frac{q}{2h^2}((u_m^2)^{n+1} + (u_m^2)^n) + \frac{r}{2}((u_m^3)^{n+1} + (u_m^3)^n) = 0. \quad (4)$$

The equation (4) has two nonlinear terms  $(u^2)^{n+1}$  and  $(u^3)^{n+1}$ , to obtain a linear algebraic equation system for  $m = 1, 2, \dots, N - 1$ , we need to linearize the nonlinear terms using Rubin Graves linearization technique, thus, application of the technique gives following equations [11];

$$(u_m^2)^{n+1} = 2u_m^n u_m^{n+1} - (u_m^2)^n$$

$$(u_m^3)^{n+1} = 3(u_m^n)^2 u_m^{n+1} - 2(u_m^3)^n. \quad (5)$$

If (5) is used in (4) and after some arrangement, it gives following linear algebraic equation

$$\left(\frac{pk}{2h^2}\right)u_{m-1}^{n+1} + \left(1 - \frac{pk}{h^2} + \frac{qk}{h^2}u_m^n + \frac{3rk}{2}(u_m^n)^2\right)u_m^{n+1} + \left(\frac{pk}{2h^2}\right)u_{m+1}^{n+1}$$

$$= \left(-\frac{pk}{2h^2}\right)u_{m-1}^n + \left(1 + \frac{pk}{h^2} + \frac{rk}{2}(u_m^n)^2\right)u_m^n + \left(-\frac{pk}{2h^2}\right)u_{m+1}^n. \quad (6)$$

For  $m = 1, \dots, N - 1$ , the algebraic equation (6) is an algebraic equation system. Since  $u(x_{\min} = x_0, t) = u_1(t), u(x_{\max} = x_N, t) = u_2(t)$  known using boundary conditions, the first and last equations of the system are;

$$\begin{aligned} & \left(1 - \frac{pk}{h^2} + \frac{qk}{h^2} u_1^n + \frac{3rk}{2} (u_1^n)^2\right) u_1^{n+1} + \left(\frac{pk}{2h^2}\right) u_2^{n+1} \\ & = \left(-\frac{pk}{2h^2}\right) u_0^n + \left(1 + \frac{pk}{h^2} + \frac{rk}{2} (u_1^n)^2\right) u_1^{n+1} + \left(-\frac{pk}{2h^2}\right) u_2^n - \left(\frac{pk}{2h^2}\right) u_0^{n+1} \\ & \left(\frac{pk}{2h^2}\right) u_{N-2}^{n+1} + \left(1 - \frac{pk}{h^2} + \frac{qk}{h^2} u_{N-1}^n + \frac{3rk}{2} (u_{N-1}^n)^2\right) u_{N-1}^{n+1} \\ & = \left(-\frac{pk}{2h^2}\right) u_{N-2}^n + \left(1 + \frac{pk}{h^2} + \frac{rk}{2} (u_{N-1}^n)^2\right) u_{N-1}^n + \left(-\frac{pk}{2h^2}\right) u_N^n - \left(\frac{pk}{2h^2}\right) u_N^{n+1} \end{aligned} \quad (7)$$

When equation (6) is written in matrix form considering boundary conditions, it yields

$$\begin{bmatrix} a_{1,2} & a_{1,3} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & \vdots & \vdots & a_{N-3,1} & a_{N-3,2} & a_{N-3,3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & a_{N-2,1} & a_{N-2,2} & a_{N-2,3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{N-1,1} & a_{N-1,2} & a_{N-1,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1^{n+1} \\ u_2^{n+1} \\ \vdots \\ \vdots \\ u_{N-2}^{n+1} \\ u_{N-1}^{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{1,2} & b_{1,3} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} & b_{2,3} & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{3,1} & b_{3,2} & b_{3,3} & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & \vdots & \vdots & b_{N-3,1} & b_{N-3,2} & b_{N-3,3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & b_{N-2,1} & b_{N-2,2} & b_{N-2,3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{N-1,1} & b_{N-1,2} & b_{N-1,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1^n \\ u_2^n \\ \vdots \\ \vdots \\ u_{N-2}^n \\ u_{N-1}^n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a_{1,1}u_0^{n+1} + b_{1,1}u_0^n \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -a_{N-1,3}u_0^{n+1} + b_{N-1,3}u_0^n \end{bmatrix} \quad (8)$$

where;  $a_{m,1} = a_{m,3} = \frac{pk}{2h^2}$ ,  $a_{m,2} = 1 - \frac{pk}{h^2} + \frac{qk}{h^2} u_m^n + \frac{3rk}{2} (u_m^n)^2$  and  $b_{m,1} = b_{m,3} = -\frac{pk}{2h^2}$ ,  $b_{m,2} = 1 + \frac{pk}{h^2} + \frac{rk}{2} (u_m^n)^2$ . Solving the system given in (8) by the initial vector which is produced via  $u(x, t_0) = f(x)$  at nodal points is resulted obtaining numerical solutions at desired time levels.

### 3. NUMERICAL OUTCOMES

This section implements the suggested numerical scheme obtained finite difference method to provide numerical solutions for Zeldovich equation. And, the error norms between numerical solutions and exact solutions are calculated using following formulae

$$L_2 = \sum_{m=0}^N \sqrt{(u^{exact}(x_i, t_n) - u^{numerical}(x_i, t_n))^2} \quad (x, t) \in [x_{\min}, x_{\max}] \times [t_0, T] \quad (9)$$

$$L_\infty = \max_{0 \leq m \leq N} |u^{exact}(x_i, t_n) - u^{numerical}(x_i, t_n)|$$

Moreover, in this section, 2D and 3D graph of a numerical solutions are provided. The computational space and time domains are selected as  $x_{\min} = -30, x_{\max} = 30$  and  $t \in [0,1]$ , respectively. The exact solution of the Zeldovich equation for  $p = -1, q = -1$  and  $r = 1$  is given in (2) is [4]

$$u(x, t) = \frac{1}{2} \left( 1 - \tanh \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( x - t \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \right) \right).$$

The boundary conditions can be obtained using the exact solution. For the purpose of illustrating that the behaviour of error norms between numerical solutions and exact ones, we present  $L_2$  and  $L_\infty$  for different values of space step size for the fixed value of time step size  $k = 0.0025$  and  $0.00125$  in Table 1. Then, the space step size is fixed to  $h = 0.0125$  and  $0.00625$  and the values of time step size are changed from  $k = 0.01$  to  $0.00125$  and presented Table 2. Finally, the error norms  $L_2$  and  $L_\infty$  are presented in Table 3 for the different times. It can be seen from the tables that the error norms are quite small so that the numerical solutions are in agreement with the exact solutions.

$h$	$k = 0.0025$		$k = 0.00125$	
	$L_2$	$L_\infty$	$L_2$	$L_\infty$
<b>0.1</b>	2.99571811 $\times 10^{-5}$	1.84486452 $\times 10^{-5}$	$2.99409710 \times 10^{-5}$	$1.84468350 \times 10^{-5}$
<b>0.05</b>	7.50531396 $\times 10^{-6}$	4.61975999 $\times 10^{-6}$	$7.48906164 \times 10^{-6}$	$4.61774277 \times 10^{-6}$
<b>0.025</b>	1.89274869 $\times 10^{-6}$	1.15693620 $\times 10^{-6}$	$1.87631340 \times 10^{-6}$	$1.15491924 \times 10^{-6}$

Table 1: The error norms for different values of  $h$  and  $k$  at  $T = 1$

$k$	$h = 0.0125$		$h = 0.00625$	
	$L_2$	$L_\infty$	$L_2$	$L_\infty$
<b>0.01</b>	$9.56776247 \times 10^{-7}$	$6.02260212 \times 10^{-7}$	6.84080835 $\times 10^{-7}$	$4.40662877 \times 10^{-7}$
<b>0.005</b>	$5.68242294 \times 10^{-7}$	$3.13013761 \times 10^{-7}$	2.39220190 $\times 10^{-7}$	$1.50596537 \times 10^{-7}$
<b>0.0025</b>	$4.90324442 \times 10^{-7}$	$2.91313108 \times 10^{-7}$	1.42061252 $\times 10^{-7}$	$7.82579607 \times 10^{-8}$
<b>0.00125</b>	$4.73185897 \times 10^{-7}$	$2.89232344 \times 10^{-7}$	1.22580640 $\times 10^{-7}$	$7.28283292 \times 10^{-8}$

Table 2: The error norms for different values of  $k$  and  $h$  at  $T = 1$

$t$	$h = k = 0.0125$		$h = k = 0.00625$	
	$L_2$	$L_\infty$	$L_2$	$L_\infty$
<b>0.1</b>	1.76269160 $\times 10^{-7}$	1.21085975 $\times 10^{-7}$	4.40735977 $\times 10^{-8}$	3.02778383 $\times 10^{-8}$
<b>0.2</b>	3.38994211 $\times 10^{-7}$	2.30664308 $\times 10^{-7}$	8.47613779 $\times 10^{-8}$	5.76789011 $\times 10^{-8}$
<b>0.3</b>	4.89532497 $\times 10^{-7}$	3.30114650 $\times 10^{-7}$	1.22402620 $\times 10^{-7}$	8.25479185 $\times 10^{-8}$
<b>0.4</b>	6.29003437 $\times 10^{-7}$	4.20576265 $\times 10^{-7}$	1.57277113 $\times 10^{-7}$	1.05170192 $\times 10^{-7}$
<b>0.5</b>	7.58353947 $\times 10^{-7}$	5.03007395 $\times 10^{-7}$	1.89621554 $\times 10^{-7}$	1.25784012 $\times 10^{-7}$
<b>0.6</b>	8.78401262 $\times 10^{-7}$	5.78211512 $\times 10^{-7}$	2.19640211 $\times 10^{-7}$	1.44592725 $\times 10^{-7}$
<b>0.7</b>	9.89862258 $\times 10^{-7}$	6.46904940 $\times 10^{-7}$	2.47512271 $\times 10^{-7}$	1.61770174 $\times 10^{-7}$
<b>0.8</b>	1.09337403 $\times 10^{-7}$	7.09667855 $\times 10^{-7}$	2.73396997 $\times 10^{-7}$	1.77468460 $\times 10^{-7}$
<b>0.9</b>	1.18950885 $\times 10^{-7}$	7.67057237 $\times 10^{-7}$	2.97437435 $\times 10^{-7}$	1.91820280 $\times 10^{-7}$
<b>1</b>	1.27878528 $\times 10^{-6}$	8.19526047 $\times 10^{-7}$	3.19763214 $\times 10^{-7}$	2.04943550 $\times 10^{-7}$

Table 3: The error norms at different times.

The behaviour of exact and numerical solutions are shown in Figure 1-3 for  $k = 0.00625, h = 0.1$ . Figure 1 involves the harmony of numerical and exact solutions at  $t = 1$ . Figure 2 and 3 depicts the behaviour of numerical solutions for 2D and 3D at different time levels. it can be observed from figure 1 that exact and numerical solutions are largely superimposed on each other, and figures 2-3 are supporting the nature of the wave expected exact ones.

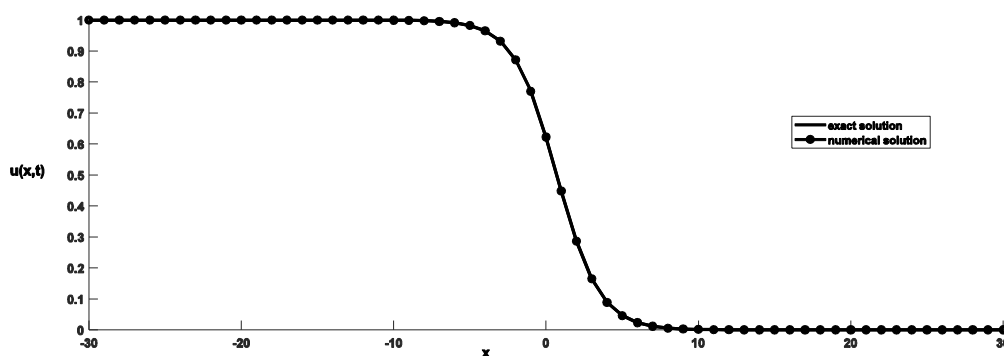


Figure 1: The numerical and exact solutions of Zeldovich equation  $k = 0.00625, h = 0.1$ .



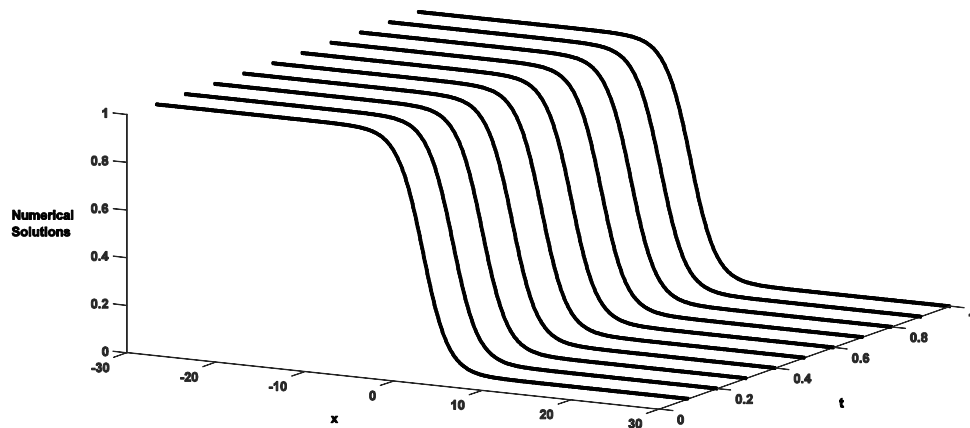


Figure 2: The graphs of the numerical solutions of Zeldovich equation  $k = 0.00625, h = 0.1$  at different time levels.

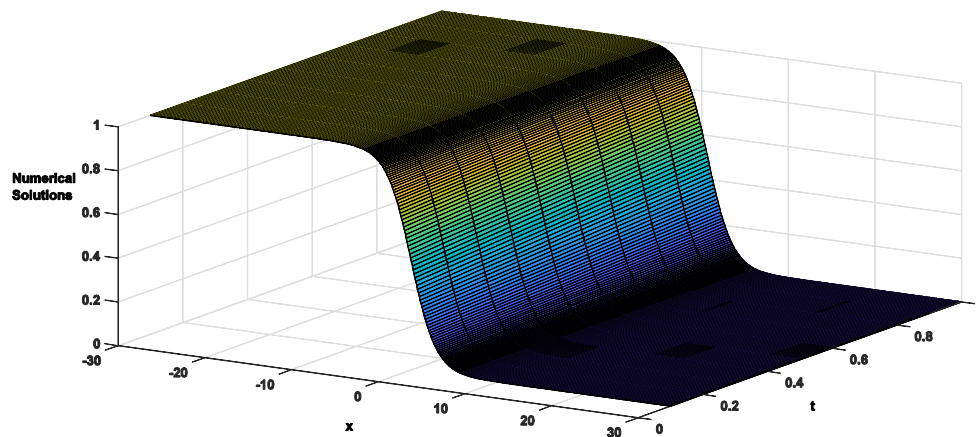


Figure 3: 3D graphs of the numerical solutions of Zeldovich equation

#### 4. CONCLUSION

In this study, we proposed a numerical scheme based on finite difference method and Crank Nicolson approach to seek numerical solutions of Zeldovich Equation. Different values of step and size values are tested, the numerical findings demonstrate that the grading values of sizes work well together in numerical implementation. Additionally, graphical representations of the numerical solutions are depicted as well.

## REFERENCES

- [1] Evans, L. C. *Partial differential equations*, American Mathematical Society, 2022.
- [2] John, F., *Partial differential equations*, Springer Nature, 2023.
- [3] Sano, O., *Partial differential equations*, World Scientific, 2023.
- [4] Injrou S.A. Study about Finding Exact Solutions for Zeldovich Equation with Time-Dependent Coefficients by Using the Tanh Function Method. *Tishreen University Journal-Basic Sciences Series* 40.4 ,2018.
- [5] Zeldovich Y. B., Barenblatt G. I. Theory of flame propagation, *Combustion and flame* 3: 61-74, 1959
- [6] Danilov V. G., Maslov V. P., Volosov, K. V., *Mathematical Modelling of Heat and Mass Transfer Processes*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995.
- [7] Korkmaz A. Complex wave solutions to mathematical biology models I: Newell–Whitehead–Segel and Zeldovich equations, *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics* 13.8: 081004, 2018.
- [8] Ur Rehman H., Imran M. A., Ullah N., Akgül A. On solutions of the Newell–Whitehead–Segel equation and Zeldovich equation." *Mathematical Methods in the Applied Sciences* 44.8 : 7134-7149, 2021.
- [9] Injrou, S. Exact Solutions for the Conformable Space-Time Fractional Zeldovich Equation with Time-Dependent Coefficients. *International Journal of Differential Equations* 2020.1: 9312830, 2020.
- [10] Yusuf, A., Ghanbari B., Qureshi S., Baleanu D. Symmetry analysis and some new exact solutions of the Newell-Whitehead-Segel and Zeldovich equations. *Results in Nonlinear Analysis* 2.4: 182-192, 2019.
- [11] Rubin S. G., Graves R. A. *A cubic spline approximation for problems in fluid mechanics*, National aeronautics and space administration, Technical Report, Washington, 1975

## A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON MACHINE LEARNING FOR OBESITY CLASSIFICATION

**Asst. Prof. Ümit Can**

Munzur University, Department of Computer Engineering, 62000 Tunceli, Turkey  
ucan@munzur.edu.tr ORCID: 0000-0002-8832-6317

**Res. Asst. Burhan Şeker**

Munzur University, Department of Electrical and Electronics Engineering,  
62000 Tunceli, Turkey  
burhanseker@munzur.edu.tr – ORCID: 0009-0007-1079-9521

### ABSTRACT

Obesity is a chronic disease that means that the amount of fat in the body is excessive and is a serious public health problem in the world. In the past, obesity was accepted as an indicator of wealth; it meant power, prosperity, and health, but nowadays it is considered a serious disease that must be treated. In addition, many obesity-related diseases also occur. Therefore, accurate and effective detection of obesity is very important for the individual's health, and individuals at risk of obesity should be detected with a high success rate. Identifying individuals at risk of obesity using machine learning methods other than traditional methods will help healthcare professionals use appropriate tools and treatment methods to predict obesity accurately. Recently, many studies have been conducted to detect obesity disease by analyzing the data of obesity patients with machine learning methods. In this study, obesity data obtained from 1610 individuals were used to predict obesity using Gradient Boosting, Random Forest, Catboost, XGBoost, Decision Tree, and AdaBoost machine learning methods. The classes of individuals were predicted for four conditions: Underweight, Normal, Overweight, and Obesity. As a result of the experimental studies, the Gradient Boosting method was the most successful method, with 88.09% Accuracy, 88.12% Precision, 88.09% Recall, and 88.07% F1-Score.

**Keywords:** Obesity, Machine Learning, Artificial Intelligence, Gradient Boosting

## OBEZİTE SINIFLANDIRMASI İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

### ÖZET

Obezite vücudun sahip olduğu yağ miktarının aşırı olduğu anlamına gelen kronik bir hastalıktır ve dünyada ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Geçmişte varlıklı olmanın bir göstergesi olarak kabul edilen obezite; güç, refah ve sağlık anlamına gelmekteyken, günümüzde tedavi edilmesi gereken ciddi bir hastalık olarak kabul edilmektedir. Ayrıca obeziteye bağlı birçok hastalık da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle obezite hastalığının doğru ve etkin bir şekilde tespit edilmesi bireyin sağlığı açısından oldukça önemlidir ve obezite riski taşıyan bireylerin yüksek başarı oranıyla tespit edilmesi gerekmektedir. Geleneksel yöntemlerin dışında makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak obezite riski taşıyan bireyleri tanımlamak sağlık çalışanlarının obeziteyi doğru bir şekilde tahmin edebilmesi için uygun araçları ve tedavi yöntemlerini kullanabilmesine yardımcı olacaktır. Günümüzde makine öğrenme yöntemleri ile obezite hastalarının verileri incelenerek obezite hastalığının tespiti için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında 1610 bireyden elde edilen obezite verileri kullanılarak Gradient Boosting, Random Forest, Catboost, XGBoost, Decision Tree ve AdaBoost makine öğrenmesi yöntemleriyle obezite tahmini yapılmıştır. Bireylerin Underweight, Normal, Overweight ve Obesity olmak üzere dört farklı durum için sınıfları tahmin edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Gradient Boosting yöntemi %88,09 Doğruluk, %88,12 Kesinlik, %88,09 Duyarlılık ve %88,07 F1-Skoru sonuçları ile en başarılı yöntem olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Obezite, Makine Öğrenmesi, Yapay Zekâ, Gradient Boosting

### 1. INTRODUCTION

According to the World Health Organization (WHO), obesity is a chronic and complex disease defined as excessive body fat that may affect health [1]. According to the Ministry of Health of the Republic of Turkey, obesity is the excessive increase in body fat to lean mass ratio, increasing body weight above the desired level according to height [2]. The weight and height of an adult are measured, and the body mass index is calculated to determine whether the individual is obese or not. Those with a body mass index between 25-30 are defined as overweight, while those above 30 are considered obese.

The leading causes of obesity are malnutrition and inadequate physical activity. In addition to these causes, genetic factors, age, gender, education level, psychological problems, and hormonal and metabolic factors are accepted risk factors for obesity. Obesity is a severe disease that needs to be detected and treated because it causes other health problems such as stroke, coronary artery disease, hypertension, some types of cancer, and sleep apnea [3]. According to the World Health Organization, 1 out of every 8 people will be obese in 2022, which shows that adult obesity has more than doubled since 1990, and adolescent obesity has quadrupled [1]. Therefore, it is important to detect obesity accurately. Machine learning techniques have recently been used to predict and classify various data sets to detect obesity.

In a study conducted to determine the prevalence of obesity based on food consumed in 79 countries through food supply information, it was found that the most suitable food category for predicting obesity was bakery products and flours, followed by cheese and carbonated drinks. eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) method was used to predict the presence of obesity with 80% accuracy based on food sales data [4].

The reviews aim to predict childhood obesity [5] and develop treatments [6]. They found helpful information when machine learning techniques were applied to a dataset containing demographic, clinical, and behavioral information, enabling caregivers to diagnose childhood obesity [6].

Nine distinct machine learning algorithms, including Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Gradient Boosting (GB), and Adaptive Boosting (AdaBoost), were employed to predict the risk of obesity using data collected from 1,100 individuals of varying ages. The study utilized the holdout method for system evaluation, and subsequent integration of the Principal Component Analysis method resulted in the following predictive accuracies: RF achieved an accuracy of 72.3%, DT attained 70.3%, GB recorded 64.08%, and AdaBoost also reached 70.3% [7].

Eight machine learning algorithms, including DT, RF, GB, and XGBoost methods, were applied to the dataset obtained based on eating habits and physical activities to predict individuals' obesity and overweight status. The RF algorithm gave the most successful result, with 78% accuracy, 79% precision, 78% recall, and 78% F1-score [8].

A comprehensive literature review was conducted between 2010 and 2020 to investigate obesity research and machine-learning approaches for the prevention and treatment of obesity [9].

With a total of 21100 (10000 male and 11100 female) participants, the risk status of obesity by age and gender was studied with six different machine learning methods, including the XGBoost algorithm [10].

In the obesity classification study conducted with the data set obtained from the dietary habits and physical activities of 2111 individuals in Mexico, Peru, and Colombia, the support vector machine (SVM) algorithm gave the best result with 96.97% accuracy. Adaboost, Categorical Boosting (Catboost), and XGBoost algorithms are other machine learning algorithms that yield successful results [11]. In another study using the same dataset, the XGBoost algorithm predicted with 92% accuracy [12].

Artificial Neural Network, K-nearest Neighbors (KNN), RF, and SVM methods were applied to the obesity dataset obtained from 1610 individuals. As a result of the analysis, the RF algorithm was the most successful algorithm, with 87.82% accuracy [13].

This study used GB, RF, Catboost, XGBoost, CatBoost, DT, and AdaBoost machine learning methods to predict four classes of 1610 individuals [13]. These classes include underweight, normal, overweight, and obese individuals. Thus, the developed machine learning methods tried to distinguish individuals with these different conditions. As a result of the experimental studies, the GB algorithm achieved the highest success rate.

## **2. MATERIAL AND METHOD**

Obesity is characterized as a disease that is very difficult to control, opens the door to serious life-threatening problems, and can cause many important diseases. Heart diseases, high blood pressure, diabetes, high cholesterol, respiratory disorders, joint diseases, menstrual irregularities, infertility, gallbladder diseases, stone formation, and some types of cancer are some of the diseases directly related to obesity. To solve this important problem effectively, using artificial intelligence methods based on machine learning in health will help identify obese patients quickly and successfully. This study used six popular machine learning algorithms for obesity prediction. For these models to provide the best results, hyperparameter optimization was performed for each machine learning algorithm with the Gridsearch method. Cross-validation was applied during model training.

### **2.1. Dataset**

Koklu and Sulak [13] used the dataset used in this study to detect individuals at risk of obesity with artificial intelligence aspects. This dataset consists of 14 attributes belonging to 1610 individuals. These attributes are gender, age, height, the attribute indicating whether people have obesity in their families, fast food consumption, how often vegetarian foods are consumed, how many times a day the main meal is eaten, the frequency of taking food between meals, smoking, daily fluid intake, whether the calories taken are calculated or not, whether physical activity is done, how much time is spent on technology during the day, and the means of transportation used. There is also a class column where people are labeled as Underweight, Normal, Overweight, and Obesity.

## 2.2. Data Pre-Processing

The dataset used in this study was put into Kaggle by Koklu and Sulak [13]. The dataset was checked for empty data. Correlation analysis was also performed and no highly correlated features were found. Therefore, there was no need to extract features from the dataset.

## 2.3. Methods Used

This study used GB, RF, Catboost, XGBoost, DT, and AdaBoost models for obesity classification.

**Gradient Boosting:** This technique, frequently applied to regression and classification, combines several weak models, one after the other, to forecast the future. For additive expansions based on any fitness criterion, a general gradient descent "boosting" paradigm has been created [14]. By traveling in the gradient's direction, each model attempts to lessen the errors of the one before it. A potent technique for capturing intricate nonlinear function dependencies is GB machines. This model family has demonstrated notable efficacy in a range of real-world applications. Furthermore, GBMs are adaptable and simple to modify to meet real-world requirements. The most evident real-world issue with GBMs is their memory usage. The quantity of boosting iterations required for learning determines how much storage a predictive model would cost [15].

**Random Forest:** Combining several tree estimators so that every tree in the forest depends on the values of a random vector that is randomly sampled and has the same distribution for every tree in the forest, known as an RF. As the number of trees in a forest increases, the generalization error converges to an a.s. Limit. A forest of tree classifiers' generalization error is influenced by the correlation and strength of the trees inside the forest [16]. This method has demonstrated exceptional performance when the number of variables is significantly greater than the number of observations. It combines multiple random DTs and averages their predictions. Additionally, it returns changeable importance metrics and is adaptable enough to be used on various ad hoc learning tasks and large-scale challenges [17].

**Categorical Boosting:** Using GB in DTs, CatBoost is an effective classifier technique that manages categorical features in the data. In contrast to other approaches, which require previous fitting to categorical data, it automatically processes categorical data using statistical methods. By optimizing a wide range of input parameters, CatBoost can prevent data from being overfitted. It processes categorical features during training rather than processing them during processing. Random permutation is used instead of binary replacement for categorical data, and an average label value is calculated [18].

**eXtreme Gradient Boosting:** XGBoost is a leading library built on a machine-learning technique called gradient tree boosting. Gradient tree boosting is a powerful technique that captures complex data dependencies and enables successful results on diverse datasets. XGBoost is characterized by high predictive power, overfitting prevention, and fast and

incomplete data processing. XGBoost also leverages software and hardware optimization techniques to achieve superior results with fewer resources [19].

**Decision Tree:** DT is an algorithm used in machine learning that is suitable for classification and regression problems. It is based on a tree structure and makes step-by-step decisions using features from the dataset. Each node represents a question based on a feature, and branches subdivide the dataset based on the answers to that question. This process continues until the dataset is divided in the best possible way and the leaf nodes contain the final decisions [20]. DT algorithms are widely used because they easily model and interpret data intuitively. However, they can be prone to overfitting due to overbranching. Modern versions use techniques such as pruning to reduce this problem. Derivatives such as C4.5 and CART are DTs' most widely used versions.

**Adaptive Boosting:** This algorithm combines weak classifiers into a stronger model. It trains each weak classifier by giving more weight to the errors made by the previous classifier, improving the model's predictions at each iteration. AdaBoost can be used effectively in both classification and regression problems and is particularly notable for its ability to deliver high accuracy [21].

#### 2.4. Evaluation Metrics

The accuracy, precision, recall, and F1 metrics used to measure the performance of the models used in solving classification problems were also used in this study. The results obtained are given in terms of these metrics. TP stands for true positive and refers to results that are actually positive and predicted positively by the model. FP represents values that are negative but predicted as positive by the system. TN values are negative and predicted to be negative by the model. FN are values that are positive and predicted as negative by the model. The Accuracy metric is the ratio of the number of values correctly predicted by the model to all predicted values. It is calculated by Equation 1.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (1)$$

The Precision metric is calculated by dividing the number of correct positive predictions by the total number of positive predictions, using Equation 2.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

Equation 3 gives the recall metric, which measures how many of the positive examples the model correctly predicts as positive.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

The F-1 score metric is calculated using the recall and precision metrics. This calculation produces a balanced result of these two metrics. The F-1 score metric is the metric that gives a successful measurement, especially in unbalanced datasets.

$$F - 1 \text{ score} = \frac{2 * \text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

### 3. EXPERIMENTAL RESULTS

This study applied six popular machine learning methods, GB, RF, CatBoost, XGBoost, DT, and AdaBoost, to the obesity dataset obtained from 1610 individuals. The results were obtained using each method's accuracy, precision, recall, and F-score metric results. Table 1 shows the confusion matrix results for the GB algorithm.

**Table 1.** The confusion matrix of the GB

GB		Predicted			
(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity
Actual	Underweight	16	1	1	0
	Normal	0	141	11	0
	Overweight	0	15	139	10
	Obesity	0	1	9	59

Table 1 presents that the GB algorithm correctly classifies 355 out of 403 data, achieving an accuracy of 88.09%. Table 2 demonstrates the confusion matrix of the RF algorithm.

**Table 2.** The confusion matrix of the RF

RF		Predicted			
(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity
Actual	Underweight	18	0	0	0
	Normal	0	138	14	0
	Overweight	0	11	140	13
	Obesity	0	1	12	56

Table 2 presents that the RF algorithm achieved an accuracy of 87.34% by correctly classifying 352 out of 403 data. Table 3 demonstrates the confusion matrix of the CatBoost algorithm.

**Table 3.** The confusion matrix of the CatBoost

CatBoost		Predicted			
----------	--	-----------	--	--	--



(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity
Actual	Underweight	16	1	1	0
	Normal	0	138	14	0
	Overweight	0	17	133	14
	Obesity	0	1	11	57

Table 3 presents that the Catboost algorithm correctly classified 344 out of 403 data, achieving an accuracy of 85.36%. Table 4 demonstrates the confusion matrix of the XGBoost algorithm.

**Table 4.** The confusion matrix of the XGBoost

XGBoost		Predicted			
(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity
Actual	Underweight	17	1	0	0
	Normal	0	137	15	0
	Overweight	0	15	132	17
	Obesity	0	1	14	53

Table 4 presents that the XGboost algorithm correctly classified 339 out of 403 data, achieving an accuracy of 84.12%. Table 5 demonstrates the confusion matrix of the DT algorithm.

**Table 5.** The confusion matrix of the DT

DT		Predicted			
(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity
Actual	Underweight	14	4	0	0
	Normal	3	131	17	1
	Overweight	0	15	129	20
	Obesity	0	3	20	46

Table 5 presents that the DT algorithm correctly classifies 320 out of 403 data, achieving an accuracy of 79.40%. Table 6 demonstrates the confusion matrix of the AdaBoost algorithm.

**Table 6.** The confusion matrix of the AdaBoost

AdaBoost		Predicted			
(4x4)		Underweight	Normal	Overweight	Obesity

<b>Actual</b>	Underweight	7	8	3	0
	Normal	5	117	29	1
	Overweight	0	22	131	11
	Obesity	0	4	32	33

Table 6 demonstrates that the AdaBoost algorithm correctly classified 288 out of 403 data, achieving an accuracy of 71.46%. Table 7 gives a comparative graph of the methods used in the study.

**Table 7.** Comparative representation of the models used in the study

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
<b>GB</b>	88,09	88,12	88,09	88,07
<b>RF</b>	87,34	87,38	87,34	87,36
<b>CatBoost</b>	85,36	85,4	85,36	85,35
<b>XGBoost</b>	84,12	84,13	84,12	84,12
<b>DT</b>	79,4	79,35	79,4	79,37
<b>AdaBoost</b>	71,46	71,12	71,46	70,82

Table 7 presents the comparative results of the machine learning algorithms used in the study. The GB algorithm achieved the best result in terms of all metrics. The most successful algorithm after the GB algorithm was RF. The CatBoost, XGBoost, and DT algorithms followed RF. The AdaBoost algorithm obtained the worst result for this problem. The GB algorithm's hyperparameters are as follows: learning\_rate=0.05, max\_depth=10, max\_features='sqrt', min\_samples\_leaf=1, min\_samples\_split=2, n\_estimators=300, subsample=1.0, random\_state=42.

#### 4. CONCLUSION

Obesity is the deterioration of the body's energy balance and increases in body weight because the energy intake of individuals through food is more than the energy they spend. Obesity is defined as a severe health problem, especially in developed and developing countries. Factors affecting obesity include genetic tendencies, the extent to which your body converts food into energy, and how your body burns calories during exercise. There is also an increased risk of becoming obese if one or both parents are obese. In addition, excessive and wrong eating habits and a sedentary lifestyle can lead to weight gain.

Many methods are used to detect obesity. The accuracy of the results of these methods is very important for developing treatment methods. Traditional methods such as body mass index, waist circumference, and waist-to-hip ratio detect obesity. In this study, we tried to develop a successful machine-learning model that detects obesity as an alternative to these methods. For

these purposes, popular machine learning algorithms such as GB, RF, CatBoost, XGBoost, DT, and AdaBoost were used to determine the Underweight, Normal, Overweight, and Obesity status of individuals. As a result of the experimental studies, the GB algorithm achieved the most successful result.

## REFERENCES

- [1] WHO, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Access time 10 October 2024)
- [2] TC Sağlık Bakanlığı <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/obezite#:~:text=DS%C3%96'ne%20g%C3%B6re%20bel%2Fkal%C3%A7a,tip%20obezite%20olarak%20kabal%20edilmektedir> (Access time 10 October 2024)
- [3] Pi-Sunyer, F. X. (1999). Comorbidities of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exer.* 31(11 Suppl.), S602–S608.
- [4] Dunstan, J., Aguirre, M., Bastías, M., Nau, C., Glass, T. A., & Tobar, F. (2020). Predicting nationwide obesity from food sales using machine learning. *Health Informatics Journal*, 26(1), 652-663.
- [5] Colmenarejo, G. (2020). Machine learning models to predict childhood and adolescent obesity: a review. *Nutrients*, 12(8), 2466.
- [6] Triantafyllidis, A., Polychronidou, E., Alexiadis, A., Rocha, C. L., Oliveira, D. N., da Silva, A. S., ... & Tzovaras, D. (2020). Computerized decision support and machine learning applications for the prevention and treatment of childhood obesity: A systematic review of the literature. *Artificial Intelligence in Medicine*, 104, 101844.
- [7] Ferdowsy, F., Rahi, K. S. A., Jabiullah, M. I., & Habib, M. T. (2021). A machine learning approach for obesity risk prediction. *Current Research in Behavioral Sciences*, 2, 100053.
- [8] Rodríguez, E., Rodríguez, E., Nascimento, L., da Silva, A. F., & Marins, F. A. S. (2021, November). Machine learning Techniques to Predict Overweight or Obesity. In *IDDM* (pp. 190-204).
- [9] Safaei, M., Sundararajan, E. A., Driss, M., Boulila, W., & Shapi'i, A. (2021). A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity. *Computers in biology and medicine*, 136, 104754.
- [10] Jeon, J., Lee, S., & Oh, C. (2023). Age-specific risk factors for the prediction of obesity using a machine learning approach. *Frontiers in Public Health*, 10, 998782.
- [11] Dwivedi, N., Singh, V., Gourisaria, M. K., Chatterjee, R., Bandyopadhyay, A., & Patra, S. S. (2024, July). Obesity Risk Detection Using Machine Learning Techniques. In *2024 2nd International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS)* (pp. 761-766). IEEE.
- [12] Özkurt, C. (2024). Examination and Evaluation of Obesity Risk Factors with Explainable Artificial Intelligence. *Computers and Electronics in Medicine*, 1(1), 12-17.
- [13] Koklu, N., & Sulak, S. A. (2024). Using Artificial Intelligence Techniques for the Analysis of Obesity Status According to the Individuals' Social and Physical Activities. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 217-239.

- [14] Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of statistics*, 1189-1232.
- [15] Natekin, A., & Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, a tutorial. *Frontiers in neurorobotics*, 7, 21.
- [16] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32.
- [17] Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *Test*, 25, 197-227.
- [18] Kumar, P. S., Kumari, A., Mohapatra, S., Naik, B., Nayak, J., & Mishra, M. (2021, January). CatBoost ensemble approach for diabetes risk prediction at early stages. In *2021 1st Odisha international conference on electrical power engineering, communication and computing technology (ODICON)* (pp. 1-6). IEEE.
- [19] 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).
- [20] Song, Y. Y., & Ying, L. U. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai archives of psychiatry*, 27(2), 130.
- [21] Freund, Y., & Schapire, R. E. (1996, July). Experiments with a new boosting algorithm. In *icml* (Vol. 96, pp. 148-156).

## PİRİNÇ NOZULLARIN KULLANILDIĞI PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE HAVA VE OKSİJEN AKIŞKAN PERFORMANSLARININ YAPAY ZEKA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Dr, Murat KORKMAZ**

Hacettepe Üniversitesi, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr - 0000-0002-3721-2854

**Dr, Ayhan DOĞAN**

Hacettepe Üniversitesi, aydogan@hacettepe.edu.tr - 0000-0002-9872-8889

**Prof. Dr, Volkan KIRMACI**

Bartın Üniversitesi, volkankirmaci@bartin.edu.tr - 0000-0001-7076-1911

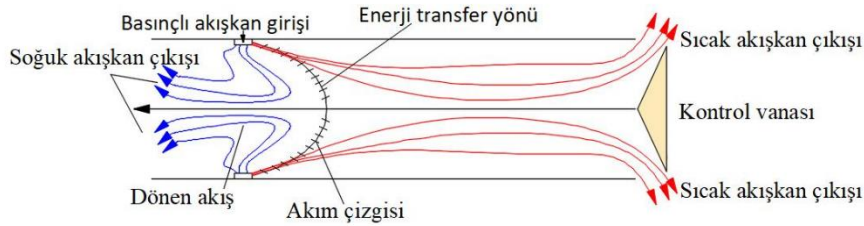
### ÖZET

Vorteks Tüpler (VT), hava veya çevre dostu sıkıştırılmış basınçlı akışkanları kontrol vanası dışında hareketli parçası bulunmayan bir boru içerisindeki spiral kanallardan geçirerek aynı anda ısıtma ve soğutma yapabilen cihazlardır. Paralel bağlı vorteks tüpleri ise birden fazla VT'lerin birbirine paralel bağlanması ile yapılan sistemler olup, bu çalışmada iki tane birbirine paralel olarak bağlanan VT'leri ile deneysel sistem kurulmuştur. Deneysel sistemde paralel bağlı karşıt akışlı VT'de basınçlı akışkan olarak hava ve oksijen gazı kullanılmış olup, pirinç malzemenin yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozul türü ile birlikte 150- 700 kPa basınç aralıklarında veriler alınmıştır. Deneysel sistemden alınan verilerden, vorteks tüpün performans değeri olan sıcaklık farkları alınarak sistemin anlık performansları hesaplanmıştır. VT performans değerleri makine öğrenme yöntemleri içerisindeki, Gauss Süreç Regresyonu (GSR), Lineer Regresyon (LR), Destek Vektör Makineleri (DVM), Regresyon Ağaçları (RA) ve Ağaç Toplulukları (AT) metodları kullanılarak karşılaştırmaları yapılarak en iyi determinasyon katsayısını veren metod belirlenmiştir. Makine öğrenme metodları ile yapılan analizler sonucunda, pirinç nozulları ile yapılan hem hava hem de oksijen basınçlı akışkanlar ile en iyi determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri 0,99 ile GSR olduğu belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Paralel Bağlı Karşıt Akışlı RHVT, Yapay Zeka, Soğutma, Isıtma

## 1. GİRİŞ

Vortex tüplerin, Ranque-Hilsch Vorteks Tüpler (RHVT) olarak bilinmesinin nedeni Ranque tarafından 1931 yılında bulunması ve aynı zamanda yıllar sonra Hilsch tarafından 1947 yılında geliştirilmesindedir [1]. Karşı akışlı RHVT'leri sıcak çıkış, girdap odası, nozul yuvası ve soğuk çıkış bölümlerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte RHVT'lerin kontrol vanası dışında herhangi bir hareketli parçası bulunmayan basit bir borudan meydana gelmektedir. RHVT'üne Görsel 1'de gösterildiği gibi farklı basınçlı akışkanlar nozulların olduğu kısımdan giriş yapmaktadır. Basınçlı akışkan RHVT içerisinde nozuldan geçtikten sonra teğetsel hareket yaparak hızlı dönen gaz katmanlarını oluşturur. Gaz katmanları sonucunda enerji ayrışması meydana gelir ve boru yüzeyi ile merkezi arasında sıcaklık farkı  $T_{soğ}$ , ve  $T_{sic}$  akışkan olmak üzere iki akışa ayrılma işlemi meydana gelmektedir. RHVT'lerinde termodinamiksel bu işlemlerin sonucunda kontrol vanası tarafından sıcak akışkan, nozulların olduğu bölümden ise soğuk akışkan çıkmaktadır [2,3].



**Görsel 1.** RHVT sıcak-soğuk akış dağılımı

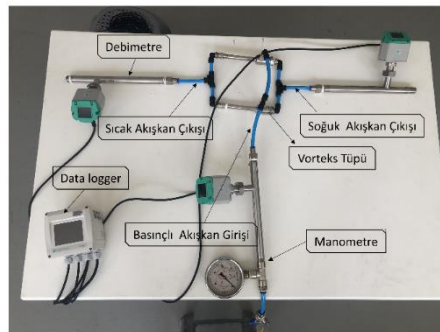
VT'leri basit bir tasarıma sahip olmalarına rağmen, enerji ayırma mekanizmasının karmaşık olmasından dolayı literatürde yapılan farklı bir çok çalışma bulunmaktadır. RHVT ile ilgili CFD simülasyonu uygulayarak boru içindeki enerji ayırma prensiplerini açıklamak adına farklı çalışmalar yapılmıştır [4,5]. VT ile ilgili yapılan deneysel çalışmaların birinde ise sıcak çıkış alanıyla ilgili çalışmanın diğer performans parametrelerinden daha az olduğu bulunmuştur [6]. Başka bir çalışmada VT'ün sayısal analizini yaparak nozulların sayısının etkisini inceleyerek geliştirilmiş bir geometrik model önermişlerdir. Çalışmanın sonucunda giriş nozullarının yakınına dairesel bir yapı eklemişlerdir. Çalışmada önerilen modelde, nozul sayısı azaltılırken VT'ün soğutma performansının arttığı gözlemlenmiştir[7]. Manımaran, farklı çalışma aralıklarında basınçlı akışkan olarak hava ve hidrojen için vorteks tüpü üzerinde uygulamalar yapmıştır [8]. Majidi ve arkadaşları, VT'ün performansını iyileştirmek için kademeli bir düzenleme önermişlerdir. Düzenlemede soğutma ile ısıtma performansını iyileştirmek için çeşitli parametrelerin,

özellikle de girişteki akışkanın sıcaklığı ve basıncının etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, giriş akışkanının önceden soğutulmasının daha iyi bir sıcaklık farkı sağlayabileceğini ve giriş basıncındaki artışın bu farkı daha da desteklediğini sonucuna varmışlardır. Karthik ve Nayak, sıcak ve soğuk akışları bölen yüzey ile VT'nin uzunluğu arasında ampirik bir formül geliştirmek için VT'de akış ayırma analizi yapmışlardır [9]. Anish et al, VT'ün girdap odası içindeki enerji ayırma mekanizmasının arkasındaki fiziksel mantığı hesaplamalı olarak araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda üç boyutlu sıkıştırılabilir Navier- Stokes denklemleri kullanılarak hesaplamalı bir analiz gerçekleştirmişlerdir [10].

Bu çalışmada, pirinç malzemeden yapılan nozullar ile hava ve oksijen gazları kullanıldığı iki tane karşı akışlı vorteks tüpler birbirine paralel bağlanarak deney düzeneği kurulmuştur. Deney düzeneğinden alınan veriler makine öğrenme metotlarından, GSR, LR, DVM, RA ve AT kullanılarak karşılaştırmalar yapılarak en iyi tahmin sonucu veren doğruluk değerleri bulunmuştur.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, 7mm iç çapı ve 100mm gövde uzunluğu olan iki tane karşı akışlı Ranque-Hilsch Vorteks Tüp (KRHVT) birbirine paralel bağlanarak deney seti kurulmuştur (Görsel 2). Deney setinde; girdi parametresi olarak farklı basınçlarda 150-700kPa aralığında basınçlı akışkan hava ve oksijen ile pirinç malzemelerden yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozullar ( Görsel 3) tercih edilmiş olup Çizelge 1'de gösterilmiştir. Aynı zamanda çıktı parametresi olarak ise sıcaklık farkı  $\Delta T$  alınmıştır. Paralel bağlı karşı akışlı Ranque-Hilsch Vorteks Tüp (PKHVRT) ile deneylerde PAKKENS tipi manometre (hassasiyeti %5 ) ile basınç değerleri, hassasiyeti  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  olan dijital CSİ marka debimetre ile çıkan soğuk ve sıcak akış sıcaklıkları ölçüme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneyler de basınçlı akışkan olarak hava ve oksijen gazları için 150 kPa basınç değerinde ve daha sonra her 50 kPa basınç değişiminde manometrede ayarlandıktan sonra pirinç malzemeden yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozul tipleri için ayrı ayrı veriler alınarak kaydedilmiştir.



## Görsel 2. Paralel Bağlı Karşıt Akımlı RHVT Deney Seti



Görsel 3. Pirinç Nozullar

PKRHVT'nin performansı ise denklem 3'de gösterildiği gibi, denklem 1-2'deki soğuk akış sıcaklık farkı ( $\Delta T_{soğ}$ ) ile sıcak akış sıcaklık farkı ( $\Delta T_{sıc}$ ) arasındaki fark alınarak hesaplanmaktadır[11].

$$\Delta T_{soğ} = T_{gir} - T_{soğ} \quad (1)$$

$$\Delta T_{sıc} = T_{sıc} - T_{gir} \quad (2)$$

$$\Delta T = T_{sıc} - T_{soğ} \quad (3)$$

## Makine öğrenimi

Çalışmada, girdilerin etkisinin çıkış parametresi üzerindeki etkisini tahmin etmek için GSR, LR, AT, DVM ve RA makine öğrenimi yöntemleri kullanılmıştır. Makine öğrenimi işlemlerinde 5 katlı K-fold çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu sayede aşırı öğrenme ihtimalinin önüne geçilmeye çalışılmış, tahmin başarıları RMSE,  $R^2$ , MSE ve MAE metrikleriyle ölçülmüştür.

Çizelge 1. İşlem parametreleri

Akışkan	Girdi parametreleri			Çıktı parametresi °K
	Nozul	Nozul sayısı	Basınç (kPa)	
Hava Oksijen	Pirinç	2, 3, 4, 5, 6	150-700	$\Delta T$

## Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makinesi (DVM), sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılan güçlü bir makine öğrenimi algoritmasıdır. DVM verileri farklı gruplara ayırabilmek için en geniş aralığı sunan bir ayırıcı düzlem bulmayı hedefler. Regresyon durumunda ise, bu düzlem veri noktalarına en yakın şekilde yerleştirilerek tahminlerde bulunulur [12].

## Ağaç Topluluğu



Bu yöntem, birden fazla karar ağacının birleştirilerek daha güçlü ve kararlı modeller oluşturulmasını sağlar. Örneğin, rastgele ormanlar ve gradyan artırımı gibi yaklaşımlar, birden çok ağacın oy çokluğuyla veya ağırlıklı ortalama ile sonuç üretmesini hedefler. Bu yöntem, genellikle aşırı öğrenme riskini azaltarak daha doğru tahminler sağlayabilir[13].

### Gauss Süreç Regresyonu

Gauss süreç regresyonu (GSR), olasılıksal bir regresyon tekniğidir ve doğrusal olmayan ilişkilere sahip veriler üzerinde etkilidir. GSR, bir fonksiyonun muhtemel dağılımlarını modellemek için gauss süreçlerini kullanarak tahmin yapar ve bu tahminlerin belirsizliğini de hesaba katarak yüksek esneklik sunar [14].

### Lineer Regresyon

Lineer regresyon, bağımlı bir değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi modelleyen basit ve yaygın bir istatistiksel tekniktir. En iyi uyan doğrusal ilişki, veri noktaları arasındaki farkları en aza indirgeyen bir doğrusal denklem yardımıyla oluşturulur[15].

### Regresyon Ağaçları

Regresyon ağaçları (RA), veriyi belirli karar kurallarına göre dallara ayıran ve her dalda sonuçları tahmin eden bir algoritmadır. Ağaç yapısı içinde her düğüm, veri setinin bir özelliğine dayalı olarak bölünür. Nitecede yaprak düğümlerinde nihai tahmin değerleri üretilir. RA, karmaşık veri ilişkilerini görselleştirmek ve anlamak için güçlü bir araçtır[16].

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada, pirinç malzemelerden yapılan farklı nozullarla akışkan olarak oksijen ve hava kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen veriler kullanılarak makine öğrenimi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Makine öğrenimi test tahmin sonuçlarının doğruluk değerleri Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Bu sonuçlara ait grafikler de Görsel 4 ve Görsel 5’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.** PKRHVT’de pirinç nozullar ve hava akışkanı kullanılarak elde edilmiş verilere uygulanan makine öğrenimi yöntemlerine ait testlerin ölçüm metriklerinin sonuçları

	DVM	GSR	AT	LR	RA
(RMSE)	1.53	1.28	5.42	5.07	6.48

<b>(R<sup>2</sup>)</b>	0.99	0.99	0.88	0.90	0.83
<b>(MSE)</b>	2.34	1.63	29.40	25.67	41.97
<b>(MAE)</b>	1.17	0.80	4.36	4.29	5.29

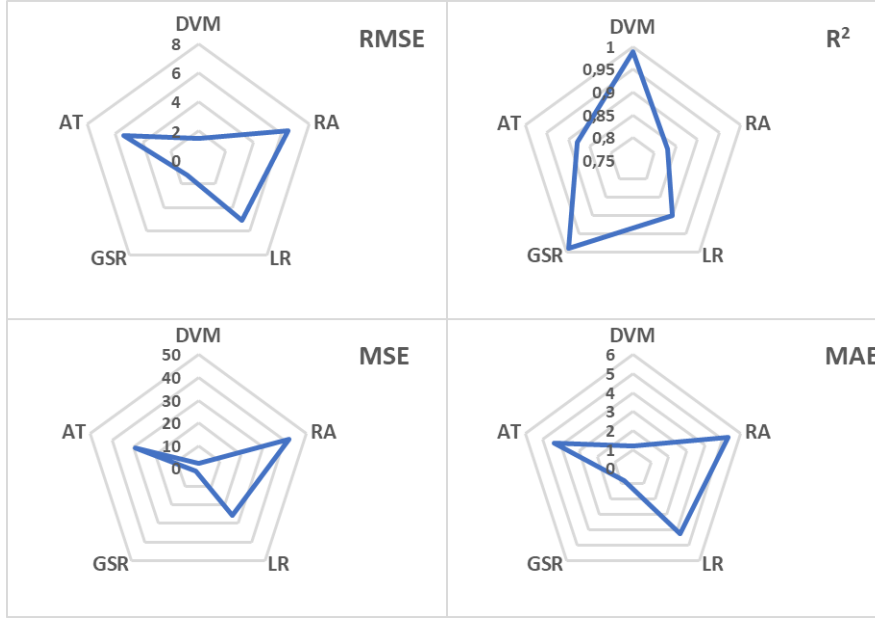
**Çizelge 3.** PKRHVT’de pirinç nozullar ve oksijen akışkanı kullanılarak elde edilmiş verilere uygulanan makine öğrenimi yöntemlerine ait testlerin ölçüm metriklerinin sonuçları

	<b>DVM</b>	<b>GSR</b>	<b>AT</b>	<b>LR</b>	<b>RA</b>
<b>(RMSE)</b>	1.30	0.75	4.32	3.68	5.22
<b>(R<sup>2</sup>)</b>	0.98	0.99	0.92	0.94	0.89
<b>(MSE)</b>	1.69	0.56	18.64	13.55	27.25
<b>(MAE)</b>	1.07	0.57	3.61	3.14	4.49

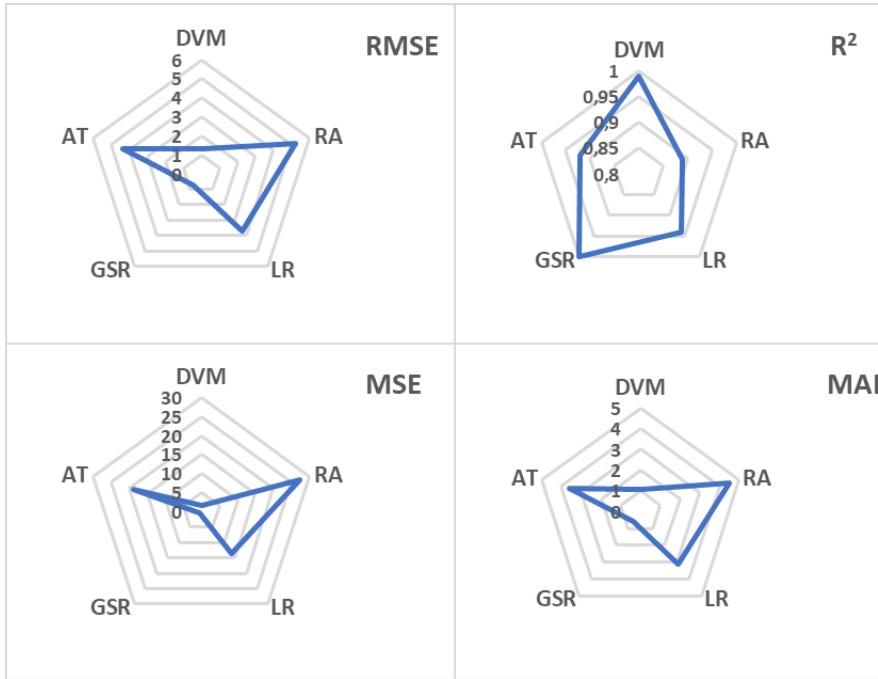
Çizelge 2 incelendiğinde yöntemler içerisinde determinasyon katsayısının (R<sup>2</sup>) en iyi çıktığı değer GSR ve DVM yöntemi olduğu görülmektedir. Tüm yöntemler incelendiğinde genel olarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3’deki ölçüm metriklerinin sonuçları incelendiğinde R<sup>2</sup> en iyi çıktığı değer GSR yöntemine aittir. Onu DVM yöntemi izlemektedir.. Diğer üç metodun R<sup>2</sup> değerleri de %89’un üzerindedir. Bu durum bu veri grubu üzerinde buradaki tüm yöntemlerin yüksek başarılı olduğu ve kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

Makine öğrenimi yöntemleri ile yapılan analizlerde pirinç malzemelerden yapılan nozullar ve akışkan olarak hava ve oksijen kullanıldığında paralel bağlı ters akışlı VT’ün performans tahminleri için en iyi yöntemlerin GSR ve DVM yöntemleri olduğu anlaşılmaktadır. Oksijen kullanıldığında ise tüm ölçüm metriklerinin başarısında belirgin bir artış göze çarpmaktadır.



**Görsel 4.** Paralel Bağlı Ters Akışlı VT’de pirinç nozullar ve hava akışkanı kullanılarak gerçekleştirilen makine öğrenimi tahminlerine ait ölçüm metrikleri grafiği



**Görsel 5.** Paralel Bağlı Ters Akışlı VT’de pirinç nozullar ve hava akışkanı kullanılarak gerçekleştirilen makine öğrenimi tahminlerine ait ölçüm metrikleri grafiği

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Paralel bağlı ters akışlı VT’de oksijen ve hava akışkanı kullanılarak pirinç malzemelerden yapılan nozullardan elde edilen deney verilerinin sıcaklık farkının ( $\Delta T$ )  $R^2$  sonuçları K-Fold çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda oksijen akışkanı kullanılarak gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarının hava akışkanı

kullanılarak gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarından daha başarılı çıktığı görülmektedir. Oksijen kullanılarak ve pirinç malzemelerden yapılan nozullar ile gerçekleştirilen deneylerden elde edilen verilerle yapılan makine öğrenimi çalışmalarının ölçüm metriklerine göre en iyi yöntem GSR yöntemidir. Bu yönteme ait RMSE 0.75, R2 değeri 1, MSE 0.56 ve MAE değeri 0.57'dir.

Deney düzeneklerinin kurulumu maliyetli ve zaman alıcıdır. Bu nedenle önceden gerçekleştirilmiş VT deney sonuçları kullanılarak makine öğrenimi yöntemlerinin kullanımı ile daha az deney yapabilmek ve yine de başarılı tahmin sonuçlarına ulaşmak mümkün gözükmemektedir. Ancak makine öğrenimi çalışmalarında kullanılan veri setlerinin sayısı ve temsil kabiliyeti ile seçilen makine öğrenimi yöntemleri ve uygulama şeklinin başarıyı önemli ölçüde etkilediği de unutulmamalıdır.

## KAYNAKÇA

- [1] M. Korkmaz, A. Dogan, and V. Kırmacı, "Performance Analysis of Counterflow Ranque – Hilsch Vortex Tube with Linear Regression, Support Vector Machines and Gaussian Process Regression Method," *Gazi J. Eng. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 361–370, 2022, doi: doi:10.30855/gmbd.0705015.
- [2] V. Kırmacı, "Karşıt akışlı Ranque-Hilsch vorteks tüplerde farklı uzunluk çapa oranındaki soğutma-ısıtma sıcaklık performanslarının deneysel olarak incelenmesi," *Cumhur. Sci. J.*, vol. 38, no. 4, pp. 813–821, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.17776/csj.349343>.
- [3] V. Kırmacı, "Seri ve Paralel bağlı karşıt akışlı Ranque-Hilsch vorteks tüpün ısıtma–soğutma performansının karşılaştırılması," *Gazi Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, vol. C, no. 5, pp. 159–168, 2017.
- [4] P. H. Niknam, H. R. Mortaheb, and B. Mokhtarani, "Numerical Investigation of a Ranque–Hilsch Vortex Tube using a Three-Equation Turbulence Model," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 204, no. 3, pp. 327–336, 2017, doi: 10.1080/00986445.2016.1155989.
- [5] G. Sharma, S. Ghosh, and S. Karmakar, "Computational Fluid Dynamic Simulation of Single and Two-Phase Vortex Flow—A Comparison of Flow Field and Energy Separation," *J. Heat Transf. Asme*, vol. 138, no. 082013, 2016, doi: <https://doi.org/10.1115/1.4033388>.
- [6] S. Subudhi and M. Sen, "Review of Ranque-Hilsch vortex tube experiments using air,"

- Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 52, pp. 172–178, 2015, doi:  
10.1016/j.rser.2015.07.103.
- [7] R. Shamsoddini and B. Abolpour, “A geometric model for a vortex tube based on numerical analysis to reduce the effect of nozzle number,” *Int. J. Refrig.*, vol. 94, pp. 49–58, 2018, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.07.027.
- [8] R. Manimaran, “Review of vortex tube: a sustainable and energy separation device for multi-purpose applications,” *Aust. J. Mech. Eng.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–29, 2020, doi: 10.1080/14484846.2020.1816735.
- [9] A. V. Karthik and V. Nayak, “Analytical investigation on energy separation in Ranque–Hilsch vortex tube,” *Numer. Heat Transf. Part B Fundam.*, vol. 80, no. 5–6, pp. 136–154, 2021, doi: 10.1080/10407790.2021.1969816.
- [10] S. Anish, T. Setoguchi, and H. D. Kim, “Computational investigation of the temperature separation in vortex chamber,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 28, no. 6, pp. 2369–2376, 2014, doi: 10.1007/s12206-014-0529-0.
- [11] V. Kırmacı, “Paralel bağlı karşıt akışlı ranque-hilsch vorteks tüp sisteminde farklı çalışma akışkanı ve nozul malzemesi kullanımının performansa etkisinin deneysel incelenmesi,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, vol. 8, no. 1, pp. 1204–1215, 2020.
- [12] V. Cherkassky and Y. Ma, “Practical selection of SVM parameters and noise estimation for SVM regression,” *Neural networks*, vol. 17, no. 1, pp. 113–126, 2004.
- [13] F. Schiltz, C. Masci, T. Agasisti, and D. Horn, “Using regression tree ensembles to model interaction effects: a graphical approach,” *Appl. Econ.*, vol. 50, no. 58, pp. 6341–6354, 2018.
- [14] Z.-L. Ouyang, Z.-J. Zou, and L. Zou, “Adaptive hybrid-kernel function based Gaussian process regression for nonparametric modeling of ship maneuvering motion,” *Ocean Eng.*, vol. 268, p. 113373, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113373>.
- [15] M. K. Ayoubloo, H. M. Azamathulla, E. Jabbari, and M. Zanganeh, “Predictive model-based for the critical submergence of horizontal intakes in open channel flows with different clearance bottoms using CART, ANN and linear regression approaches,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 8, pp. 10114–10123, 2011.
- [16] X. Su, M. Wang, and J. Fan, “Maximum likelihood regression trees,” *J. Comput. Graph. Stat.*, vol. 13, no. 3, pp. 586–598, 2004.

## PARALEL BAĞLI VORTEKS TÜPÜNDE ALÜMİNYUM VE POLYAMİD NOZULLAR KULLANARAK YAPAY ZEKA İLE PERFORMANS ANALİZİ

**Dr, Ayhan DOĞAN**

Hacettepe Üniversitesi, aydogan@hacettepe.edu.tr - 0000-0002-9872-8889

**Dr, Murat KORKMAZ**

Hacettepe Üniversitesi, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr - 0000-0002-3721-2854

**Prof. Dr, Volkan KIRMACI**

Bartın Üniversitesi, volkankirmaci@bartin.edu.tr - 0000-0001-7076-1911

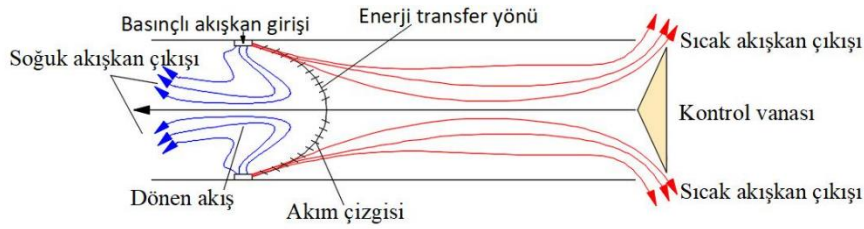
### ÖZET

Paralel bağlı vorteks tüpleri, her biri bağımsız olarak çalışan iki veya daha fazla vorteks tüplerinden oluşur. Basınçlı akışkan, paralel bağlı vorteks tüplere aynı anda ve eşit basınçta dağıtılır. Paralel bağlı her vorteks tüp (VT), gelen basınçlı akışkanı içindeki spiral kanallar sayesinde yüksek hızlı bir dönme hareketine maruz bırakır. Bu dönme hareketi ile vorteks tüpü içerisindeki gaz molekülleri merkezkaç kuvveti etkisiyle merkezden dışa doğru hareket ederken, sıcak ve soğuk hava bölgeleri oluştururlar. Bu çalışmada iki tane VT birbirine paralel olarak bağlanarak deneysel sistem kurulmuştur. Deneylerde paralel bağlı karşıt akışlı VT’de basınçlı akışkan olarak oksijen gazı kullanılmış olup, polyamid ve alüminyum malzemelerden yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozullar tek tek deney düzeneğine bağlanarak 150- 700 kPa basınç aralıklarında datalar alınmıştır. Deney setinden alınan datalar ile vorteks tüpün performans değeri olan sıcaklık farkları alınarak sistemin anlık performansları hesaplanmıştır. Aynı zamanda çalışmada makine öğrenme yöntemleri içerisindeki, Gauss Süreç Regresyonu (GSR), Lineer Regresyon (LR), Destek Vektör Makineleri (DVM), Regresyon Ağaçları (RA) ve Ağaç Toplulukları (AT) metodları kullanılarak VT performans değerlerinin karşılaştırmaları yapılarak en iyi tahmin değerini veren metod belirlenmiştir. Makine öğrenme metodları ile yapılan analizler sonucunda, hem alüminyum hemde polyamid nozullar ile yapılan oksijen basınçlı akışkanı ile en iyi determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri 0,99 ile GSR metodu ile çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Paralel Bağlı Karşıt Akışlı RHVT, Yapay Zeka, Soğutma, Isıtma

## 1. GİRİŞ

Vortex tüplerin, Ranque tarafından 1931 yılında keşfedilmesi ve daha sonra yıllar içinde Hilsch tarafından 1947 yılında geliştirilmesinden dolayı Ranque-Hilsch Vorteks Tüpler (RHVT) olarak tanımlanmaktadır[1]. RHVT'lerin kontrol vanası dışında herhangi bir hareketli parçası bulunmayan karşı akışlı olarak tasarlanabilen sıcak çıkış, girdap odası, nozul yuvası ve soğuk çıkış bölümlerinden oluşan basit bir borudur. RHVT'üne Görsel 1'de gösterildiği gibi farklı basınçlı akışkanlar nozulların olduğu kısımdan giriş yapmaktadır. RHVT içerisinde basınçlı akışkan nozuldan geçtikten sonra teğetsel hareket yaparak hızlı dönen gaz katmanlarını meydana getirir. Gaz katmanları sonucunda boru yüzeyi ile merkezi arasında sıcaklık farkı  $T_{soğ}$ , ve  $T_{sic}$  akışkan olmak üzere enerji ayrışması meydana gelmektedir. VT'lerinde kontrol vanası tarafından sıcak akışkan, nozulların olduğu bölümden ise soğuk akışkan çıkması termodinamiksel bu işlemlerin sonucunda gerçekleşmektedir. [2,3].



**Görsel 1.** RHVT sıcak-soğuk akış dağılımı

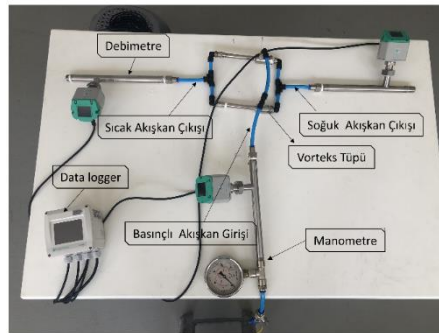
VT'leri yapısı itibari ile basit bir tasarıma sahip olmasına rağmen, termodinamiksel olarak enerji ayırma mekanizmasının karmaşıklığından dolayı literatürde yapılan farklı bir çok çalışma mevcuttur. VT boru içindeki enerji ayırma prensiplerini açıklamak adına CFD simülasyonu uygulayarak çalışmalar yapılmıştır [4,5]. Zin ve arkadaşları, RHVT içindeki akışkanın akış özellikleri üzerinde çap/uzunluk oranının etkisini hesaplamalı akışkan dinamiği (HAD) ile öngörmüş ve deneysel olarak doğrulamıştır. Çalışmalarında, VT içindeki dönme hızı, aksel hız, radyal hız bileşeni ve ikincil sirkülasyon akışını, aynı zamanda basıncı simüle etmişlerdir [6]. Pourmahmoud ve arkadaşları, bir girdap tüpünde enerji ayırma giriş gazı sıcaklığının etkisini simüle etmişlerdir. Çalışmalarında, giriş sıcaklığındaki artışın, durgunluk noktası ve maksimum duvar sıcaklığı pozisyonu üzerinde kayda değer bir etkisi olmadığını bulmuşlardır[7]. Rahbar ve arkadaşları, mikro ölçekli RHVT simüle etmişlerdir. Sonuçları, mikro ölçekli girdap tüpü içindeki akışkan akışı ve enerji ayırmanın geleneksel girdap tüplerininkilere oldukça benzer olduğunu göstermiştir[8].

Rafiee ve Sadeghiazad, farklı şekillerdeki sıcak kontrol valfleri kullanarak ters akışlı bir vorteks tüpü içindeki ısı transferi ve enerji ayrımını araştırmışlardır. Araştırmalarında, kesik valfli girdap tüpünün en yüksek soğutma kapasitesini sağladığını bulmuşlardır[9]. Secchiaroli ve arkadaşları RHVT'ündeki türbülanslı akışı simüle etmişlerdir. Sonuçları, hız profilleri, sıcaklık profilleri ve ikincil girdap yapılarında, kullanılan türbülans modeline bağlı olarak önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir[10].

Bu çalışmada, alüminyum ve polyamid malzemelerden yapılan nozullar ile oksijen basınçlı akışkanın kullanıldığı iki tane karşı akışlı vorteks tüpler birbirine paralel bağlanarak deney düzeneği kurulmuştur. Çalışmada makine öğrenme metotlarından, GSR, LR, DVM, RA ve AT kullanılarak deney düzeneğinden alınan sıcaklık farkı değerlerinin karşılaştırmaları yapılarak en iyi tahmin başarıları metrikleri bulunmuştur.

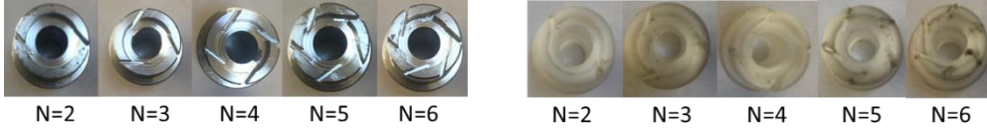
## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, iki tane karşıt akışlı Ranque-Hilsch Vorteks Tüp (KRHVT) her birinin ölçüleri 7mm iç çapı ve 100mm gövde uzunluğunda birbirine paralel bağlanarak deney seti kurulmuştur (Görsel 2). Deney setinde; girdi parametresi olarak farklı basınçlarda 150-700kPa aralığında basınçlı akışkan oksijen ile polyamid ve alüminyum malzemelerden yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozullar kullanılmış (Görsel 3) ve çıktı parametresi olarak ise sıcaklık farkı  $\Delta T$  alınmış olup Çizelge 1'de gösterilmiştir. Paralel bağlı karşı akışlı Ranque-Hilsch Vorteks Tüp (PKHVRT) ile deneyler yapılırken PAKKENS tipi manometre (hassasiyeti %5 ) basınç değerleri ve hassasiyeti  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  olan dijital CSI marka debimetre ile çıkan soğuk ve sıcak akış sıcaklıkları ölçüm değerleri alınmıştır. Deneyler de basınçlı akışkan olarak oksijen gazı için 150 kPa basınç değerinde ilk değer belirlenmiş olup daha sonra ise her 50 kPa basınç değişiminde polyamid ve alüminyum malzemelerden yapılan 2, 3, 4, 5 ve 6 nozullar için ayrı ayrı veriler alınarak kaydedilmiştir.





**Görsel 2.** Paralel Bağlı Karşıt Akımlı RHVT Deney Seti



**Görsel 3.** Alüminyum ve Polyamid Nozullar

Denklem 1-2'deki soğuk akış sıcaklık farkı ( $\Delta T_{soğ}$ ) ile sıcak akış sıcaklık farkı ( $\Delta T_{sic}$ ) arasındaki fark alınarak PKRHVT'nün performansı değeri denklem 3'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır[11].

$$\Delta T_{soğ} = T_{gir} - T_{soğ} \quad (1)$$

$$\Delta T_{sic} = T_{sic} - T_{gir} \quad (2)$$

$$\Delta T = T_{sic} - T_{soğ} \quad (3)$$

### Makine öğrenimi

Çalışmada, girdilerin etkisinin çıkış parametresi üzerindeki etkisini tahmin etmek için GSR, LR, AT, DVM ve RA makine öğrenimi yöntemleri kullanılmıştır. Makine öğrenimi işlemlerinde 5 katlı K-fold çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu sayede aşırı öğrenme ihtimalinin önüne geçilmeye çalışılmış, tahmin başarıları RMSE,  $R^2$ , MSE ve MAE metrikleriyle ölçülmüştür.

**Çizelge 1.** İşlem parametreleri

Akışkan	Girdi parametreleri			Çıktı parametresi °K
	Nozul	Nozul sayısı	Basınç (kPa)	
Oksijen	Polyamid	2, 3, 4, 5, 6	150-700	$\Delta T$
	Alüminyum			

### Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makineleri (DVM), sınıflandırma ve regresyon problemlerinde sıklıkla kullanılan etkili bir makine öğrenimi algoritmasıdır. DVM, verileri gruplara ayırmak için en geniş sınır aralığını sağlayacak optimal bir ayırma düzlemi bulmayı amaçlar. Regresyon işlemlerinde ise, bu ayırma düzlemi veri noktalarına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde yerleştirilir ve tahminler bu doğrultuda yapılır [12].

## **Ağaç Topluluğu**

Ağaç topluluğu (AT), birden fazla karar ağacını bir araya getirerek daha güçlü ve tutarlı tahmin modelleri oluşturur. Örneğin, AdaBoost, Bagging, XGBoost, LightGBM ve CatBoost gibi, birden fazla karar ağacından elde edilen sonuçların oy çokluğu veya ağırlıklı ortalamalarla birleştirilmesine dayanır. Bu teknik, genellikle aşırı uyum problemini azaltarak daha isabetli sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur [13].

## **Gauss Süreç Regresyonu**

Gauss süreç regresyonu (GSR), olasılık temelli bir regresyon yöntemidir ve doğrusal olmayan verilerle çalışmada etkilidir. GSR, bir fonksiyonun olası dağılımlarını modellemek için Gauss süreçlerini kullanarak tahminlerde bulunur ve bu tahminlerin belirsizliklerini göz önünde bulundurarak esnek bir yapı sunar[14].

## **Lineer Regresyon**

Lineer regresyon (LR), bağımlı bir değişken ile bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi açıklamayı hedefleyen temel ve yaygın bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntemde, veri noktaları arasındaki farkların minimize edilmesi amacıyla en uygun doğrusal denklem oluşturulur [15].

## **Regresyon Ağaçları**

Regresyon ağaçları (RA), veri setini çeşitli karar kurallarına göre dallandıran ve her dalda tahmin sonuçları üreten bir tekniktir. Ağaç yapısındaki her düğüm, verilerin bir özelliğine dayanarak bölünür ve nihai tahminler yaprak düğümlerinde elde edilir. RA, karmaşık veri ilişkilerini görselleştirmede ve analiz etmede etkili bir araçtır [16].

## **3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME**

Çalışmada, alüminyum ve polyamid malzemelerden yapılan farklı nozullarla akışkan olarak oksijen kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen veriler kullanılarak makine öğrenimi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Makine öğrenimi test tahmin sonuçlarının doğruluk değerleri Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Bu sonuçlara ait grafikler de Görsel 4 ve Görsel 5’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.** Paralel bağlı ters akışlı VT alüminyum nozullar ve oksijen akışkanı kullanılarak elde edilmiş verilere uygulanan makine öğrenimi yöntemlerine ait testlerin ölçüm metriklerinin sonuçları

	DVM	GSR	AT	LR	RA
(RMSE)	2.40	1.83	3.97	3.03	5.26
(R <sup>2</sup> )	0.98	0.99	0.94	0.96	0.89
(MSE)	5.74	3.33	15.76	9.16	27.65
(MAE)	1.78	1.15	3.37	2.40	4.23

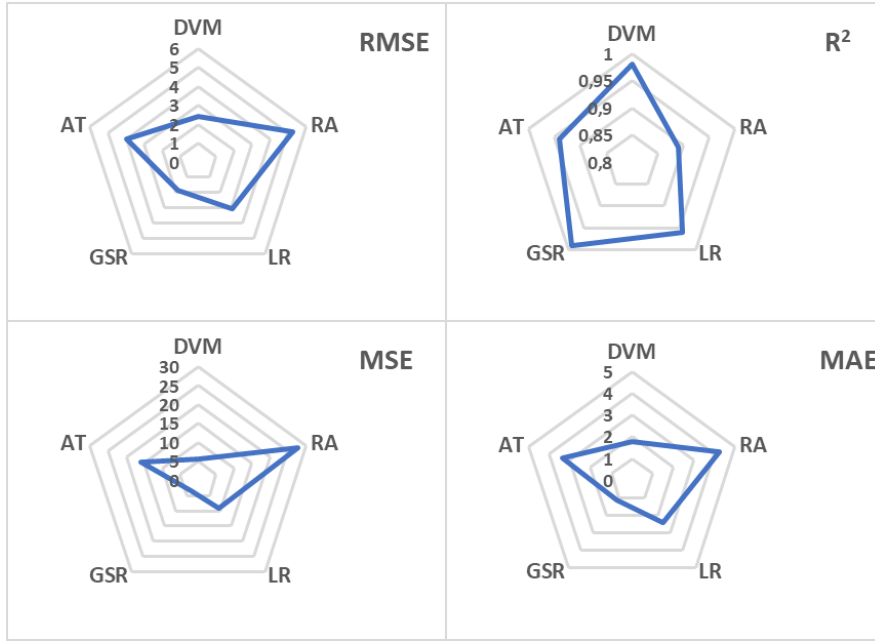
**Çizelge 3.** Paralel bağlı ters akışlı VT polyamid nozullar ve oksijen akışkanı kullanılarak elde edilmiş verilere uygulanan makine öğrenimi yöntemlerine ait testlerin ölçüm metriklerinin sonuçları

	DVM	GSR	AT	LR	RA
(RMSE)	1.45	1.27	4.15	2.74	5.51
(R <sup>2</sup> )	0.99	0.99	0.90	0.96	0.83
(MSE)	2.12	1.62	17.25	7.51	30.41
(MAE)	1.13	0.89	3.41	2.22	4.51

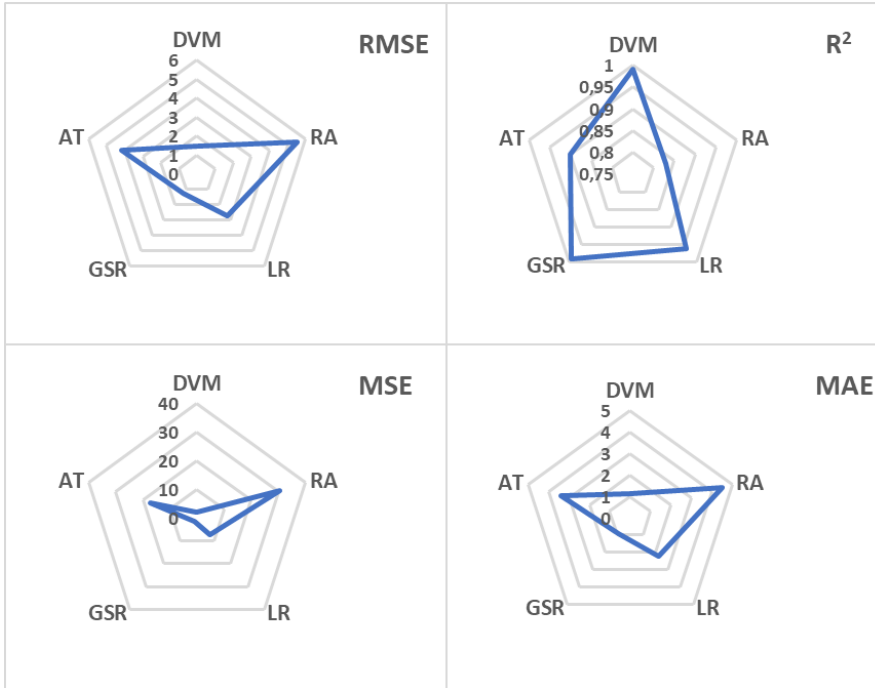
Çizelge 2 incelendiğinde yöntemler içerisinde determinasyon katsayısının (R<sup>2</sup>) en iyi çıktığı değer GSR yöntemi ardından da DVM yöntemi olduğu görülmektedir. Tüm yöntemler incelendiğinde yöntemlerin tamamının %89 ve üzerinde başarı gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 3'deki ölçüm metriklerinin sonuçları incelendiğinde R<sup>2</sup> değerinin en iyi çıktığı yöntemler GSR ve DVM yöntemleridir. Diğer yöntemlerde başarılıdır ve R<sup>2</sup> değerleri %83 ve üzerindedir. Bu sonuçlar kullanılan veri setleri özelinde tüm yöntemlerin başarılı olduğu ve kullanılabilirliğini göstermektedir.

Analizler sonucunda her iki malzeme ile yapılan deneylerden elde edilen verilerle yapılan makine öğrenimi çalışmalarına ait ölçüm metrikleri incelendiğinde GSR yöntemi en başarılı yöntem olarak öne çıkmaktadır. Başarısına göre GSR yöntemini DVM, LR, AT ve RA yöntemleri izlemektedir. Alüminyum ve polyamid malzeme ile yapılan sonuçlar karşılaştırıldığında ise polyamid kullanılarak gerçekleştirilen işlemlere ait ölçüm metriklerinin başarısının daha yüksek olduğu görülmektedir.



**Görsel 4.** Paralel Bağlı Ters Akışlı VT’de alüminyum nozullar ve oksijen akışkanı kullanılarak gerçekleştirilen makine öğrenimi tahminlerine ait ölçüm metrikleri grafiği



**Görsel 5.** Paralel Bağlı Ters Akışlı VT’de polyamid nozullar ve oksijen akışkanı kullanılarak gerçekleştirilen makine öğrenimi tahminlerine ait ölçüm metrikleri grafiği

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Paralel bağılı ters akışlı VT’de oksijen akışkanı kullanılarak alüminyum ve polyamid malzemelerden yapılan nozullardan elde edilen deney verilerinin sıcaklık farkının ( $\Delta T$ )  $R^2$  sonuçları K-Fold çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda polyamid malzeme kullanılarak gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarının alüminyum malzeme kullanılarak gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarından daha başarılı çıktığı görülmektedir. Oksijen akışkanı ve alüminyum malzeme kullanılarak yapılan nozullar ile gerçekleştirilen deneylerden elde edilen verilerle yapılan makine öğrenimi çalışmalarının ölçüm metriklerine göre en iyi yöntem GSR yöntemidir. Bu yönteme ait RMSE 1.27,  $R^2$  değeri 0.99, MSE 1.62 ve MAE değeri 0.89’ dur.

VT deney setinin kurulumu zaman alan ve maliyetli bir süreçtir. Bu nedenle gerçekleştirilmiş deneylerden elde edilen veriler makine öğrenimi yöntemlerinde girdi olarak kullanılmakta ve böylece daha az deney yaparak başarılı tahmin sonuçları elde edilebilmektedir. Bununla birlikte makine öğrenimi çalışmalarında kullanılan verilerin sayısı ve çeşitliliği ile seçilen makine öğrenimi metotları ve bunların uygulama şeklinin başarıyı önemli ölçüde etkileyebileceği unutulmamalıdır.

## KAYNAKÇA

- [1] M. Korkmaz, A. Dogan, and V. Kırmacı, “Performance Analysis of Counterflow Ranque – Hilsch Vortex Tube with Linear Regression, Support Vector Machines and Gaussian Process Regression Method,” *Gazi J. Eng. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 361–370, 2022, doi: doi:10.30855/gmbd.0705015.
- [2] V. Kırmacı, “Karşıt akışlı Ranque-Hilsch vorteks tüplerde farklı uzunluk çapa oranındaki soğutma-ısıtma sıcaklık performanslarının deneysel olarak incelenmesi,” *Cumhur. Sci. J.*, vol. 38, no. 4, pp. 813–821, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.17776/cs.j.349343>.
- [3] V. Kırmacı, “Seri ve Paralel bağılı karşıt akışlı Ranque-Hilsch vorteks tüpün ısıtma–soğutma performansının karşılaştırılması,” *Gazi Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, vol. C, no. 5, pp. 159–168, 2017.
- [4] P. H. Niknam, H. R. Mortaheb, and B. Mokhtarani, “Numerical Investigation of a Ranque–Hilsch Vortex Tube using a Three-Equation Turbulence Model,” *Chem. Eng. Commun.*, vol. 204, no. 3, pp. 327–336, 2017, doi: 10.1080/00986445.2016.1155989.
- [5] G. Sharma, S. Ghosh, and S. Karmakar, “Computational Fluid Dynamic Simulation of Single and Two-Phase Vortex Flow—A Comparison of Flow Field and Energy

- Separation,” *J. Heat Transf. Asme*, vol. 138, no. 082013, 2016, doi: <https://doi.org/10.1115/1.4033388>.
- [6] K. K. Zin, A. Hansske, and F. Ziegler, “Modeling and Optimization of the Vortex Tube with Computational Fluid Dynamic Analysis,” *Energy Res. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 193–196, 2010, doi: 10.3844/erjsp.2010.193.196.
- [7] N. Pourmahmoud, M. Rahimi, S. E. Rafiee, and A. Hassanzadeh, “A numerical simulation of the effect of inlet gas temperature on the energy separation in a vortex tube,” *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–96, 2014.
- [8] N. Rahbar, M. Shateri, M. Taherian, and M. S. Valipour, “2D Numerical Simulation of a Micro Scale Ranque-Hilsch Vortex Tube,” 2015.
- [9] S. E. Rafiee and M. M. Sadeghiazad, “Experimental and 3D CFD investigation on heat transfer and energy separation inside a counter flow vortex tube using different shapes of hot control valves,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 110, pp. 648–664, 2017.
- [10] A. Secchiaroli, R. Ricci, S. Montelpare, and V. D’alessandro, “Numerical simulation of turbulent flow in a Ranque–Hilsch vortex tube,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 52, no. 23–24, pp. 5496–5511, 2009.
- [11] V. Kırmacı, “Paralel bağlı karşıt akışlı ranque-hilsch vorteks tüp sisteminde farklı çalışma akışkanı ve nozul malzemesi kullanımının performansa etkisinin deneysel incelenmesi,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, vol. 8, no. 1, pp. 1204–1215, 2020.
- [12] A. Gatera, M. Kuradusenge, G. Bajpai, C. Mikeka, and S. Shrivastava, “Comparison of random forest and support vector machine regression models for forecasting road accidents,” *Sci. African*, vol. 21, p. e01739, 2023.
- [13] E. K. Sahin, “Assessing the predictive capability of ensemble tree methods for landslide susceptibility mapping using XGBoost, gradient boosting machine, and random forest,” *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 7, p. 1308, 2020.
- [14] V. L. Deringer, A. P. Bartók, N. Bernstein, D. M. Wilkins, M. Ceriotti, and G. Csányi, “Gaussian process regression for materials and molecules,” *Chem. Rev.*, vol. 121, no. 16, pp. 10073–10141, 2021.
- [15] G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Taylor, “Linear regression,” in *An introduction to statistical learning: With applications in python*, Springer, 2023, pp. 69–134.
- [16] E. Carrizosa, C. Molero-Río, and D. Romero Morales, “Mathematical optimization in

classification and regression trees,” *Top*, vol. 29, no. 1, pp. 5–33, 2021.

## KARMAŞIK BİR CU-PB-ZN SÜLFÜRLÜ CEVHERİN MİNERALojİK KARAKTERİZASYONU VE FLOTASYON DAVRANIŞI: TANE BOYUTU VE AEROPHİNE 3418A'NIN ETKİSİ

**Maden Mühendisi, UĞUR ÖLGEN**

Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.  
uguroolgen@gmail.com - 0009-0000-2653-4885

**Prof. Dr. YAKUP CEBECİ**

Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mühendislik Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.  
cebeci@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0001-5344-8392

### ÖZET

Bu çalışma, değerli baz metaller içeren karmaşık bir sülfürlü cevherin mineralojik bileşimini ve flotasyon davranışını incelemektedir. Cevheri karakterize etmek için optik mikroskopi, X-ışını kırınımı (XRD) ve kimyasal analizler kullanılarak detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Numune ağırlıklı olarak pirit, galenit, sfalerit ve kalkopiritten oluşmakta olup, ana gang minerali dolomittir. Serbestleşme çalışmaları, etkili mineral ayrımı için çok inci öğütmenin gerekli olduğunu göstermiştir.

Bakır, kurşun ve çinko minerallerinin kazanılabilirliğini değerlendirmek için flotasyon deneyleri yapılmıştır. Tane boyutu dağılımının, toplayıcı türünün ve dozajının flotasyon performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, daha ince öğütmenin genellikle metal tenörlerini ve verimlerini iyileştirdiğini göstermiş, optimum performans D80 53 µm'de gözlenmiştir. Aerophine 3418A toplayıcısı, özellikle kurşun ve bakır kazanımında PEX (Z-3)'e kıyasla üstün performans sergilemiştir.

Aerophine 3418A dozajının 5'ten 50 g/t'ye çıkarılması, %80-85 gibi yüksek verim oranlarını korurken kurşun tenörünün %37'den %25'e düşmesine yol açmıştır. Optimum dozaj, tenör ve verimi dengeleyecek şekilde 7 g/t olarak belirlenmiştir. Bakır ve çinko tenörleri toplayıcı dozajına daha az duyarlılık göstermiştir. Çalışma ayrıca, arsenik gibi potansiyel olarak tehlikeli elementlerin varlığını ortaya koymuş, bu da dikkatli çevresel yönetim stratejilerinin gerekliliğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Karmaşık sülfürlü cevher, Köpük flotasyonu, Mineralojik karakterizasyon, Serbestleşme analizi, Aerophine 3418A



## **Mineralogical Characterization and Flotation Behavior of a Complex Cu-Pb-Zn Sulfide Ore: Influence of Particle Size and Aerophine 3418A**

**Mining Engineer, UĞUR ÖLGEN**

Department of Mining Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Sivas Cumhuriyet University.  
ugurolgen@gmail.com - 0009-0000-2653-4885

**Prof. Dr., YAKUP CEBECİ**

Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Sivas Cumhuriyet University.  
cebeci@cumhuriyet.edu.tr - 0000-0001-5344-8392

### **ABSTRACT**

This study investigates the mineralogical composition and flotation behavior of a complex sulfide ore containing valuable base metals. Detailed analyses were conducted using optical microscopy, X-ray diffraction (XRD), and chemical assays to characterize the ore. The sample predominantly consists of pyrite, galena, sphalerite, and chalcopyrite, with dolomite as the main gangue mineral. Liberation studies indicated that fine grinding is necessary for effective mineral separation.

Flotation experiments were performed to assess the recoverability of copper, lead, and zinc minerals. The effects of particle size distribution, collector type, and dosage on flotation performance were evaluated. Results showed that finer grinding generally improved metal grades and recoveries, with optimal performance observed at a D80 of 53  $\mu\text{m}$ . The collector Aerophine 3418A demonstrated superior performance compared to PEX (Z-3), particularly for lead and copper recovery.

Increasing Aerophine 3418A dosage from 5 to 50 g/t led to a decrease in lead grade from 37% to 25%, while maintaining high recovery rates of 80-85%. The optimum dosage was determined to be 7 g/t, balancing grade and recovery. Copper and zinc grades showed less sensitivity to collector dosage. The study also revealed the presence of potentially hazardous elements such as arsenic, necessitating careful environmental management strategies.

**Key Words:** Complex sulfide ore, Froth flotation, Mineralogical characterization, Liberation analysis, Aerophine 3418A

## 1.GİRİŞ

Bakır, kurşun ve çinko maden endüstrinin yaygın olarak kullanılan önemli demir dışı metallere aittir. Bu metaller değişik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Bakır termal ve elektrik iletkenliğinin önemli olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Değişik alaşımların yapımı, iletişim araçları, uzay araçları ve savunma sanayii bakırın başlıca kullanım alanlarıdır. Kurşun ve çinko metalleri ise başlıca; elektrik, makine, savunma sanayii, metalürji, kimya ve tıp alanlarında kullanılmaktadır [2-3]. Üretilen kurşunun yaklaşık %80'i batarya üretiminde, çinkonun ise %50'si galvanizleme endüstrisinde tüketilmektedir [4]. Bakır ise yaklaşık %64'ü bakır tel yapımında kullanılmaktadır [5]. Gelecekte yeşil enerjiye geçişteki artışla birlikte başta bakır olmak üzere bu metallere olan talep daha da artacaktır [4,6].

Yaygın olarak kullanılan Cu, Pb ve Zn'nin başlıca üretildiği birincil kaynaklar sırasıyla kalkopirit ( $CuFeS_2$ ), galen ( $PbS$ ), sfalerit ( $ZnS$ )'tir. Örneğin Dünya'da çinko üretiminin yaklaşık %95'i sfaleritten elde edilmektedir [7]. Toplam bakır kaynaklarının yaklaşık %70'i ise kalkopirit oluşturmaktadır [8]. Cu-Pb-Zn cevherlerinde bu mineraller pirit ( $FeS_2$ ), marmatit ( $(Fe,Zn)S$ ) gibi diğer sülfür mineralleriyle birlikte bulunur. Bu cevher yataklarının bazıları önemli ölçüde değerli metaller (Au, Ag) içermektedir [1,9].

Flotasyon karmaşık (kompleks) bakır-kurşun-çinko sülfür cevherlerinin zenginleştirilmesinde en önemli ve çok yönlü zenginleştirme yöntemidir. Yüzyılı aşkın bir süredir minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Flotasyonda minerallerin yüzey özellik farklılıklarından yararlanılmaktadır. Hidrofobik taneler seçimli olarak hava kabarcığına tutunarak hidrofilik minerallerden ayrılmaktadır.

Flotasyonda istenilen minerallere hidrofobluk kazandırmak, mineraller arasındaki yüzebilirlik farklarının kontrol etmek ve kararlı hava kabarcığı oluşturmak amacıyla bazı uygun kimyasal reaktifler kullanılmaktadır [10-12].

Kompleks sülfür cevherlerinin flotasyonunda yaygın olarak kullanılan üç temel zenginleştirme yöntemi mevcuttur [9]. Bu yöntemler aşağıdaki gibidir:

a) Seçimli Cu-Pb-Zn flotasyonu: Seçimli flotasyonda ayrı Cu, Pb ve Zn belirtilen sırada ardışık olarak yüzdürülür. Seçimli flotasyonun bazı olumsuzlukları mevcuttur. Bu olumsuzluklar şöyle özetlenebilir; yüksek reaktif kullanımı, karmaşık akım şeması, önceki aşamada bastırılan değerli minerali aktifleştirmenin zorluğu ve ayırmanın her aşamasında cevherin büyük bir kısmında gang minerallerinin (çoğunlukla demir sülfürler) bulunması nedeniyle yatırım ve işletme giderlerinin yüksek olması [1,10].

b) Toplu (Bulk) Cu-Pb Flotasyonu ve takiben çinkonun yüzdürülmesi: Bu yöntemde, temizlenerek zenginleştirilmiş Cu-Pb konsantresinden bakır-kurşun ayrımı gerçekleştirilebilir. Bu yöntem, Cu-Pb-Zn cevherlerinin zenginleştirilmesinde, kalkopirit ve galenin oldukça benzer yüzebilirlikleri nedeniyle en yaygın uygulanan yöntemdir. Toplu Cu-Pb konsantresinde uygulanan ayırma yöntemine bağlı olarak bakır-kurşun ayırma artığı sonucu bakır veya kurşun konsantresidir. Bazı durumlarda ayırma aşamasından sonra kurşun konsantresinin tenörünün artırılması gerekir. Bu durum ise zenginleştirme işlemi daha da karmaşıktır. Toplu bakır-

kurşun zenginleştirme yöntemi en ekonomik yöntemdir ve uygulanabilme imkanı olan tüm cevherlere uygulanır.

c) Toplu (Bulk) bakır-kurşun-çinko konsantresi üretimi ve takiben bulk konsantreden ayrı bakır, kurşun ve çinko üretimi: Bu yöntem nadiren uygulanmaktadır. Başlıca bakır mineralleri bornit, kovellin ve diğer ikincil bakır sülfürler olan cevherlerde bu yöntem verimlidir. Kil minerallerini içeren cevherler için de bu yöntem kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Gümüşhane yöresine ait bir Cu-Pb-Zn cevherin minerolojisi incelenmiş ve bu cevherden toplu Cu-Pb konsantresi üretiminde bazı işletme parametrelerinin (Tane Boyutu, Toplayıcı Cinsi ve Dozajı) etkileri araştırılmıştır.

## 1.CEVHER'İN KARAKTERİZASYONU

Cevher'in kimyasal, XRD ve mikroskopik analiz sonuçları aşağıda verilmektedir [13].

### 2.1 Cevher Örneğinin Kimyasal Analizi

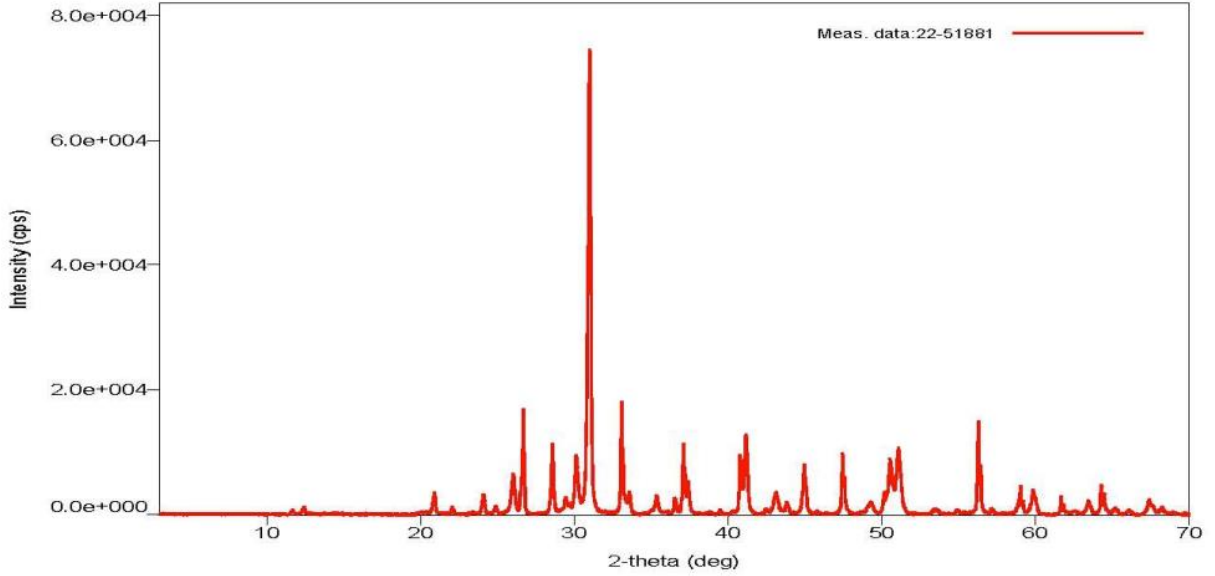
Cevher örneğinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelge 1'den görüleceği gibi cevher bünyesinde başlıca bulunan değerli elementler; Pb, Zn, Cu, Au ve Ag olup ayrıca yüksek miktarlarda SiO<sub>2</sub>, S, Ca, Fe ve Mn içerdiği belirlenmiştir.

Bilşik / Element	Miktar	Birim
SiO <sub>2</sub>	8.66	%
Au	1.057	PPM
Mg	6.05	%
S	15.98	%
Ca	10.76	%
Mn	4562	PPM
Fe	14.52	%
Co	2.10	PPM
Cu	3878	PPM
Zn	12500	PPM
As	766.6	PPM
Ag	33.55	PPM
Pb	20420	PPM

Çizelge 1. Cevher örneğinin kimyasal analiz sonuçları

## 2.2 Cevher Örneğinin XRD Analizi

XRD analiz sonuçları Cevheri mineralojik bileşiminin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Cevher örneğinin XRD sonuçları Şekil 1'te verilmektedir. Çizelge 2'te cevherdeki başlıca minerallerin miktarı ve formülleri verilmektedir. Çizelge 2 değerlendirildiğinde cevherdeki baskın mineral fazın dolomit olduğu ve cevher örneğinin %58,5'inin oluşturduğu görülmektedir. Diğer baskın fazların ise hematit (%11,30) ve pirit (%9,20) olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen diğer önemli mineraller ise sfalerit, galen ve kuvarstır. Ayrıca cevher örneğinin pirolizit (%2,1) ve kaolinit (%8,5) içerdiği de belirlenmiştir. XRD bulguları topluca değerlendirildiğinde, cevher örneğinin hem karbonat hem de sülfü mineralleri açısından zengin olduğu görülmektedir. Cevherde sfalerit ve galenin varlığı kazanılabilecek nitelikte sülfür mineralleri potansiyeli olduğunu göstermektedir. Cevherdeki kalkopirit miktarı %2'nin altında olduğundan XRD ile tespit edilememiştir. Cevherdeki dolomit ve diğer gang minerallerinin (kuvars, kaolinit, hematit, pirit ve pirolizit) varlığı değerli minerallerin flotasyon davranışını büyük ölçüde etkileyecektir.



Şekil 1. Cevher örneğinin XRD pikleri

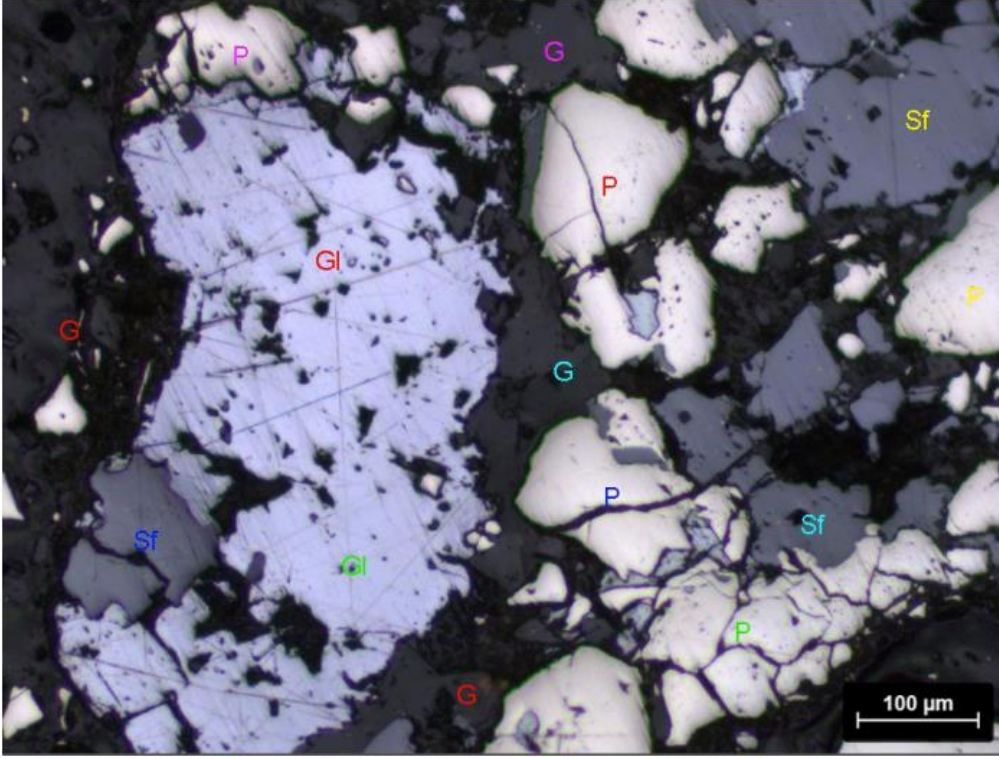
Faz	Formül	İçerik (%)
Dolomit	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	58,5
Pirit	FeS <sub>2</sub>	9,2
Galen	PbS	3,4
Kuvars	SiO <sub>2</sub>	3,5
Sfalerit	Zn.628Fe.372S	3,5
Pirolusit	MnO <sub>2</sub>	2,1
Kaolinit	Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	8,5
Hematit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,3

**Çizelge 2. Cevherdeki başlıca minerallerin miktarı ve formülleri**

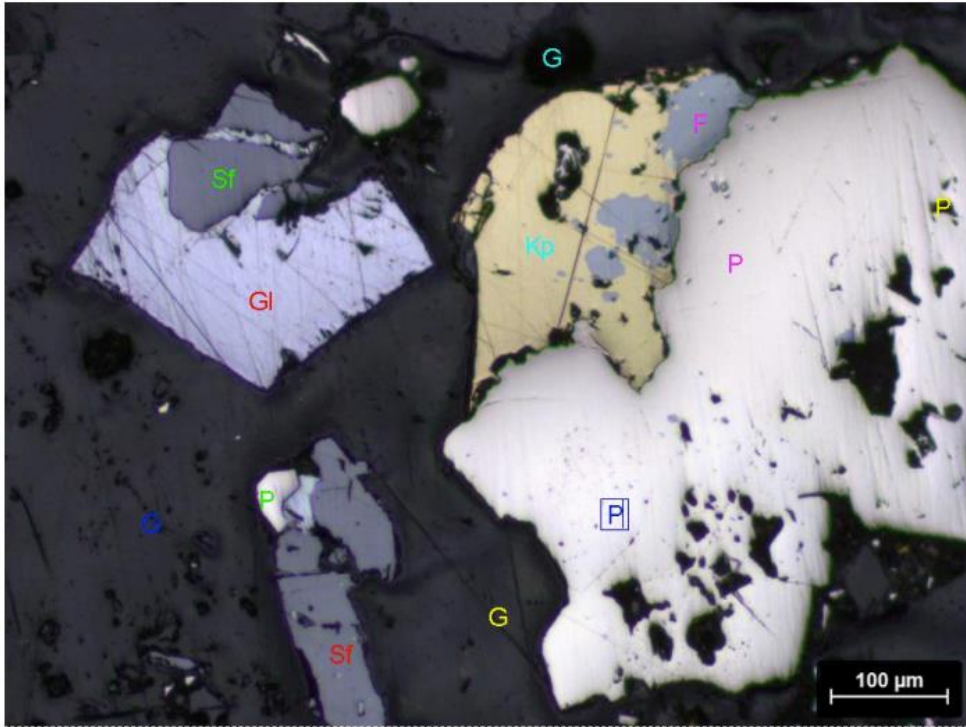
### 2.3 Mikroskopik Analiz

Cevher örneği ile yapılan parlak kesitler şekil 2 ve şekil 3'de verilmektedir. Parlak kesitlerin incelenmesinden karbonatlı ve silisli gang mineralleri arasında cevher mineralleri gözlemlenmektedir. Sülfürlü minerallerinin ağırlıklı olarak piritten (FeS<sub>2</sub>) oluştuğu az miktarda galena (PbS) ve sfalerit (ZnS) ve çok daha az miktarda kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>) içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca cevherin eser miktarda fahlerz bileşimli bakır sülfür içerdiği ortaya konmuştur. Tüm bu Cevher minerallerinin hem birbirleriyle hem de gang mineralleriyle değişik derecelerde kenetlendikleri gözlemlenmiştir. En bol bulunan ve genellikle daha iri tane boyuda gösterin piritin faz boyunun 2 – 115 µm (ortalama 39 µm) arasında olduğu görülmektedir. Galenin faz tane boyu 12 – 75 µm (ortalama 47 µm) aralığında, sfaleritin ki ise 8 – 97 µm (ortalama 56 µm) aralığındadır. Kalkopiritin mineral faz tane boyu 2 - 93 µm (ortalama 48 µm) aralığında değişmektedir. Eser miktarda olan ve genellikle ince dağılımlı (saçınımlı) olan fahlerz minerali 8 – 68 µm (ortalama 34 µm) aralığında faz tane iriliği göstermektedir. Gang mineralleri değişken mineral faz tane boyu dağılımı göstermektedir.

Bu bulgular; değerli sülfür minerallerinin önemli ölçüde serbestleşmesini sağlamak için çok ince tane iriliğine (<50-60 µm) öğütme yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle daha ince dağılımlı fahlerzin diğer sülfür mineralleri ve gang minerallerinden serbestleşmesi için ince öğretmenin oldukça önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca cevher örneğinin demir oksit mineralleri (hematit ve götit) ve çok az miktarda mangan minerali (pirolizit) içerdiği belirlenmiştir. Bu oksit mineralleri çok ince taneli mineralleşmeler ve sup mikroskopik boyanmalar şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu minerallerin ise çok ince tane iriliklerinde serbestleşebilecekleri açıktır.



Şekil 2. Cevher örneğinin parlak kesit görüntüsü. Pirit (P), galenit (Gl) ve sfalerit (Sf) ve gang mineralleri (G).



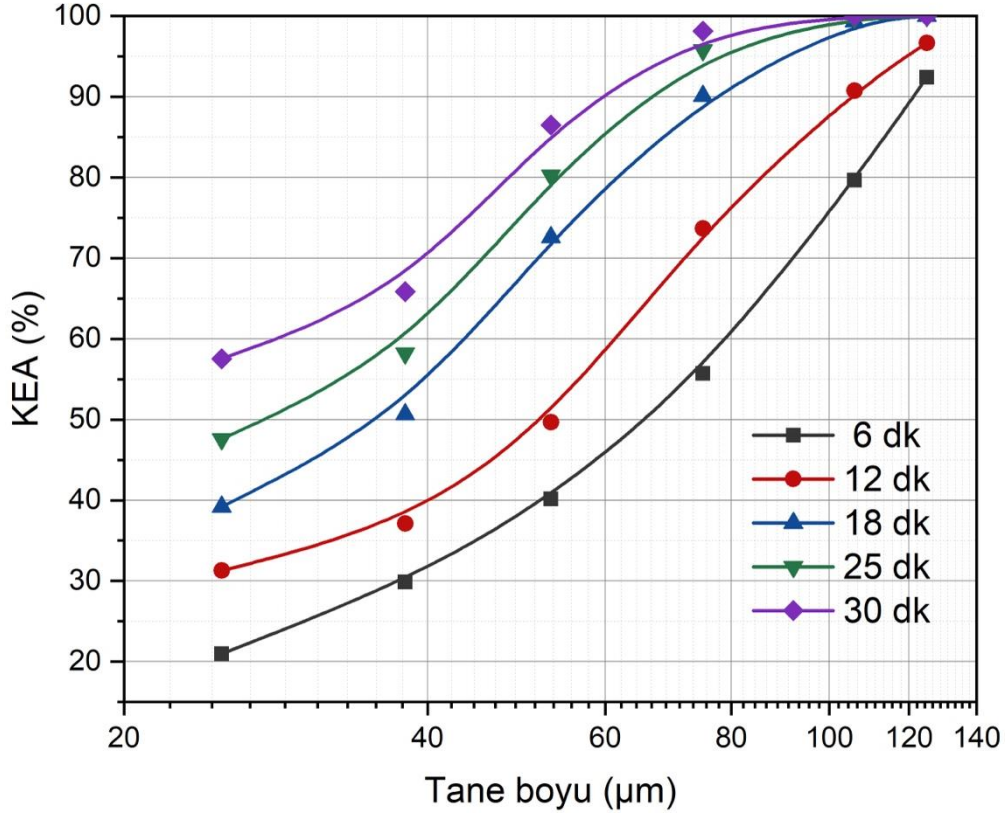
Şekil 3. Cevher örneğinin parlak kesit görüntüsü. Pirit (P), galenit (Gl), sfalerit (Sf), fahlerz (F), kalkopirit (Kp) ve gang mineralleri (G).

### 3.DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Optimum Tane Boyun Belirlenmesi

Şekil 4'te öğütme süresine bağlı olarak kümülatif elek altı (KEA) eğrileri verilmektedir. Şekil 4'ten görüleceği gibi öğütme süresi arttıkça kümülatif elek altı değerleri artmaktadır. En iri tane boyu dağılımını 6 dakikalık öğütme verirken, en ince tane boyu dağılımına 30 dakikalık sürede ulaşılmıştır. Ayrıca öğütme süresine bağlı olarak D80 değerlerinin değişimi Çizelge 3 de verilmektedir. Çizelgeden görüleceği gibi 6 dakikalık öğütme sonucunda 108 µm olan D80 değeri 30 dakikalık öğütme sonucunda 48 µm düşmektedir.

Optimum tane iriliğinin araştırıldığı deneysel çalışmalarda flütasyon koşulları şöyledir: Pülp pH'ı 8,5, sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 1000 g/t, 7260 S 140 g/t, çinko sülfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) 5000 g/t ve demir sülfat ( $\text{FeSO}_4$ ) 350 g/t. Aerophine 3418A 8 g/t, MIBC (Metilizobütil karbonil) 20 g/t bastırıcılarla 5 dakika toplayıcı ile 4 dakika ve köpürtücü ile 0,5 dakikalık bir kondisyonlama süresi uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar 2,5 L flotasyon hücresinde yapılmış olup 3 dakika yüzdürme süresi uygulanmıştır. Deneysel bulgular Şekil 5'te verilmektedir.

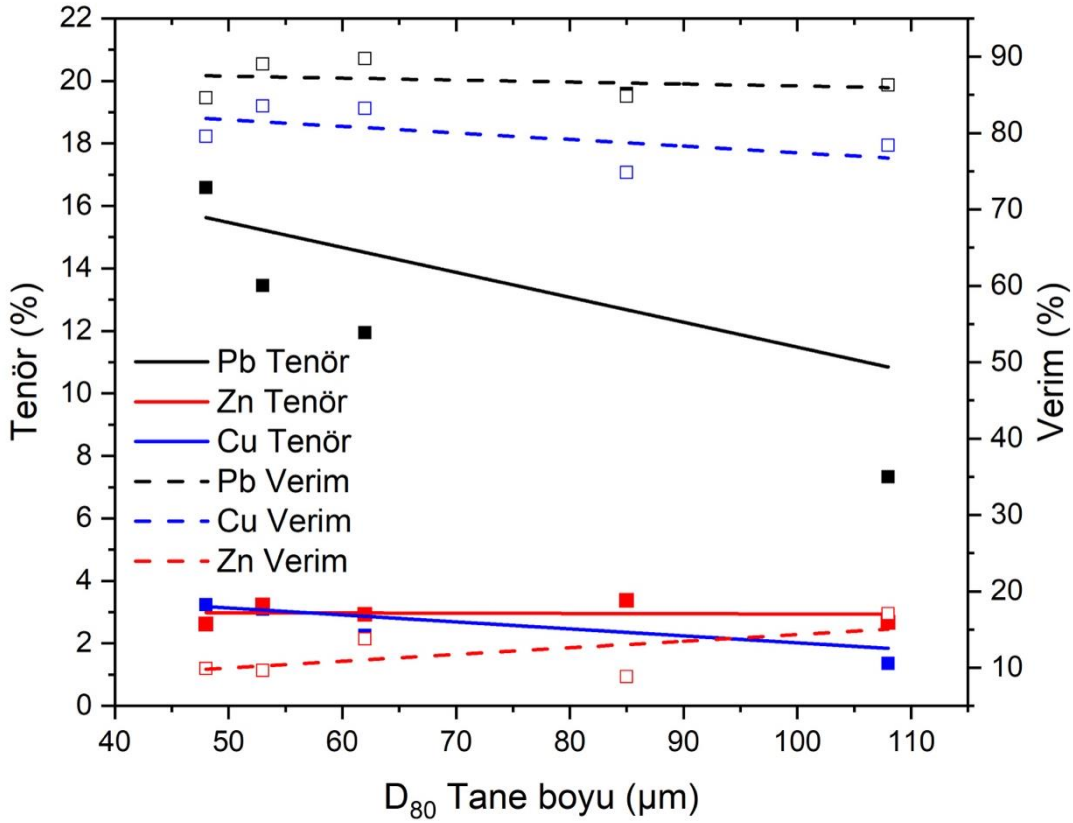


Şekil 4. Cevher örneğinin farklı öğütme sürelerindeki kümülatif elek altı eğrileri.

Zaman (dk)	6	12	18	25	30
D80 (µm)	108	85	62	53	48

Çizelge 3. Öğütme Sürelerine bağlı olarak elde edilen D80 değerleri

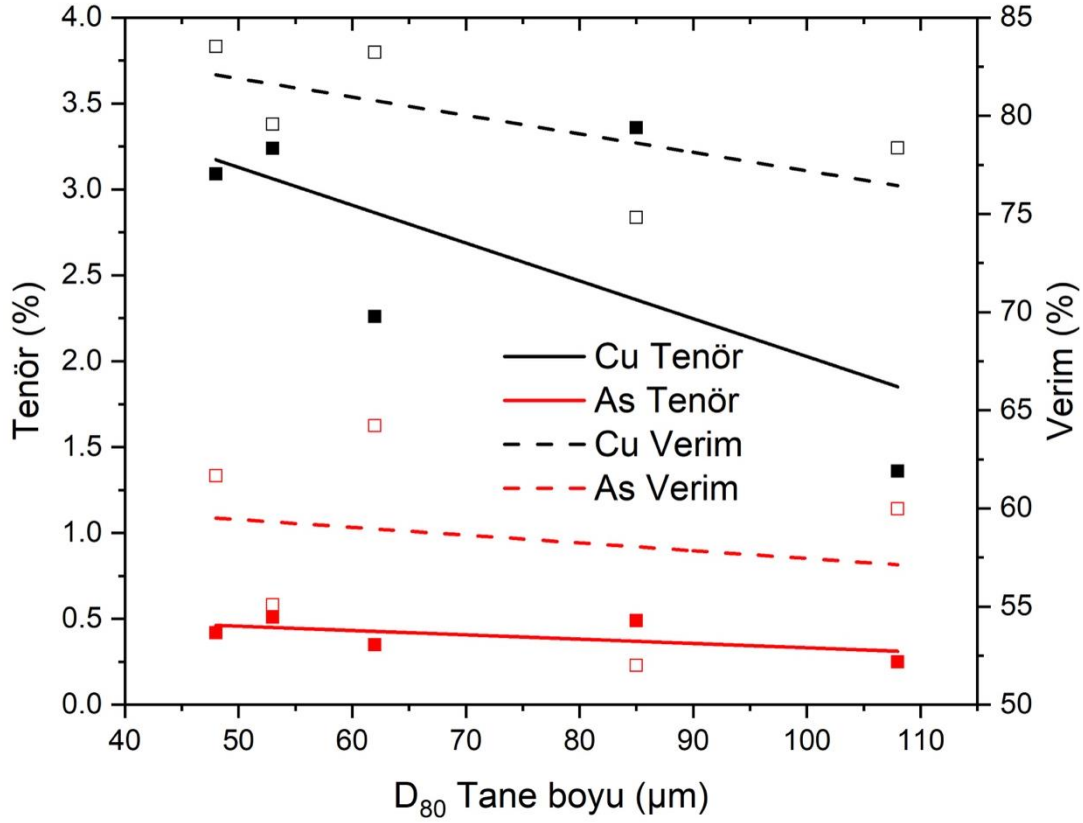
Şekil 5 minerallerin flotasyon davranışı ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Kurşun tenörü tane boyu arttıkça belirgin bir azalma eğilimi göstermekte, D80 48 µm yaklaşık %16'dan D80 108 µm yaklaşık %7'ye düşmektedir. Buna karşın çinko ve bakır tenörleri kurşuna göre nispeten stabil ve düşük kalmakta tüm tane boylarında %2-3 civarında değerler almaktadır. Verim açısından, kurşun en yüksek ve en tutarlı performansı göstermekte, tüm tane boylarında yaklaşık %88-90 verim seviyesini korumaktadır. Bakır verimi, daha küçük tane boyları için yaklaşık %82'den başlayarak daha büyük tane boyları için yaklaşık %78'e düşen hafif bir azalma eğilimi göstermektedir. Üç element arasında en düşük olan çinko verimi, tane boyu arttıkça kademeli bir artış eğilimi sergileyerek, yaklaşık %10'dan %15'e yükselmektedir.



Şekil 5. Tane boyu bağlı olarak Pb, Cu ve Zn verim/tenör değişimleri.

Ayrıca, tane iriliğine bağlı olarak bakır ve arsenik tenör/verim değişimleri Şekil 6'da verilmektedir. Şekil 6'dan görüleceği gibi Cu tenörü, tane boyu arttıkça yaklaşık %3,2'den %1,5'e doğru belirgin bir azalma eğilimi gösterirken, As tenörü %0,5 civarında nispeten sabit kalmaktadır. Cu verimi, artan tane iriliğiyle birlikte yaklaşık %82'den %78'e kademeli bir düşüş sergilemekte, As verimi ise yaklaşık %60'tan %55'e hafif bir azalma eğilimi göstermektedir. Genel olarak Şekil 6'dan daha ince öğütmeye daha yüksek bakır tenör ve verim değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Buna karşılık, arsenik tenörü tane iriliğinden büyük ölçüde etkilenmemektedir.



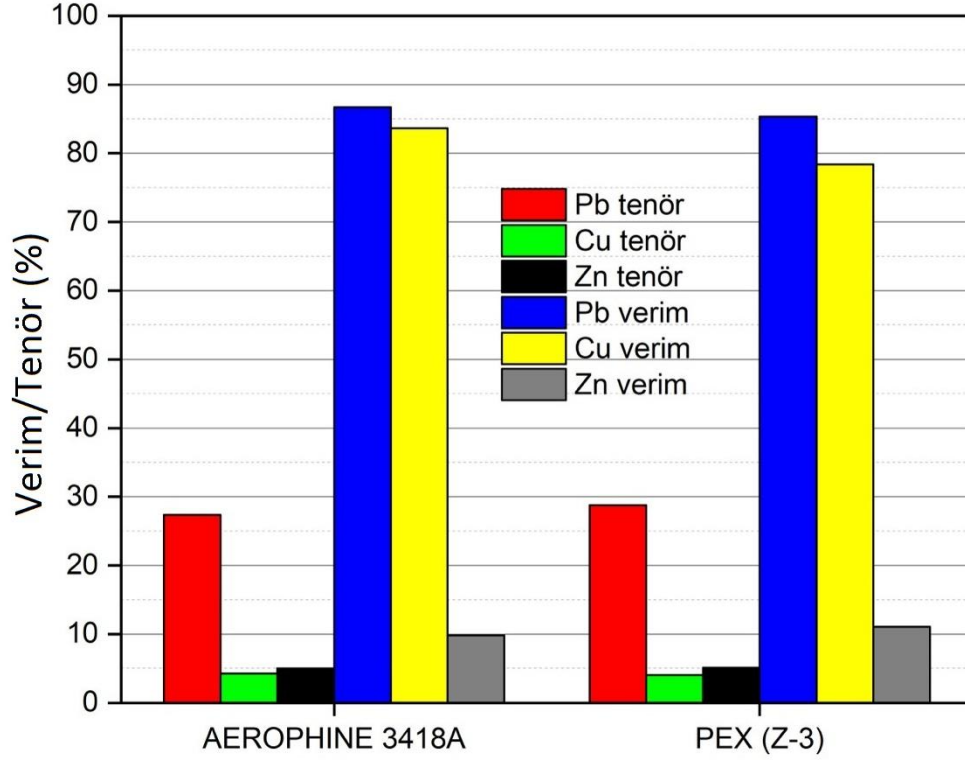


Şekil 6. Tane boyutu değişimine göre Cu ve As Verim/Tenör değişimleri grafiği.

### 3.2 Toplayıcı Türünün Belirlenmesi

Toplayıcı türünün etkisi Şekil 7'de verilmektedir. Deneysel çalışmalarda toplayıcı olarak Aerophine 3418A ve PEX (Z-3) kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar şu koşullarda yapılmıştır: Pülp pH'ı 8,5, sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 300 g/t, 7260 S 120 g/t, çinko sülfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) 3500 g/t ve demir sülfat ( $\text{FeSO}_4$ ) 150 g/t. Aerophine 3418A ve PEX (Z-3) 10 g/t, MIBC (Metilizobütül karbonil) 20 g/t bastırıcılarla 5 dakika toplayıcı ile 4 dakika ve köpürtücü ile 0,5 dakikalık bir kondisyonlama süresi uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar 2,5 L flotasyon hücresinde yapılmış olup 3 dakika yüzdürme süresi uygulanmıştır.

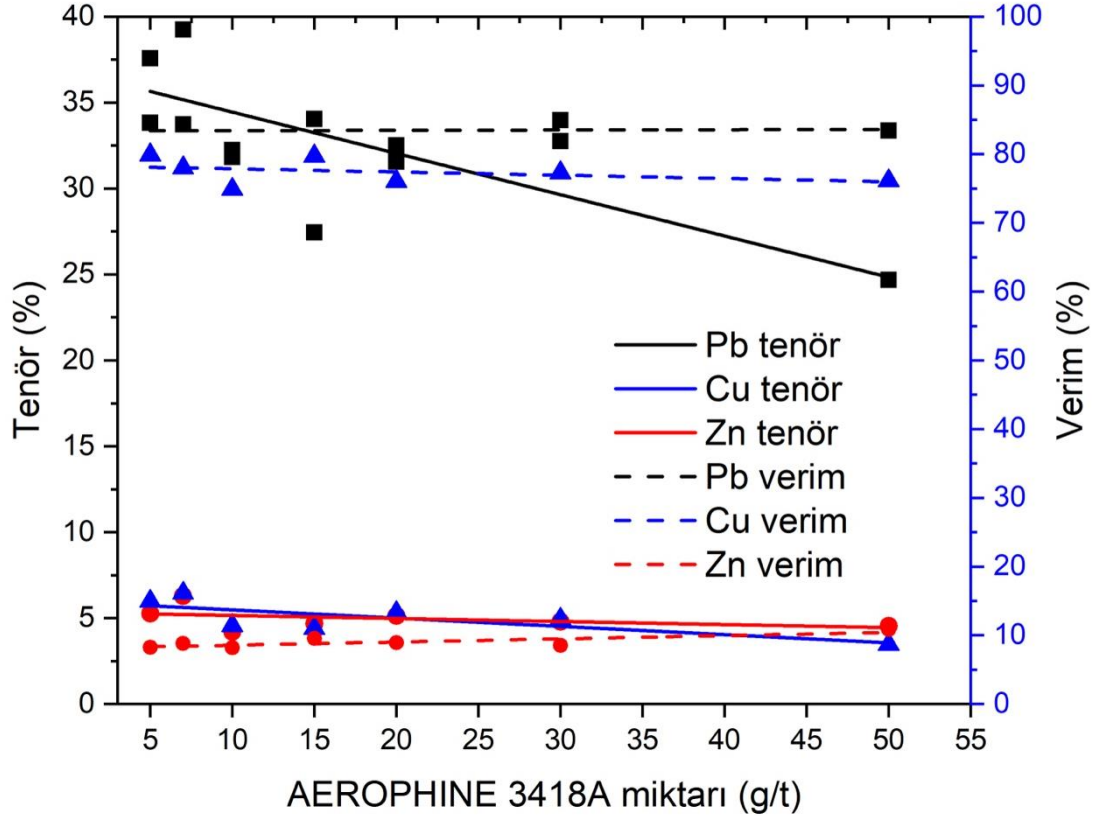
Şekil 7'de farklı iki kollektöre ait tenör verim değişimleri sütun grafik olarak verilmektedir. Şekilden görüleceği gibi Aerophine 3418A ile üretilen konsantre yaklaşık %27 Pb %5 Zn ve %4,5 Cu içermektedir. Konsantrede metal kazanım verimi değerleri ise kurşun, bakır ve çinko için sırasıyla yaklaşık %86 %84 ve %10 düzeyindedir. PEX (Z-3) ile yapılan çalışmalarda yaklaşık %29 Pb %4 Cu ve %5 Zn içeren konsantre %85 Kurşun %78 bakır ve %12 çinko kazanım verimiyle üretilmiştir. Tenörlerde önemli bir değişim olmamasına rağmen özellikle bakır veriminde büyük düşüş meydana gelmektedir. Çinko kazanım veriminde hafif bir artış meydana gelmektedir. Bu bulgular topluca değerlendirildiğinde Aerophine 3418A'nın performansının daha iyi olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle toplayıcı miktarının etkisinin araştırıldığı deneylerde Aerophine 3418A kullanılmıştır.



Şekil 7. Toplayıcı bağlı olarak tenör/verim değerleri.

### 3.3 Toplayıcı Miktarı Belirlenmesi

Şekil 8'de toplayıcı miktarının etkisi verilmektedir. Deneyler şu koşullarda yapılmıştır: Pülp pH'ı 8,5, sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 300 g/t, 7260 S 120 g/t, çinko sülfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) 3500 g/t ve demir sülfat ( $\text{FeSO}_4$ ) 150 g/t. Aerophine 3418A miktarı 5-50 g/t aralığında değiştirilmiştir. MIBC (Metilizobütil karbonil) 20 g/t bastırıcılarla 5 dakika toplayıcı ile 4 dakika ve köpürtücü ile 0,5 dakikalık bir kondisyonlama süresi uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar 2,5 L flotasyon hücresinde yapılmış olup 3 dakika yüzdürme süresi uygulanmıştır. Şekilden görüleceği gibi Pb tenörü, Aerophine 3418A miktarı arttıkça belirgin bir azalma eğilimi göstermekte, yaklaşık %37'den başlayarak 50 g/t'de %25'e düşmektedir. Aerophine 3418A miktarına bağlı olarak bakır tenörü yaklaşık %6'dan %3,5-4 seviyesine düşerken, çinko tenörü %5'ten %4,5'e düşmektedir. Her iki element kurşuna göre çok daha kararlı davranış sergilememiştir. Üç element içinde verim değerlerinde miktara bağlı olarak önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Kurşun verimleri %80-85 aralığında, bakır verimleri %75-80 seviyesinde çinko verimi ise %10 civarında sabit kalmaktadır. Optimum toplayıcı miktarı 7 g/t olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Toplayıcı miktarın bağlı olarak tenör/verim değişimi.

#### 4.SONUÇLAR

- XRD bulgularından başlıca gang mineralinin dolomit, pirit, hematit ve kuvars olduğu, değerli minerallerin ise sfalerit ve galen olduğu belirlenmiştir.
- Mikroskopik değerlendirmelerden cevherin çok ince boyutlara öğütülmesi gerektiği anlaşılmıştır.
- Optimum tane iriliği cevherin %80'nin geçtiği 53  $\mu$ m olarak belirlenmiştir.
- Yaygın olarak kullanılan toplayıcıdan Aerophine 3418A PEX'e göre daha iyi performans sergilenmiştir.
- Optimum toplayıcı miktarı 7 g/t olarak belirlenmiştir.
- Bakır-kurşun minerallerinin toplu (bulk) konsantre olarak üretilebileceği ortaya konmuştur.

#### 5.KAYNAKLAR

- [1] Liu, R., Lu, H., Xu, Z., Wang, C., Sun, W., Wu, M., Dong, Y., Bai, L. New insights into the reagent-removal mechanism of sodium sulfide in chalcopyrite and galena bulk

- flotation: a combined experimental and computational study. *J. Mater. Res. Technol.* 9 (3), 5352–5363, 2020.
- [2] Luo, X., Feng, B., Wong, C., Miao, J., Ma, B., and Zhou, H. The critical importance of pulp concentration on the flotation of galena from a low grade lead-zinc ore. *Journal of Materials Research and Technology* 5(2):131–35, 2016.
- [3] Yang, B., Zhu, H., Zeng, L., Feng, J., Luo, H. An environmental-friendly sphalerite depressant (2- hydroxyphosphonoacetic Acid) for the selective flotation separation of sphalerite from galena, *J. Mol. Liq.* 343, 2021.
- [4] Nayak, A., Jena, M.S., Mandre, N.R. Beneficiation of lead-zinc ores – a review, *Miner. Process. Extr. Metall. Rev.* 1–20, 2021.
- [5] The World Copper Factbook 2013. International Copper Study Group, Rua Almirante Barroso 38 – 6th 1000-013 Lisbon, Portugal
- [6] Klose, S., Pauliuk, S. Sector-level estimates for global future copper demand and the potential for resource efficiency. *Resour. Conserv. Recy.* 193, 106941, 2023.
- [7] Tiu, G., Ghorbani, Y., Jansson, N., Wanhainen, C., & Bolin, N. J. Ore mineral characteristics as rate-limiting factors in sphalerite flotation: Comparison of the mineral chemistry (iron and manganese content), grain size, and liberation. *Minerals Engineering*, 185, 107705, 2022.
- [8] Liu, D., Zhang, G., & Chen, Y. Investigations on the selective depression of fenugreek gum towards galena and its role in chalcopyrite-galena flotation separation. *Minerals Engineering*, 166, 106886, 2021.
- [9] Bulatovic, S.M., *Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulphide Ores*. Elsevier, Boston, 2007.
- [10] Wills, B.A., Finch, J.A. *Mineral Processing Technology, 8th ed.* Elsevier, Amsterdam, pp. 308–317, 2016.
- [11] Zhang, X.R., Zhu, Y.G., Zheng, G.B., Han, L., McFadzean, B., Qian, Z.B., Piao, Y.C., O'Connor, C. An investigation into the selective separation and adsorption mechanism of a macromolecular depressant in the galena-chalcopyrite system. *Miner. Eng.* 134, 291–299, 2019.
- [12] Wang, X., Qin, W., Jiao, F., & Wang, D. The galvanic interaction enhanced the flotation separation of chalcopyrite and galena with humic acid as galena depressant. *Minerals Engineering*, 201, 108197, 2023.
- [13] ARGETEST, Mineral Processing. R&D And Analysis Services, Ankara, Türkiye, 2022.

## **DODURGA FAYININ (ANKARA KUZEYİ) KİNEMATİĞİ, SİSMOTEKTONİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE YAPISAL ANALİZİ**

**SAVAŞ BAĞDADIOĞLU**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü  
savasbagdadioglu@gmail.com – 0009-0005-8600-1681

**Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
ozden@comu.edu.tr - 0000-0001-6321-0812

### **ÖZET**

Bu çalışma Dodurga Fayı'nın geçtiği bölgenin kinematığı, sismotektoniği ve uydu görüntüleri ile yapısal analizini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Dodurga Fayı, Ankara'nın hemen kuzey doğusunda bulunmaktadır. Fay, yaklaşık Kuzey-Güney uzanımına sahip olup 30 km lik bir uzunluk sunmaktadır. Bu fay, hemen kuzeyinden geçen sağ yanal Kuzey Anadolu Fayı ile birlikte çalışan ve normal bileşeni olan sol yanal doğrultu atımlı bir fay segmenti olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda bu bölge ülkemizin deprem üretme potansiyeli olan diri fay alanlarından birisidir. Dodurga Fayı üzerinde son yüzyılda 6 Haziran 2000 tarihinde 6 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. Bu çalışma kapsamında fay boyunca ve yakın alanlarında fay ile ilgili saha verileri derlenmiştir. Bu kapsamda 11 farklı lokasyonda ve 26 adet fay düzlemi verileri toplanmıştır. Ayrıca uydu görüntüleri üzerinde fay ile ilgili morfolojik veriler toplanmış ve görüntü üzerinde çizgisellikler belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda bölgede Dodurga Fay sistemi adı altında K 10<sup>0</sup> B doğrultusunda uzanan sol yanal doğrultu atımlı faylar, K 60-80<sup>0</sup> D uzanan Sağ yanal doğrultu atımlı faylar tespit edilmiştir. Ayrıca çoğunlukla Kuzey Batı-Güney Doğu doğrultulu verev atımlı normal faylar gözlenmiştir. Sonuç olarak günümüzde bölgede etkin olan Kuzey Batı-Güney Doğu doğrultulu sıkışma rejimi ve bununla uyumlu Kuzey Doğu-Güney Batı doğrultulu genişleme rejiminin verileri bu bölgede gözlenmiştir. Bu fay, geçmişte olduğu gibi günümüzde de orta büyüklükte (magnitudü 6 ya kadar olan) deprem üretme potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Diri Fay, Deprem, Kinematik, Sismotektonik

## SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ZEYTİNDAĞ VE BERGAMA FAYLARI VE YAKIN CİVARININ YAPISAL ANALİZİ

**SİMGE ÇAKIR**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü  
simgeyesugey@gmail.com – 0009-0002-6642-0430

**Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
ozden@comu.edu.tr - 0000-0001-6321-0812

### ÖZET

Bu çalışma, Zeytindağ ve Bergama Faylarının hem Neotektonik dönem hem de günümüzdeki davranış biçimlerinin saha gözlemleri ve uydu görüntüleri yardımıyla ortaya çıkarılması amacıyla yapılmıştır. Zetindağ Fayı, Kuzey Doğu-Güney Batı uzanlı bir fay olup yaklaşık 20 km uzunluğa sahiptir. Bu fay birbirine paralel 5 farklı fay uzanımı oluşmaktadır. Fay Zeytindağ yerleşim yerinin doğusundaki sırtların önleri boyunca devam etmektedir. Sahada bu fay ile ilgili olarak birden çok lokasyonda gözlemler yapılmıştır. Fay düzlemlerinden fayın kinematik verileri toplanmıştır. Zeytindağ Fayı, sağ yanal bileşeni olan verrev atımlı bir normal fay olarak saha gözlenmiştir. Uydu görüntülerinde Kuzey Doğu-Güney Batı uzanlılara sahip çizgisellikleri tespit edilmiştir. Bergama Fayı, Zeytindağ Fayının hemen kuzey doğuya doğru uzanımında yer almaktadır. Fay, Bergama yerleşim yerinin hemen güneyinden geçmektedir. Yaklaşık DGD-BKB uzanımına sahip olup 26 km uzunluğunda verrev atımlı bir normal faydır. Sindel güney batısında bir metrik fay aynası olarak sahada gözlenmiştir. Uydu görüntüleri üzerinde de net bir çizgisellik sunmaktadır. Bu fay ve yakın civarında **18 Kasım 1919 Soma (M:6.7)** ve **22 Eylül 1939 Dikili (M:6.6) depremleri olmuştur**. Ege bölgesinin K-G doğrultulu genişleme tektoniğinin bileşenleri olan Zeytindağ ve Bergama Fayları, orta büyüklükte deprem üretme potansiyeli olan faylardır.

**Anahtar Kelimeler:** Diri Fay, Deprem, Kinematik, Çizgisellik Analizi

## KAYSERİ BÖLGESİNDEKİ ÖKSÜT ALTIN YATAĞININ KÖKENSEL OLARAK İNCELENMESİ VE EPİTERMAL – PORFİRİ İLİŞKİLERİ

**DENİZ CAN SERÇE**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü  
denizserce@aol.com - 0000-0002-7869-4538

**Prof. Dr. ÖZCAN YİĞİT**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
oyigit@comu.edu.tr - 0000-0001-9559-3299

### ÖZET

Bu çalışma Neojen'den başlayarak Kuvaterner'de de süren Erciyes Volkanizma'sının andezitik-bazaltik ürünlerinden oluşan Develidağ Volkanik Kompleksi üzerinde bulunan Öksüt yüksek sülfidasyon epitermal tip altın-bakır yatağının jeolojisi, cevherleşme yaşı ve gömülü porfiri tip mineralizasyonla ilişkisini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Öksüt altın madeni, Kayseri ili Develi ilçesinin 10 km güneyinde yer alan, Keltepe ve Güneytepe adında iki adet açık ocağı olan, halen altın üretimi devam etmekte olan bir işletmedir.

Öksüt altın yatağının alterasyon ve mineralizasyonu Pliyosen yaşlı akma bant yapısı gösteren andezitik bazalt tarafından örtülen Miyosen yaşlı stratovolkanın merkezinde barınmaktadır. Alterasyon ürünü olarak silisifikasyon (masif silika, boşluklu (vuggy) silika), ileri-arjilik alterasyon (kuvars-alunit±pirofillit, kuvars-kaolinit), arjilik alterasyon (kaolinit, smektit, illit) ve propilitik alterasyon (klorit, epidot) görülmektedir. Sistemde diatrem ve çok fazlı freatik breşler gözlemlenmektedir. Yüksek tenörlü altın (>1ppm) mineralizasyonu masif silika, kuvars-alunit, farklı tiplerdeki freatik breşler ve bazı fay zonlarıyla ilişkilidir. Oksidasyon maksimum 400 metre derinliğe kadar devam etmekte olup, oksit-sülfid malzemenin minimum karışımıyla oksitten sülfide düzenli bir değişim gösterir.

Bu çalışma kapsamında cevherleşmenin yaşını ortaya çıkarmak için, yapılmış olan farklı sondajlardan, farklı alterasyon ve kayaç tiplerinden 7 adet örnek toplanmış, Vancouver-Kanada'da bulunan Actlabs'da Re-Os analizi yapılmış ve sadece 3 örnekten sonuç alınabilmiştir. Molibdenit ve pirit minerallerinde yapılan Re-Os jeokronolojik tarihlendirme sonuçları Öksüt madenindeki cevherleşme yaşını Messiniyen (5.80-6.34 Ma) olarak

göstermektedir. Bu sonuçlar önceki alterasyon yaşları ile uyumludur. Saha gözlemleri, jeolojik ve jeokimyasal veriler aracılığıyla derinlerde porfiri tip cevherleşme olabileceği sonucuna varılmıştır. Güneytepe açık ocağında yamalı (patchy) silika, gusano (wormy) dokusu gözlemlenmesi, terraspec ölçümlerinde pirofillit ve beyaz mika tespiti porfiri – epitermal geçiş zonuna işaret etmektedir. Bu işaretlerde ortamda sıcaklık artışını ispat etmektedir. Ayrıca geçmişte yapılmış olan sondaj çalışmalarında da diorit, porfiri andezit ve bazik dayk gibi plutonik ve sub-vulkanik kayalar kesilmiş olup, bunların porfiri yataklarda gözlemlenen fillik ve potasik alterasyona uğradıkları görülmüştür. Ancak şu ana kadar yapılan sondajlarda ekonomik porfiri Au±Cu±Mo cevherleşmesine rastlanılmamıştır. Devam eden U-Pb jeokronolojisi çalışmalarının sonuçları epitermal-porfiri mineralizasyonları arasındaki ilişkiyi daha net tanımlayıp, gelecek maden arama çalışmaları için yol gösterici olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Altın Arama, Epitermal, Porfiri, Jeokronoloji



## SAHA GÖZLEMLERİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ALİAĞA (İZMİR) GÜNEY DOĞUSUNUN YAPISAL ANALİZİ

**YAĞMUR ÖZCAN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü  
yagmurozcan092@gmail.com – 0009-0009-6903-3664

**Prof. Dr. SÜHA ÖZDEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
ozden@comu.edu.tr - 0000-0001-6321-0812

### ÖZET

Bu çalışma, Aliğa (İzmir) ilçesinin güney doğusunda uzanan Güzelhisar ve Menemen Faylarının geçtiği bölgenin kinematığı, sismotektoniği ve uydu görüntüleri ile yapısal analizini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Güzelhisar Fayı, BKB-DGD uzanımlı bir fay olup 22 km uzunluğunda iki uzanımdan oluşmaktadır. Bu fay, normal atım bileşeni olan sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Sahada bu fay üzerinde birden çok lokasyonda fay düzlemi verileri elde edilmiştir. Uydu görüntüleri üzerinde Güzelhisar Fayının çizgisellik analizi yapılmıştır. Menemen Fayı, İzmir'in Menemen ilçesinin hemen kuzey doğusundan geçmektedir. Bu fay, bir fay zonu olup, bir ana fay ve üç paralel fay uzanımdan oluşmaktadır. Toplam 30 km uzanıma sahip olan fay uzanımları basamaklı bir yapı sunmaktadır. Doğrultuları BKB-DGD olan bu uzanımlar boyunca birçok yerleşim birimi bulunmaktadır. Her fay parçası üzerinde Menemen Fayının davranış biçimi sahada gözlenmeye çalışılmıştır. Özellikle ana fay üzerinde fayın verev atımlı bir normal fay olduğu birden çok lokasyonda tespit edilmiştir. Uydu görüntüleri üzerinden yapılan analizlerde daha önce haritalanan uzanımlara ek olarak bazı çizgisellikler de tespit edilmiştir. Hem Güzelhisar hem de Menemen Fayları boyunca son yüzyılda 5 büyüklüğüne kadar depremler bulunmaktadır. Her iki fay da, Ege bölgesi genişleme tektoniğinin önemli fayları olup, geçmişte olduğu gibi günümüzde de orta büyüklükte (magnitüdü 6 ya kadar olan) deprem üretme potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Diri Fay, Deprem, Kinematik, Çizgisellik Analizi

## IMPLEMENTATION OF THE BIOFUELS ACT OF 2006: A BASIS FOR POLICY IMPROVEMENT

**Rubenita F. Cabilin**

Polytechnic University of the Philippines, Graduate School

### ABSTRACT

This research aims to examine the biofuels law's implementation efficacy through the biodiesel business. Many authors analyzed the merits and cons of biofuel policy and their economic and environmental implications. Empirical studies highlighted the influence of biofuel policies, focusing primarily on the negative aspects of the biodiesel business. There has been little focus on policy implementation efficacy, and few research has systematically explored the public's policy cognition concerning the objective and target audience's policy support. As a result, more focused efforts are required to examine the success of biofuel policy implementation. Reviewing the specifics of the country's biofuel policy impact, there appears to be a mismatch between policy aims and outcomes. sequential explanatory mixed technique, which includes both quantitative and qualitative research procedures, is used to evaluate implementation efficacy. A deductive theme analysis, thorough and descriptive data are generalized with an in-depth understanding of the social component of implementation within its natural setting to further provide an answer to a quantitatively measured and researched outcome.

**Keywords :** biofuels policy, higher biodiesel blend mandate, 7-Cs of Policy Implementation, MSMEs, policy implementation gap

### 1. CHAPTER 1: THE PROBLEM AND ITS SETTING

#### 1.1. INTRODUCTION

Government policies have a significant impact on the expansion and widespread adoption of biofuels (International Energy Agency, 2021). The Philippines was the pioneer in the Southeast Asia Region to implement a biofuel strategy through the passing of Republic Act (RA) No. 9367, also referred to as the Biofuels Act of 2006. The law, implemented on January 12, 2007, mandates the utilization of biofuels and establishes the Biofuel Program. In addition, it provides funding for this specific purpose and fulfills additional goals (Corpuz, 2017; Georges, 2012). The Biofuels Law requires the inclusion of biofuels, specifically biodiesel and bioethanol, in the country's petroleum fuel mixture, while also offering other incentives. The main objective of the Act is to increase the percentage of biofuels in the country's energy mix, thereby reducing dependence on imported fossil fuels, improving the environment, and promoting agricultural income and rural socio-economic development. The legislation mandates that domestically derived biofuel components, specifically bioethanol for gasoline and biodiesel for diesel, must be included in all liquid fuels sold for automobiles and engines within the country. Guidelines for checking quality compliance were established in the Philippines.

According to the Department of Energy (DOE), the initial five biodiesel producers authorized under the Biofuels Law had a collective yearly production capacity of 257 million liters (ML) between 2007 and 2009. A substantial portion of investors were driven to develop biodiesel facilities due to the incentives offered by the Act and the anticipated increase in biodiesel blend. Since 2013, several companies have increased their annual manufacturing capabilities. The total biodiesel production capacity reached 677.9 ML as of December 2022. Nevertheless, the demand for biodiesel is currently at a relatively modest level of 202.14 ML. Biofuels present economic opportunities for rural areas and function as a low-carbon alternative to fossil fuels. They possess the capacity to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and alleviate the climate change impacts resulting from transportation. The biodiesel industry has created approximately 535 jobs and is projected to have prevented 512.53 thousand metric tons of carbon dioxide equivalent (KTCO<sub>2</sub>e) emissions by the second quarter of 2023.

The program aims to incentivize farmers to enhance agricultural productivity by providing them with strong incentives, such as increased farmgate prices for commodities, resulting in a positive impact. However, in carrying out the Act, a multitude of challenges emerged in the biodiesel industry of the country. A research examining the effects of biofuels mandates in developing countries, such as the Philippines, discovered a decrease in the actual wages of coconut farm laborers and a notable volatility in the prices at which coconuts were directly sold from the farm (Georges, 2012). Climate change had a substantial impact on the coconut productivity of the country, especially after the occurrence of Typhoon Haiyan in 2013 in the coconut-producing regions. This issue was exacerbated by the decreasing coconut oil production caused by the aging trees and low farm productivity resulting from recent infestations, specifically the coconut scale insect, also referred to as "cocolisap" (Castillo and Ani, 2019). Nevertheless, the Department of Agriculture-Philippine Coconut Authority addressed these issues by collaborating with local government units in heavily affected areas, pest management specialists, and conducting salt fertilization programs ("PCA Localizes Production, Purchase of Salt Fertilizer," 2014). Among the countries in Southeast Asia, the Philippines is alone in utilizing coconut oil as the primary ingredient for the production of biodiesel (Dermawan, et.al., 2012). Moreover, the Philippines boasts the largest expanse of land specifically allocated for coconut cultivation. Furthermore, this nation is a prominent worldwide manufacturer and shipper of coconut, as evidenced by Moreno et. al (2020).

Although the sector is well-prepared with sufficient supply to meet the blending requirement and expand the amount of biodiesel in the country's energy mix, the availability of feedstock for biodiesel production is still limited due to the variable costs of feedstock. Alonzo's (2016) research predicts that there will be a surplus of coconut supply, but it will still fall short of meeting the demand for a significant section of the transportation industry. A group of petroleum companies has claimed that increasing the amount of biodiesel in gasoline blends will lead to concerns about fuel prices and create technological barriers that will affect drivers (pip\_admin, 2020). The quality challenges highlighted encompass issues such as flaking, microbiological contamination, and the utilization of feedstock derived from sources other than coconut, such as palm oil. These factors contribute to a decrease in the methyl laurate concentration seen in biodiesel products.

While the previous research mostly examines the detrimental impacts of the biodiesel industry, other writers have also investigated the pros and downsides of biofuel policy, as well as their economic and environmental implications. The effectiveness of policy implementation has been given little consideration, as pointed out by Mugambwa et al. (2018). Moreover, there is a scarcity of research that have thoroughly investigated the public's comprehension of policy, considering both the objective aspect of policy content and the subjective aspect of the target audience's endorsement of the policy, as emphasized by Zhou et al. (2022). Further focused efforts are necessary to assess the effectiveness of biofuels policy in practical application. Upon further examination of the country's biofuel policy impact, it becomes clear that there is a contradiction between the desired objectives of the policy and the actual outcomes. Although there are existing laws, regulations, and standards, as well as financial incentives and cooperation from various government agencies, the Biofuels Act's goal of reducing dependence on imported oil, decreasing greenhouse gas emissions, and improving rural employment has not yet been accomplished (Acda, 2022). A member of the House of Representatives has expressed concerns that the advancement of biofuels could potentially jeopardize the country's food security. Hence, it is crucial to undertake thorough research and development on alternate indigenous biofuel sources. Furthermore, it is imperative to evaluate the efficacy in attaining the goals specified in the policy statement of the law (van Geet, et. al, 2021).

The DOE is obligated to ensure compliance with the provisions of the Biofuels Law as stated in Section 7, as well as the corresponding rules and regulations outlined in Rule 4, Section 12. The implementation phase encompasses actions such as accrediting biodiesel producers, conducting surveillance and inspections of accredited production facilities, and periodically collecting samples of biodiesel products. These efforts are conducted to ensure that the biodiesel products mixed with fossil diesel in the Philippines adhere to the Philippine National Standards (PNS). This article aims to assess the efficacy of the Department of Energy's service delivery in executing the Biofuels Law. The goal is to provide tactics for augmenting, bolstering, and refining policies. Tezera (2019) and Ahmed & Dantata (2016) argue that the effective and successful implementation of policies is crucial for achieving national development. The Policy Implementation Protocol, created by Cloete, De Coning, Wissink, and Rabie (2018), will be employed, using the 7-Cs framework. The analysis evaluates the content of the policy, the context in which it was implemented, the commitment of those responsible for its implementation, the engagement of clients and coalitions, the proficiency of individuals assigned to implement the policy, and the efficacy of communication and coordination. The sequential explanatory mixed approach, which integrates both quantitative and qualitative research methods, is employed to evaluate the effectiveness of implementation. The study involves a thorough examination of narrative, detailed, and descriptive information, with an emphasis on comprehending the social aspect of implementation within its authentic setting. The purpose of this analysis is to uncover patterns and themes and offer solutions to the study findings, which are examined and evaluated using quantitative techniques.

## 1.2. THEORETICAL FRAMEWORK

This article will employ the 7-C Policy Implementation Protocol, created by Cloete, De Coning, Wissink, and Rabie in 2018, to assess the service delivery of the DOE in executing the

RA 9367. The 7Cs consist of the following components: the content of the policy, the context in which the policy is implemented, the commitment and involvement of those responsible for implementing the policy, the involvement and collaboration of clients and coalitions, the capacity and proficiency of individuals assigned to execute the policy, and the effective exchange of information and organization of efforts.

**1.2.1. Content.** The policy explicitly defines its principles, objectives, and methods for execution (Tezera, 2019). Furthermore, it is closely matched with its intended results and is linked to the pertinent policies and plans at both the national and local levels (Molobela, 2019).

**1.2.2. Context.** Social, political, economic, and legal elements exert impact on the institutional framework of a policy. Molobela (2019) asserts that policy implementation considers adverse circumstances such as service delivery protests, threats, negotiations, and related challenges. These variables can contribute to the development of efficient working relationships and, consequently, enhance the delivery of services.

**1.2.3. Commitment.** Demonstrating unwavering dedication and persistence in achieving the intended outcomes of the policy, regardless of any challenges, is crucial in the provision of public services. The driving force for continuous development is dedication. Policies may prove ineffective when they lack basic alignment with the strategic objectives of the government (Leong et.al., 2021).

**1.2.4. Capacity.** Public service delivery involves the provision of both physical and non-physical resources (Molobela, 2019). Tangible resources refer to concrete assets such as human capital, financial capital, physical materials, technology, logistical support, and transportation. On the other hand, intangible resources contain qualities like dedication, leadership, motivation, willingness, courage, endurance, and trust. In order to successfully implement policies, it is crucial to have a workforce that has received sufficient training (Tezera, 2019).

**1.2.5. Clients and Coalitions.** The involvement of non-governmental organizations (NGOs), civil society, local and national governments, and relevant stakeholders is included in order to improve the delivery of public services. Governmental agencies bear the main duty for executing policies, while non-governmental organizations (NGOs) and voluntary organizations also partake in the implementation process. Various individuals participate in interactions to promote their individual or collective interests, leading to a dynamic exchange of influence and authority (SPS, 2023).

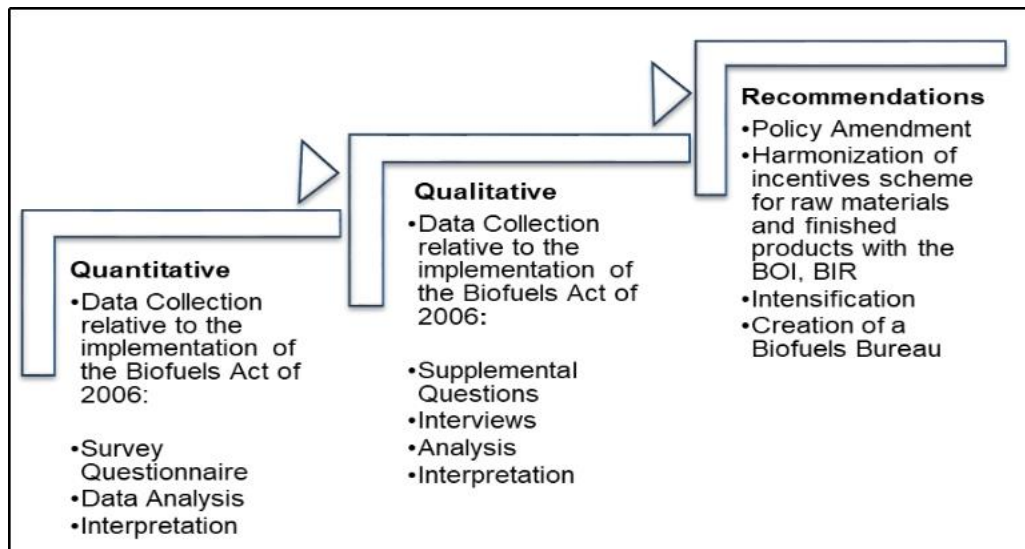
**1.2.6. Communication** or the act of conveying information or exchanging messages. The process of exchanging information or ideas facilitates effective implementation. It is essential to include media platforms such as community radio stations, newspapers, and social networks into the communication strategies. Sharing information about progress and achievements is crucial for maintaining stakeholder motivation. Furthermore, it is imperative to establish effective feedback channels to verify the proper implementation of the policy and promptly address any unforeseen repercussions (Picard, 2020).

**1.2.7. Coordination.** Effective collaboration between national and local governments, non-governmental organizations (NGOs), civil society, and important stakeholders, including the media, is crucial for the successful provision of public services. The OECD emphasizes that

coherence and the prevention of policy disputes can be achieved by fostering collaboration among various stakeholders within the government through established channels.

### 1.3. CONCEPTUAL FRAMEWORK

The study's conceptual framework is grounded in the sequential explanatory mixed approach.



**Figure 1. Conceptual Paradigm: Sequential Explanatory Mixed Method**

This study paradigm has a two-phase design: the initial phase focuses on gathering and examining quantitative data, while the subsequent phase is dedicated to gathering and examining qualitative data. The results of the analyses were merged and examined.

### 1.4. STATEMENT OF THE PROBLEM

The objective of this study is to assess the implementation of the Biofuels Law by the DOE. Specifically, the study aims to address the following inquiries:

1. What is the effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in relation to the following factors:
  - 1.1. Content
  - 1.2. Context
  - 1.3. Commitment
  - 1.4. Capacity
  - 1.5. Clients and Coalitions
  - 1.6. Communication
  - 1.7. Coordination
2. Is there a significant difference in the implementation techniques perceived by respondents when producers are categorized as micro, small, and medium enterprises?
3. What are the difficulties and factors to take into account when implementing the Biofuels Law?
4. Based on the study's findings, what policy improvements can be recommended?

## 1.5. HYPOTHESIS

There is no significant difference between the Department of Energy's efficiency in executing the Biofuels Act of 2006 and the industry classification of biodiesel producers as micro, small, and medium enterprises.

## 1.6. SCOPE AND LIMITATIONS OF THE STUDY

The study's scope encompasses the breadth of the investigation, encompassing the particular regions or facets that will be examined. The objective of this study is to assess the DOE's implementation of the Biofuels Act of 2006. However, it will just give priority to biodiesel programs. It will specifically omit other types of biofuels, such as bioethanol. As a result, it will only take into account the twelve biodiesel producers that are currently accredited, disregarding any potential future biodiesel manufacturers and other related agencies mentioned in the Biofuels Law.

## 1.7. SIGNIFICANCE OF THE STUDY

This study seeks to make significant contributions to the field of public administration by identifying key areas that will rectify the shortcomings in the execution of the Biofuels Law.

**The Department of Energy Management.** The DOE administration can employ the discoveries of this study to enhance the present performance of pertinent departments and personnel.

**The Polytechnic University of the Philippines (PUP).** The report significantly contributes to PUP's objective by analyzing the execution of the Biofuels Act of 2006 and pinpointing the challenges, problems, and concerns encountered by advocates of biodiesel. The discoveries will prompt enhancements in the procedure, leading to a rise in the quantity of acknowledged biodiesel manufacturers in the nation.

**Policymakers.** The results of this study may be a basis for policymakers when formulating decisions and modifying their objectives in order to enhance the efficacy of public initiatives.

**Biodiesel Producers.** The study will offer biodiesel producers recommendations for policy modification, in line with their objective of improving production. Moreover, it is crucial to strengthen collaboration with the government to perform their responsibilities and comply with the stipulations specified in the Biofuels Law.

**Aspiring Scholars.** The findings and recommendations of this study will offer future researchers direction to investigate aspects that were not included in this research.

**Researcher.** The researcher will employ this study to conduct additional exploration of ideas, concepts, and principles pertaining to policy implementation. Consequently, she will propose essential alterations that could improve the existing approach to executing Biofuels legislation.

## 1.8. GLOSSARY

In order to fully understand this investigation, the following terms are operationally defined or defined as they are used in this study.

**Content** encompasses the essential components of a policy, its concepts, objectives, and the precise strategies employed to implement it.

**Context.** The establishment of a policy is shaped by multiple elements, such as social, political, economic, and legal circumstances.

**Commitment** is the state of being actively engaged and having a strong drive to achieve the desired outcomes of a policy, regardless of any barriers or challenges that may occur.

**Capacity** encompasses the necessary resources for public delivery, including tangible resources like human, financial, technological, logistical, and transportation resources, as well as intangible resources like dedication, leadership, motivation, and trust.

**Clients and Coalitions** is the involvement of non-governmental organizations (NGOs), civil society, local and national governments, and other relevant stakeholders to improve the provision of public services.

**Communication** is the process of exchanging information and ideas amongst people. It is an essential element for effectively executing a task. Incorporating community radio stations, newspapers, and social networks is essential in the communication strategies.

**Coordination.** Efficient public service delivery relies on coordination, which necessitates active collaboration among national and local governments, NGOs, civil society, important stakeholders, and the media.

## 2. CHAPTER II: REVIEW OF RELATED LITERATURE AND STUDIES

This chapter aims to present a comprehensive summary of the viewpoints, theories, and ideas discussed in both national and international literature concerning the difficulties and factors to be taken into account in the implementation of policies and programs. In accordance with Snyder's (2019) findings, the researcher will utilize a multidisciplinary approach by incorporating existing information from other fields and gathering a diverse array of references, such as books, journals, memorandums, guidelines, legislation, articles, studies, and other pertinent material, for this study. The interconnectedness of subjects will greatly enhance the execution and consequences of this inquiry.

### 2.1. Regulations, Initiatives, and Legislation Regarding Biofuels

Public policies are formulated to tackle societal problems, and the responsibility of executing these policies lies with public administration (Gallagher, 2023). Biofuels policies are established to provide the structure for the advancement, validation, and business activities of biofuel production facilities and initiatives. This study will employ the following facilitating policies and legislation, each of which will have a vital role.

**Biofuels Program.** This initiative has a specific focus on the advancement and practical application of biofuels throughout the nation. The Biofuels Program was derived from the Biodiesel Program, which began in September 2003 (PPT - Coco-methyl Ester (CME) or Coco-Biodiesel PowerPoint Presentation - ID:4615065, n.d.). The Biodiesel Program was created under Memorandum Circular No. 55, which mandated all government entities, including government-owned and controlled enterprises, to include one percent (1%) by volume of Coconut Methyl Ester (CME) into their diesel fuel. The Circular was endorsed by former President Gloria Macapagal Arroyo on February 9, 2004. The main objectives of the Circular



are two-fold: a) To promote the use of coco-biodiesel as a greener alternative to conventional transportation fuel; and b) To encourage the diversity of fuel sources for wider availability.

The Philippine Energy Plan (PEP). The DOE has established a goal in the PEP to maintain a biodiesel blend of 2% until 2010, covering the planning period from 2009 to 2030. The blend will achieve a concentration of 10% by 2015 and will then augment by 5% every five years until 2025, culminating in a concentration of 20%. The concentration will remain constant until 2030. In contrast to previous forecasts of a substantial increase in biodiesel blends, the nation intends to maintain a biodiesel blend of 2% until 2040 in both the reference scenario (REF) and business as usual (BAU) scenario for the planning period of 2020-2040. The clean energy scenario, as a substitute for the REF, planned to introduce 5% of renewable energy starting in 2022, however eventually this did not happen.

Republic Act No. 7638, also known as the Department of Energy Act of 1992. This executive agency is tasked with the preparation, integration, manipulation, organization, coordination, supervision, and control of all government plans, programs, initiatives, and actions connected to energy exploration and development, usage, distribution, and conservation.

Under the Biofuels legislation of 2006, especially Section 7, and its Implementing Rules and Regulations (IRR), specifically Rule 4, Section 12, the DOE is mandated to enforce the provisions of the legislation. Also, the Act directs the DOE to formulate the implementing rules and regulations; prepare the National Biofuels Program; establish technical fuel quality standards for biofuels and biofuel-blended gasoline and diesel which comply with Philippine National Standard (PNS); establish guidelines for the transport, storage and handling of biofuels and biofuel blends; accredit producers and distributors of biofuels and developers/ owners of biofuel production facilities; endorse qualified biofuel producers to the Board of Investments for incentives availment; conduct regular monitoring, inspection, sampling and laboratory testing of biofuels in all biofuel production facilities, feedstock production areas, and biofuel-blended gasoline and diesel in all blending/ storage / distribution facilities and retail stations; stop the sale of biofuels and biofuel-blended gasoline and diesel that are not PNS-compliant; impose fines and penalties against persons or entities found to have committed any of the Act's prohibited acts; conduct research and development and studies on biofuels, biofuel-blended gasoline and diesel, and/or other biomass-derived fuels for motors and engines, air transport and other vehicle technologies; provide laboratory support to other government entities including the private sector in the conduct of R & D on biofuels, biofuel blends and other biomass-derived fuels; formulate guidelines in the importation of biofuels taking into consideration of the existing rules and regulations of the DOE and other government agencies; and conduct information campaign to promote the use of biofuels.

Republic Act No. 9367 commonly referred to as the Biofuels Act of 2006. Biofuel mandates are globally implemented, as indicated by the International Air Transport Association (IATA, n.d.). According to Lane (2019), 64 nations, including the Philippines, have set specific targets and requirements for the use of biofuels. The transport industry is mandated by the Biofuels Law to utilize biofuels, specifically biodiesel. Biodiesel companies acquire a Certificate of Accreditation to produce and distribute biodiesel products to oil corporations. To address the Philippines' heavy reliance on fossil fuels and imported energy, the government has

enacted laws with the goal of diversifying its energy sources and promoting the advancement, development, and exploitation of renewable energy. This legislation was passed on January 12, 2007 (F+L Daily, 2007), officially published on January 22, 2007, and took effect on February 6, 2007 (EAS-ERIA Biodiesel Fuel Trade Handbook: 2010). The Philippines became the first Southeast Asian country to pass a biofuels law with the implementation of the Biofuels Act (FAO, 2019). The Philippines is now implementing measures to promote the increase of the biodiesel blend from 2% (B2) to 5% (B5) since 2015 (BOI, 2018). In regards to the Biofuels Roadmap 2018-2040, the government intends to increase the national biodiesel mandate to 5% by the year 2020. However, the pandemic had an adverse effect on the stated objective (DOE, 2021).

Joint Administrative Order No. 2008-1, Series of 2008. The Guidelines for the Production of Biofuel Feedstock, as well as the Production, Distribution, and Sale of Biofuels and Biofuel Blends under RA 9367, was officially approved on October 8, 2008. The recommendations were implemented on March 24, 2009, following its publication on March 9, 2009. The Guidelines provide clarification on the regulations concerning the conversion of agricultural lands for the production of biofuel feedstock. Utilizing agricultural regions for the production of biofuel feedstock is not advisable. Consequently, agricultural land should be exclusively allocated for the cultivation of food crops rather than for the manufacture of biofuels. The objectives encompass ensuring the availability of alternative and renewable energy sources, while also safeguarding the integrity of the country's natural ecosystem, biodiversity, and food reserves. Furthermore, the goals encompass guaranteeing compliance with the PNS and specified biofuel mixtures.

Republic Act No. 9513 which is commonly referred to as the Renewable Energy Act of 2008 or Renewable Energy (RE) Law. Former President Arroyo approved the RE Law on December 16, 2008 which establishes the framework for the advancement and utilization of RE resources in the country. The Law appoints the DOE as the key entity tasked with monitoring various endeavors such as to accelerate the exploration and progress of renewable energy (RE) resources for the implementation of sustainable energy development strategies, with the objective of reducing the nation's dependence on fossil fuels. This will be accomplished by improving the utilization of RE and promoting its commercial implementation through the provision of both financial and non-financial incentives. Furthermore, the objective is to encourage the advancement and application of sustainable energy sources as efficient strategies to mitigate or diminish detrimental emissions, while simultaneously harmonizing the aims of economic expansion and progress with the safeguarding of well-being and the environment. Ultimately, the means to enforce the requirements of the Act will be put in place.

Department Circular (DC) No. DC2007-05-0006. The document named "Rules and Regulations Implementing Republic Act No. 9367" covers the procedures involved in the production, blending, storage, sale, and distribution of both biofuels and biofuels feedstock. Oil companies must comply with the mixing of biodiesel and fossil fuel as specified in the Philippine National Standard (PNS). Prior to marketing biofuel blends, the appropriate blending techniques at the refineries, depots, or blending facilities must be employed.

Department Circular No. DC2009-02-0002 entitled "Enforcing a Required Proportion of Biodiesel in All Diesel and 5% Bioethanol in the Total Volume of Gasoline Annually". After

the Biofuels Law was passed, all diesel fuels in the country are required to contain a minimum mix of one percent (B1) biodiesel by volume. The volume of the biodiesel mixture was increased to a minimum of two percent (B2), with the potential for additional increase, considering the locally sourced biodiesel component. This circular requires the implementation of a minimum biodiesel blend of 2% starting from 06 February 2009, upon the recommendation of the National Biofuel Board.

Department Circular No. DC2016-05-0006 aims to ensure the implementation of the Modified Philippine National Standard Specification for Biofuels - Coconut Methyl Ester (PNS/ DOE QS 002:2015). The updated specifications for pure biodiesel (B100) incorporate the inclusion of Iodine Number as a novel characteristic, a rise in the minimum threshold of Oxidation Stability property, a decrease in the maximum allowable Sulfur content, and the use of Cold Soak Filterability Test for gathering data.

Philippine National Standard (PNS) PNS/DOE QS 002:2015. This is a standard specifically designed for the regulation of Coconut Methyl Ester (CME) or pure biodiesel. The standard has been prepared and is currently being implemented to meet the technical requirements for CME (B100) that is suitable for blending with diesel fuel for use in various types of compression ignition engines and associated engines. This PNS was implemented through the issuance of the Department Circular No. DC2016-05-0006.

PNS/DOE QS 010:2015 standard is specifically designed for High FAME-Blended Diesel Oil with a 5% blend of biodiesel or B5. The standard was created to fulfill the technical requirements for high FAME-blended diesel oils (B5) that are suitable with various types of diesel engines and similar engines. The standard has not been implemented due to the absence of a requirement for B5. This specification will facilitate the execution of future energy policies that aim to integrate higher levels of biofuels into the petroleum sector.

PNS/DOE QS 004:2012. This standard is specifically designed for the 2% biodiesel blend or B2, which is commercially available, is currently being utilized in pump stations around the country.

Republic Act No. 11234, also referred to as the Energy Virtual One Stop Shop Act (EVOSS), is a centralized platform that streamlines the decision-making process for applications related to permits or certifications for projects involving electricity generation, transmission, and distribution, including initiatives involving biofuels. The implementation was conducted to ensure the quality, dependability, security, transparency, and accountability in the approval process of projects related to the generation, transmission, or distribution of energy.

## 2.2. Content

The policy framework is unquestionably delineated by the extensive information and material encompassed inside a policy, comprising its stipulations, its resemblances to other policies, and the circumstances under which it was developed. As stated by Howlette (2014), the primary objective of contemporary policy research is to comprehend the various components of policy that are essential for effectively managing complex situations. Hudson, Hunter, and Peckham (2019) argue that the effectiveness of policies is not solely decided by their inherent attributes, but rather by their implementation. Policies are typically communicated through official written documents that have the support or signature of the

executive authorities within an organization. This is done to verify the policy and establish its ability to be enforced. These documents often follow distinct formats that are exclusive to the organization responsible for developing the policy. Policy documents generally include fundamental components, such as a purpose statement that clarifies the rationale for the policy and its intended effect or result. In addition, an applicability and scope declaration is provided, which outlines the specific individuals or groups impacted by the policy and the behaviors that are influenced by it. The policy requirements may expressly exclude specific individuals, organizations, or actions from its applicability and extent. The concept of applicability and scope is utilized to precisely focus on the intended goals of the policy while limiting any undesired consequences. The effective date signifies the start of the policy. While not frequently encountered, retroactive policies do really exist. The duties section delineates the persons and organizations responsible for executing particular policy statements (Policy content, types, cycles and analysis, n.d.). The implementation of a program is influenced by the interest that impacts the program's content. The purpose of policy implementation is to effect alterations in social, political, and economic interactions. Those individuals whose interests are at jeopardy as a result of this policy are likely to be against it. People who have a personal stake in gaining advantages from a certain policy are likely to support and promote its implementation. At times, this might result in disagreement and competition, which can make the implementation process more complex. The implementation of a policy is also influenced by the degree to which the behavioral modification program is strategically designed for its target beneficiaries. Implementing programs with long-term aims can provide greater challenges compared to programs with immediate benefits that are readily acknowledged by the recipients.

### **2.3. Context**

Context refers to the fundamental conditions under which policy decisions are made, policy processes take place, and stakeholders or actors engage in policy-related activities. The Biofuels Law is influenced by the nation's steadfast dedication to environmental legislation, such as the Clean Air Act (RA No. 8749), which seeks to diminish the release of greenhouse gas emissions. The purpose of the Biofuels Law is to address the economic difficulties faced by the country and create job prospects and sustainable means of living for farmers.

### **2.4. Commitment**

Commitment is a shared obligation that goes beyond any particular member. AL-Jabari, Basel & Ghazzawi, Issam (2019) defined organizational commitment as the relative strength of an individual's identification with and involvement in a particular organization. To ensure the involvement of different participants, it is crucial for each person to understand their role and follow an effective communication strategy, which will provide clarity about their assigned duties (Association for Project Management Annual report and accounts 2022/23, n.d.).

According to the United Nations Development Programme Multi-Stakeholder Engagement Processes (2006) multi-stakeholder engagement strategies aim to encourage equitable involvement, accountability, and transparency, while also boosting collaborations and connections among various stakeholders. Multi-stakeholder involvement lead to capacity

development and empowerment (Multi-Stakeholder Engagement Processes | United Nations Development Programme, 2015).

## **2.5. Capacity**

The efficacy of a policy is heavily contingent upon the government's capacity to devise and execute it (How to Measure the Capacity of Government to Deliver Policy | RAND, n.d.). To successfully accomplish the objectives of a policy, it is imperative to have individuals who possess the requisite skills and training. Furthermore, top-performing companies not only prioritize the results of their actions, but also ensure that these results are widely shared across the public sector, civil society, and individuals. In addition, they give importance on ensuring access to public services, including citizen input in service provision, and offering alternative methods for delivering public services.

## **2.6. Clients and Coalitions**

According to Knoepfel, et al. (2011), study not only evaluated public actors, but also analyzed the relationships between administrative agents and interested social groups. The influence of political change (Contreras, 2002) and culture (Montiel, 2012) on political institutions and public administration is substantial. Government administrations implement policies in alignment with their political objectives. The topic pertains to the challenges of effectively managing and governing by reconciling the divergent viewpoints of various groups with contrasting socio-political and economic perspectives Ezeibe, et al., (2017).

## **2.7. Communication**

In his 2014 study, Michal J. Ahn posited that governments need to adjust strategies to address the difficulties posed by information overload, in order to efficiently engage with their constituents. Government agencies are now obligated to participate in competition with corporations and nonprofits in order to garner public attention. This function is demanding since citizens are often exposed to appealing headlines and dramatic ads, while governments try to communicate with them through their traditional, lengthy official documents and announcements that emphasize facts and data. The public's interest in government information wanes swiftly. The concept that providing something will naturally attract people to consume it is not applicable in the present media environment. If governments are unable to engage the public's attention, their communication endeavors will be eclipsed by the vast quantity of alternative information.

## **2.8. Coordination**

As stated by Begum & Momen (2019) coordination is an essential element for the effectiveness of any organization, and it is required at all levels of public policy, program or organizational activity (Peters, 2018). Effective coordination is crucial for enabling cohesive actions, which have become a major governance challenge globally. Within the existing structure of public policy, multiple stakeholders participate in the process of decision-making and engage in policy-related activities. Hence, the coherence and effectiveness of government

operations are contingent upon the coordinated efforts of the government, which in turn serve to uphold the government's policy objectives.

## 2.9. Synthesis of the Reviewed Literature and Studies

The literature and studies gathered for this study offer proof that considering the 7-Cs in policy implementation results in enhanced provision of public services.

## 3. CHAPTER III: METHODOLOGY

This chapter presents a comprehensive description of the methodology utilized in the study, encompassing information on the population, sample size, and sampling process. The document includes information about the participants, study instruments, data collection methods, and the statistical analysis used for the data.

### 3.1. Method of Research

This study utilized the sequential explanatory mixed method (SEMM). The study addressed the challenges by employing a mixed methods strategy, which involved the use of both quantitative and qualitative methodologies (Othman, et.al. 2020). Compliance with institutional and national requirements on research ethics involving human participants was guaranteed. This included getting informed consent from all survey respondents before they took part in the online survey questionnaire and interview. In addition, participants were explicitly advised that any information they gave would be handled with strict confidentiality. Strict confidentiality will be upheld during the whole process of data collecting, analysis, and presentation, guaranteeing that no personal information will be disclosed to anyone.

### 3.2. Population, Sample Size, and Sampling Technique

The DOE reports that there are 535 individuals employed by accredited biodiesel producers (Table 1) as of March 31, 2023. The population of accredited biodiesel producers include individuals who hold positions as managers, administrators, and leaders in the field of production and operations. The Cochran's Formula was used to determine the ideal sample size.

$$n_0 = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

**Figure 2: Cochran's Formula**

$n_0$  = intended level of precision (margin of error)

$p$  = estimated proportion of the population that has the attributes

$q = 1 - p$

$Z$  = Z- table derived from a specific confidence level

Given that the study's population is less than 1,000, the Modified Cochran Formula will be employed.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

N = total population size

**Figure 3: Modified Cochran’s Formula**

**Table 1. Total Population of Accredited Biodiesel Producers**

BIODIESEL PRODUCERS	Total Headcount
Phil. Biochem Products, Inc.	40
Chemrez Technologies, Inc.	51
Mt. Holly Coco Industrial, Inc.	82
Pure Essence International, Inc.	66
Bioenergy 8 Corporation	31
Tantuco Enterprises, Inc.	70
JNJ Oleochemicals, Inc.	59
Freyvonne Milling Services	10
Phoenix Petroleum Philippines, Inc.	12
Archemicals Corp.	41
Econergy Corporation	73
<b>total</b>	<b>535</b>

According to Tamkin et. al (2002.), around 15 percent of the overall employed workforce consists of managers. The technique of convenience sampling will be utilized to obtain authentic survey responses. It will give priority to individuals who are easily accessible to the researcher.

**Table 2. Ideal Sample Size (SS) Per Accredited Biodiesel Facility**

Accredited Biodiesel Producers	Total Headcount	Ideal Sample Size	% Share in Population
Phil. Biochem Products, Inc.	40	6	7
Chemrez Technologies, Inc.	51	8	12
Mt. Holly Coco Industrial, Inc.	82	12	15
Pure Essence International, Inc.	66	10	12
Bioenergy 8 Corporation	31	5	6

Tantuco Enterprises, Inc.	70	11	13
JNJ Oleochemicals, Inc.	59	9	11
Freyvonne Milling Services	10	2	2
Phoenix Petroleum Philippines, Inc.	12	2	2
Archemicals Corp.	41	6	7
Econergy Corporation	73	11	13
	<b>535</b>	82	<b>100%</b>

### 3.3. Description of Respondents

The survey participants will be individuals in key positions such as plant managers, proprietors, administrative heads, production and operations heads or managers in biodiesel producers that are officially recognized by the Department of Energy (DOE). The selection of participants will be based on the Department of Trade and Industry's classification of micro (1-9 employees), small (10-99 employees), and medium (100-199 employees) firms (MSMEs).

**Table 3. Biodiesel Producers Classification**

Enterprise	Number of Employees	Number of Biodiesel Producers
Micro	1 - 9	None
Small	10 - 99	11
Medium	100 - 199	None

### 3.4. Research Instrument

The efficacy of the DOE's implementation of the Biofuels Law was evaluated through the utilization of researcher-developed google form survey questionnaires and structured interview questions.

The researcher utilized an online survey through Google Forms Questionnaires as a quantitative research approach, employing the Likert 4 Point Scale. The response options are numerically labeled from 1 to 4, as shown below:

**Table 4. Likert Four-Point Scale**

Scale	Range	Interpretation
4	3.26 - 4.00	Highly Implemented
3	2.51 - 3.25	Implemented
2	1.76 - 2.50	Not So Implemented
1	1.00 - 1.75	Not Implemented

The qualitative research method employed structured questions. A descriptive study methodology was used to evaluate the effectiveness of the DOE's implementation of accreditation. The initial version of the questionnaire was shared with experts in the relevant



fields to obtain their feedback and potential recommendations regarding its validity and effectiveness. One of the experts is involved in the implementation of the Guidelines for the Biodiesel Program.

### 3.5. Data Gathering Procedure

The researcher sent an email to the Human Resource Departments of all accredited biodiesel producers, seeking their assistance. The distribution will be carried out via multiple online platforms, such as email, Viber, and messenger. The researcher managed the retrieval of the completed surveys.

### 3.6. Statistical Treatment of Data

Statistical data was processed using inferential statistics. The statistical formula to be used for this inquiry is as follows:

- a. **Percentage.** This concerns the computation of the participants chosen from each authorized biodiesel producer. The formula is as follows:

$$\text{Percentage (\%)} = \frac{n}{N} \times 100$$

where,

n = sample size

N = population

**Figure 3: Percentage Formula**

- b. **Mean.** This refers to the average value of a set of numbers and is calculated by summing all the entries and then dividing by the total number of entries. The subsequent equation will be utilized:

$$\bar{X} = \frac{\sum Efx}{N}$$

**Figure 4: Mean Formula**

Where,

$\bar{X}$  = mean

E = summation

f = frequency or number of times the item occurs

x = numerical value of the item scale

- c. **Ranking technique** is utilized to ascertain the position of each variable, either in ascending or descending order. This tool is used to evaluate the extent or intensity

of severity in the perceptions of participants. The highest mean will be granted a score of one (1), followed by the subsequent lower numbers in descending order.

### 3.7. Ethical Consideration

During this inquiry, the ethical principles were strictly followed in acquiring information, gaining informed consent, and maintaining the confidentiality of the data. This was done in compliance with the rules and regulations that govern research conduct. The advocate for biodiesel was contacted via email to obtain informed consent. Furthermore, proponents of biodiesel were assured that their responses would be treated with the highest level of confidentiality and used exclusively for the purpose of this study. This information was also mentioned in the survey questionnaire.

## 4. CHAPTER 4: RESULTS AND DISCUSSION

This study collected data from a sample of 82 participants who were affiliated with the 11 authorized biodiesel producers. The data gathered in this chapter is displayed in tabular format, organized in chronological order according to the statement of the problem. The results and recommendations of this study are based on these findings, which provide the fundamental basis.

The respondents' demographic profile encompasses data regarding their gender, age, position, tenure in the industry and firm, educational attainment, and the classification of the company they are employed in.

**Table 5. Socio-Demographic Characteristics of the Respondents**

Profile	Items	Frequency	Percentage
Gender	Male	26	31.70
	Female	56	68.30
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Age	18-25 years old	2	2.40
	26-35 years old	34	41.50
	36-45 years old	39	47.60
	46-55 years old	6	7.30
	56 years old and above	1	1.20
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Position	Others	16	19.50
	Head of Department	28	34.10
	Supervisor	30	36.60
	Manager/President	8	9.80
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Number of years in the Biodiesel Industry	Less than 1 year	9	11.00
	1 - 10 years	65	79.30
	11 - 20 years	8	9.80
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Number of Years in the Company	Less than 1 year	7	8.50
	1 - 10 years	65	79.30
	11 - 20 years	8	9.80
	21-30 years	2	2.40

	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Educational Attainment	Vocational	1	1.20
	College	79	96.30
	Masters	2	2.40
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>
Business Classification	Micro	14	17.10
	Small	14	17.10
	Medium	54	65.90
	<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100.00</b>

Table 5 presents the socio-demographic characteristics of the participants, which include their gender, age, position, length of time in the biodiesel industry, length of time in the company, business classification, and educational attainment. Based on the data collected from 82 sample respondents, it can be concluded that the majority of them were female (56 or 68.30%) and their age ranged from 36 to 45 years old (39 or 47.60%). In addition, the majority of the participants were supervisors, accounting for 30 or 36.60% of the total. These supervisors had 1 to 10 years of experience in the biodiesel business, which constituted 65 or 79.30% of the respondents. Additionally, they had the same amount of experience at their current company. In addition, most of the participants were employed in medium-sized businesses (54 or 65.90%) and had obtained a college degree (79 or 96.30%). In his article titled "Delivery of Public Services-The Way Forward," Dr. R. Ramakrishnan (2014) argues that in order to efficiently cater to consumers and offer tailored services, it is essential to examine elements such as demographic profile. Furthermore, the presence of competitiveness plays a vital role in guaranteeing the effectiveness of service delivery (Ramakrishnan, 2014).

**Table 6. Level of Effectiveness of the Department of Energy's Implementation of the Biofuels Law in terms of Content**

Content	Mean	SD	Interpretation
a. Clearly state the goals or objectives	2.7439	0.6994	Implemented
b. The evidence-based components are clearly articulated	2.8049	0.6928	Implemented
c. The requirements for implementation are clearly stated	2.7195	0.7742	Implemented
d. Requirements are feasible given available resources	2.7073	0.6571	Implemented
e. Articulates the mechanism for monitoring implementation	2.7317	0.6295	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.7415</b>	<b>0.6242</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 6 presents the level of effectiveness in the Department's implementation of the biofuels legislation in regard to its substance. The table displays the content, mean, standard deviation, and interpretation of the data. Based on the computed data, the item "The evidence-

based components are clearly articulated" received the highest average score of 2.8049. Sutcliffe & Court (2005) contend that evidence-based policies (EBP) seek to replace ideologically-driven politics by advocating for rational decision making. The researchers emphasize that evidence-based practices (EBPs) are based on a systematic approach that combines observed activities known to produce superior outcomes. Moreover, Head (2010) argues that evidence-based policies depend on actual evidence rather than ideology and require dependable data, analytical expertise, and political support. Hence, those affiliated with various permitted biodiesel sources are well-informed about the fact that the country's biofuels policy is developed using recognized processes and statistics. In contrast, the item that received the lowest average score was "Feasibility of requirements given available resources." Respondents expressed doubt on the practicality of a project, particularly in terms of the resources at hand, such as feedstock and land. This distrust arises due to apprehensions regarding the volatile farmgate pricing. The calculated grand mean was 2.7415, with a standard deviation of 0.6242. The majority of the respondents indicated their agreement with the Department's effective execution of the biofuels law in terms of its content.

**Table 7. Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Context**

Context	Mean	SD	Interpretation
<b>a. Social</b>	<b>2.8567</b>	<b>0.4213</b>	<b>Implemented</b>
Improvement of the quality of life of the citizenry	2.6098	0.6621	Implemented
Promotion on the use of biofuels	2.9268	0.4914	Implemented
Clear provision of incentives	3.0732	0.6242	Implemented
Amelioration to biofuels workers	2.8171	0.6503	Implemented
<b>b. Economic</b>	<b>2.8415</b>	<b>0.4835</b>	<b>Implemented</b>
Increased rural employment and income	2.9024	0.5118	Implemented
provision of livelihood to farmers	2.7805	0.5885	Implemented
<b>c. Political</b>	<b>2.5244</b>	<b>0.6081</b>	<b>Implemented</b>
The national government fully support the implementation of the Act	2.5732	0.6485	Implemented
The local government fully support the implementation of the Act	2.4756	0.6522	Not so Implemented
<b>d. Legal</b>	<b>3.0407</b>	<b>0.3606</b>	<b>Implemented</b>
Set rules and regulations are clearly and properly implemented	3.0732	0.3436	Implemented
Mandatory blending of biofuels	3.5976	0.4934	Implemented
Review on the increase of biofuel blend	2.4512	0.6117	Not so Implemented
<b>e. Environmental</b>	<b>2.9390</b>	<b>0.5235</b>	<b>Implemented</b>
Mitigate the emission of toxic, greenhouse gas	2.9390	0.5293	Implemented
Utilize indigenous renewable and sustainably sourced clean energy sources	2.9390	0.5293	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.8404</b>	<b>0.4794</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 7 presents the level of effectiveness with which the Department has implemented the biofuels legislation in the specified context. According to the estimated statistics, the social aspect had an average of 2.8567 with a standard deviation of 0.4213. This suggests that the social aspect was implemented. The item that had the highest mean score was "Clear provision of incentives". The law offers supplementary incentives to encourage investments in the production, distribution, and local manufacturing of biofuels, while ensuring that the existing benefits and incentives provided by current laws, rules, and regulations remain unaffected (Incentive Scheme under Republic Act no. 9367 or the Biofuels Act of 2006 - Albuero Albuero and Associates Law Offices, n.d.). These incentives include a particular tax of zero (0) per liter of volume on local or imported biofuel components. The gasoline and diesel fuel component shall remain subject to the prevailing specific tax rates; b) Value Added Tax - The sale of raw material used in the production of biofuels such as, but not limited to, coconut, jatropha, sugarcane, cassava, corn, and sweet sorghum shall be exempt from the value added tax; c) Water Effluents - All water effluents, such as but not limited to distillery slops from the production of biofuels used as liquid fertilizer and for other agricultural purposes are considered "reuse", are exempt from wastewater charges under the system provided under the Philippine Clean Water Act; and d) Financial Assistance - Government financial institutions, such as the Development Bank of the Philippines, Land Bank of the Philippines, and other government institutions providing financial services shall, in accordance with and to the extent allowed by the enabling provisions of their respective charters or applicable laws, accord high priority to extend financing to Filipino citizens or entities, at least sixty percent (60%) of the capital stock of which belongs to citizens of the Philippines that shall engage in activities involving production, storage, handling and transport of biofuel and biofuel feedstock, including the blending of biofuels with petroleum, as certified by the DOE.

Conversely, the item with the lowest average score was "Enhancement of the citizens' quality of life." While there has been a gain in rural employment and income from an economic standpoint, respondents are not totally satisfied that the well-being of citizens has improved as a result of biofuels. This distrust is evident in the low acceptance rate regarding the providing of livelihood to farmers. In his study, Steenblink (2007) showed that the increased consumption of biofuels has a substantial impact on commodities markets. This impact is visible in the growth of prices for both biofuel feedstocks and equivalent alternatives, which adds pressure to an already burdened global food system. Undoubtedly, farmers in emerging nations will enjoy advantages from these improved prices. However, the urban underprivileged population, particularly in countries that rely on food imports, will not profit.

In a 2019 study conducted by Piranfar, Alba, and Subhani discovered that increasing the blend rate of biodiesel has a favorable impact on the earnings of local coconut growers, but it leads to losses for the end-consumers. The authors underlined that changing the mix from 2% to 5% would produce an extra annual income of PhP 5.5 billion for the local coconut company. However, it would also result in a loss of PhP 4.3 billion each year for the end consumer. Overall, this would amount to a net gain of around PhP 1.2 billion each year (Piranfar, Alba & Subhani, 2019). Nevertheless, numerous analysts think that the introduction of a higher mix may face suspension in the event that coconut oil costs reach excessive levels (Philippine Biofuels Situation and Outlook, 2013).

From a political standpoint, the computed grand mean was 2.5244, with a standard deviation of 0.6081. This indicates that the Act was implemented, with the highest mean item being "The national government fully supports the implementation of the Act" and the lowest mean item being "The local government fully supports the implementation of the Act." Biofuels policies are formulated and implemented at the national level, leading to the perception that there is greater support for them at the national level than at the local level of government. The biofuels industry has received assistance in the form of grants and loans to support investments in increasing productive capacity. In terms of the legal aspect, the computed mean was 3.0407 with a standard deviation of 0.3606, which indicates that it was implemented. The item with the highest mean was "Mandatory blending of biofuels," indicating that respondents recognized the Department of Energy's commitment to enforcing obligatory biofuel blends and ensuring compliance with the Philippine National Standards. However, there appears to be a deficiency in the review regarding the augmentation of biofuel blend. This is corroborated by further responses to supplementary inquiries, with over 50% of the participants stating that the augmentation of biodiesel blend contributes to the growth of the biodiesel sector in the nation. Please consult the additional responses provided by the participants in the Appendix.

Regarding the environment, the calculated average was 2.9390, indicating that both the efforts to reduce greenhouse gas emissions and the use of local renewable and sustainable resources yielded similar outcomes. In his work titled "The Social and Environmental Impacts of Biofuels in Asia: An Overview," Phalan (2009) asserts that biofuel production that prioritizes social and environmental responsibility is more likely to gain public acceptance and contribute to economic growth. The computed grand mean of 2.8404 indicates that most respondents agreed with the success of the DOE's execution of the biofuels law in terms of its impact on social, economic, and environmental factors. An absence in the local governmental administration and a rise in the utilization of biofuel blend have been identified.

**Table 8. Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Commitment**

Commitment	Mean	SD	Interpretation
a. The role of each stakeholder as stipulated in the Biofuels Act of 2006 are strictly followed and monitored by the DOE	3.2561	0.5400	Highly Implemented
b. As the lead agency, the DOE fully adheres to the provisions of the Biofuels Act of 2006	3.2073	0.4645	Implemented
c. Each specific unit of the DOE appropriately monitors the periodic compliances of the stakeholders	3.2439	0.5107	Implemented
d. The DOE provides proper guidance to non-compliant stakeholders	3.2073	0.4645	Implemented
e. Conduct of periodic meetings to properly address each stakeholder's concern	3.0610	0.5522	Implemented

f. Stakeholders are highly motivated with the visible support of the government	3.0000	0.4969	Implemented
g. The DOE conducts regular research and development studies on alternative feedstock to boost biodiesel production	2.8902	0.5667	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>3.1237</b>	<b>0.3815</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 8 displays the degree of efficacy of the DOE's execution of the biofuels legislation in relation to commitment and dedication. The DOE diligently enforces the monitoring of each stakeholder's duty as outlined in the Biofuels Law. The respondents were informed that regular plant inspections and sampling of biodiesel products were carried out to ensure compliance with the Philippine National Standards (PNS). They were also reminded to submit reports regularly, which were closely monitored. These reports serve as the basis for endorsing the availment of incentives processed by the Board of Investments (BOI) and the Bureau of Internal Revenue (BIR).

The item pertains to the implementation of frequent research and development studies on alternative feedstock in order to enhance the production of biodiesel. Multiple research projects, discoveries, and advancements in the scientific and industrial sectors regarding biodiesel generation from different bioresources and wastes were carried out. However, these valuable findings were not effectively shared with the public, especially with biodiesel producers and stakeholders. The grand mean of 3.1237 indicates a strong level of commitment by the DOE in implementing the Biofuels Law.

**Table 9. Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Capacity**

Capacity	Mean	SD	Interpretation
<b>A. Administrative</b>	<b>3.0976</b>	<b>0.3164</b>	<b>Implemented</b>
a. The DOE Secretary act as the Chairman of the National Biofuel Board (NBB) and assisted by a duly designated Undersecretary who acts as his alternate	3.3780	0.5361	Highly Implemented
b. Pursuant with the provisions of the Biofuels Law, there is a Technical Secretariat headed by a Director attached to the Office of the Secretary of the DOE that assists the Board by providing administrative, policy and technical services	3.1463	0.4193	Implemented
c. Ensures the conduct of regular monitoring, announced or unannounced inspections, product sampling and laboratory testing of biofuels in all biofuel production facilities and feedstock production areas	3.0366	0.7277	Implemented
d. Immediately and properly address and resolve each stakeholders' issues and concerns	3.1341	0.4378	Implemented

e. Strictly implement and monitor the mandatory blending of biodiesel to imported diesel and stops the sale of biofuels and biofuel-blended gasoline and diesel that are not in conformity with the PNS	3.0854	0.5709	Implemented
f. Strictly penalized each stakeholder that has committed prohibited act/s pursuant to Section 12 of the Act	2.8049	0.7104	Implemented
<b>B. Human Resources</b>	<b>2.9146</b>	<b>0.4999</b>	<b>Implemented</b>
a. The DOE deploys appropriately trained manpower (in the areas of biodiesel technology and civil service) in the implementation and monitoring of the provisions of the Act	3.1829	0.4195	Implemented
b. The DOE's concerned units 'personnel are informed or made aware of the biodiesel production technologies	2.9390	0.6545	Implemented
c. Fully supports the continuous training and development of each personnel regarding biodiesel innovations	2.7805	0.6091	Implemented
d. The DOE personnel are encouraged to offer solutions with regard to problems encountered in the implementation of the Biofuels Act	2.8780	0.5531	Implemented
e. Continuous training and capacity building of personnel involved in the evaluation of applications for accreditation and registration of biofuels producers	2.7927	0.5824	Implemented
<b>C. Financial</b>	<b>2.7480</b>	<b>0.5822</b>	<b>Implemented</b>
a. Proper management of the fund in carrying out of the provisions of the Act	2.7805	0.6091	Implemented
b. Appropriate funds in the conduct of monitoring and biodiesel product sampling are timely provided	2.8293	0.6247	Implemented
c. Biofuels funds are used solely in the evaluation of applications of applicants intending to produce biodiesel and bioethanol products, in the monitoring of accredited biodiesel production facilities and projects	2.6341	0.6385	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.9201</b>	<b>0.4662</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 9 displays the DOE's capabilities to carry out the biofuels program. The biofuel business must address the growing complexity of its difficulties through methodical and strategic approaches. According to the calculated data, the administrative area received a commendation with a mean score of 3.0976 and a standard deviation of 0.3164. This indicates



that the area has implemented the necessary actions to a high degree. The highest scoring item was "The DOE Secretary acts as the Chairman of the National Biofuel Board (NBB) and is assisted by a designated Undersecretary who serves as a backup." The Department of Energy (DOE) demonstrates leadership in the execution of biofuels policy by adhering to the guidelines, rules, and regulations set forth by the policy. Furthermore, it is crucial to deploy manpower that has received the right training. However, it is also important to provide unwavering support for their ongoing training and growth. In terms of finances, the calculated overall average was 2.7480, with a standard deviation of 0.5822. This indicates that the appropriate funds for monitoring and sampling of biodiesel products are consistently provided in a timely manner. Respondents do not entirely agree that money for biofuels are solely utilized for evaluating applications from applicants who want to generate biodiesel and bioethanol products, as well as monitoring accredited biodiesel production facilities and projects. The DOE's implementation of the Biofuels Law was overall effective in terms of capacity. Martin J. Williams (Williams, 2020) posited in a journal article titled "Beyond State Capacity: Bureaucratic Performance, Policy Implementation and Reform" that in order to enhance the examination of bureaucratic quality, researchers should strive to comprehend the consequences of bureaucracies' collective nature, address the contextual specificity and contingency in policy implementation, and direct measurement and reform endeavors towards actual performance rather than hypothetical capacity.

**Table 10. Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Clients and Coalition**

<b>Clients and Coalitions</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Interpretation</b>
	<b>2.8780</b>	<b>0.4928</b>	<b>Implemented</b>
<b>A. National Government</b>			
a. Harmonized rules and regulations with the member agencies of the National Biofuel Board such as DTI, DOST, DA, DOF, DOLE and PCA and SRA	2.9268	0.5618	Implemented
b. Conduct of periodic Board meetings to address the biodiesel issues and concerns	2.8049	0.5760	Implemented
b. Conduct of NBB-Biodiesel Committee meetings regularly or as needed to address arising issues and concerns in the biodiesel industry	2.9024	0.5354	Implemented
<b>B. Local</b>	<b>2.7500</b>	<b>0.5625</b>	<b>Implemented</b>
a. Local Government Units (LGUs) are informed or made aware on the implementation of the Biofuels Act	2.6585	0.6328	Implemented
b. LGUs are informed or made aware only on biofuels when an individual or entity applies for accreditation with the DOE and secures locally issued permits and licenses	2.8415	0.5549	Implemented
<b>C. NGOs and Civil Society</b>	<b>3.0610</b>	<b>0.4186</b>	<b>Implemented</b>

a. The DOE management deeply supports the research and development conducted by non-profit organizations in improving the production of biodiesel	3.1585	0.5084	Implemented
b. The DOE fully support civil society participation in promoting biodiesel production in the country	2.9634	0.4829	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.8963</b>	<b>0.4913</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 10 displays the efficacy of the DOE in relation to its clients and coalitions. The sectors and resources that can help to the advancement of policy implementation towards targeted pertinence and enduring development include networks, governance, and globalization (Mugambwa, et.al., 2018). The national government item received an average score of 3.8780, with a standard deviation of 0.4928. This score indicates that the item has been implemented. The respondents agreed to the harmonized norms and regulations with the member agencies of the National Biofuel Board, including DTI, DOST, DA, DOF, DOLE, PCA, and SRA. It is important to ensure that the technical requirements, processing time, and fees are properly coordinated for the development of biofuels. However, respondents are dissatisfied and unconvinced that regular Board meetings are held to address the issues and concerns related to biodiesel.

Regarding the local aspect among the customers and coalitions, the calculated average was 2.7500 with a standard deviation of 0.5625, which indicates that it was implemented. This indicates that local government units (LGUs) have limited knowledge about biodiesel. They only become aware of biofuels when an individual or organization seeks certification from the Department of Energy (DOE) and obtains permissions and licenses from local authorities. This is further evidenced by respondents indicating that local governments are not fully complying with the Biofuels Act.

The DOE received a grade of 3.0610 with a standard deviation of 0.4186 in relation to NGOs and Civil Society. This result indicates that the Department's initiatives have been well implemented. The DOE management strongly endorses the research and development efforts carried out by non-profit organizations to enhance the production of biodiesel. The purpose of engaging in Research, Development & Demonstration activities is to find suitable raw materials for the manufacturing of biofuels. Currently, partner academic institutions and other industry partners are carrying out these activities (Future of Biofuels, 2021). A gap is observed in the lowest average item "The Department of Energy fully endorses the involvement of civil society in promoting biodiesel production in the nation." The promotion of biofuels through engagement with civil society organizations has not yet been sufficiently intensified.

Table 11

**Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Communication**

Communication	Mean	SD	Interpretation
---------------	------	----	----------------

a. Conduct of regular or periodic information campaign to promote the use of biodiesel utilizing various media and online platforms	2.7683	0.7420	Implemented
b. Communicate with NBB member agencies through sharing and harmonizing database information in the biodiesel industry	3.0366	0.5543	Implemented
c. Appropriately inform concerned member agencies on issues and concerns arising in the biodiesel industry such as the blending mandate, quality with regard to the PNS, logistics, among others	3.0732	0.4914	Implemented
d. Appropriately inform and channel biodiesel production issues and concerns to the national and local level of government	2.8415	0.5549	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.9299</b>	<b>0.4586</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 11 displays the degree of efficacy of the DOE's execution of the biofuels legislation in relation to communication. The item "Effectively communicate important issues and concerns in the biodiesel industry, such as the blending mandate, quality standards (PNS), logistics, and others, to relevant member agencies" received the highest grade based on the computed data. The National Biofuel Board - Biodiesel Committee addresses problems and concerns in the biodiesel industry. They then provide appropriate solutions and rules that align with the mandates of each member organization.

The implementation of regular or periodic information, education, and communication (IEC) initiatives to promote the utilization of biodiesel through diverse media and internet platforms received a low ranking. Respondents had some uncertainty on the regularity of IECs. Information campaigns are widely recognized as significant policy instruments employed by governments worldwide, as stated by Atkin & Rice (2012). The computed grand mean of 2.9299, with a standard deviation of 0.4586, indicates that the majority of respondents believed that the Department of Energy's implementation of the biofuels law in terms of communication is effective.

**Table 12. Level of effectiveness of the Department of Energy's implementation of the Biofuels Law in terms of Coordination**

Coordination	Mean	SD	Interpretation
a. Monitor and coordinate with the government entities and NBB members regarding all matters involved in biodiesel production such as feedstock, incentives, technologies, among others	3.1707	0.4663	Implemented
b. Coordinate with NBB member agencies through sharing and harmonizing database information in the biodiesel industry	3.0488	0.3104	Implemented

c. Appropriately coordinate with concerned member agencies on issues and concerns arising in the biodiesel industry such as the blending mandate, quality with regard to the PNS, logistics, among others	3.0366	0.3313	Implemented
d. Rules and Regulations are harmonized with local government legislations	3.0000	0.3849	Implemented
e. Early coordination with industry players on possible implementation and amendment of related biofuels policies	3.0366	0.3313	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>3.0585</b>	<b>0.2712</b>	<b>Implemented</b>

Legend: 1.00 - 1.75: Not Implemented, 1.76 - 2.50: Not so Implemented, 2.51 - 3.25: Implemented, 3.26 - 4.00: Highly Implemented

Table 12 illustrates the extent to which the DOE has successfully implemented the biofuels law in terms of coordination. The task of monitoring and coordinating with government entities and NBB members on various aspects of biodiesel production, including feedstock, incentives, and technologies, has received positive feedback. This is due to the collaborative efforts of regulatory agencies and entities in implementing the biofuels policy in a unified manner. An insufficient alignment between the rules and regulations and the legislations of local governments is noted. The overall computed grand mean was 3.0585, indicating that the majority of respondents agreed with the level of effectiveness of the Department of Energy's execution of the biofuels law in terms of coordination. The standard deviation was 0.2712.

**Table 13. Significant Difference in the implementation procedures as opined by the respondents when producers are categorized as micro, small, and medium enterprise**

Variable 1	Variable 2	p-value	Decision	Interpretation	
Micro, small, and medium enterprise	Content	0.012	Accept Ha	<i>Significant</i>	
	Context	Social	0.634	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
		Economic	0.003	Accept Ha	<i>Significant</i>
		Political	0.025	Accept Ha	<i>Significant</i>
		Legal	0.776	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
		Environmental	0.005	Accept Ha	<i>Significant</i>
	Commitment	0.304	Accept Ho	<i>Not Significant</i>	
	Capacity	Administrative	0.481	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
		Human Resources	0.199	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
		Financial	0.411	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
	Clients and Coalitions	National	0.004	Accept Ha	<i>Significant</i>
		Local	0.294	Accept Ho	<i>Not Significant</i>
		NGOs and Civil Society	0.001	Accept Ha	<i>Significant</i>
	Communication	0.177	Accept Ho	<i>Not Significant</i>	
Coordination	0.239	Accept Ho	<i>Not Significant</i>		

Legend: 0.05- level of Significance; Ho- null hypothesis; Ha -alternative hypothesis

Table 13 displays the significant difference in the execution methods as expressed by the participants when producers are classified as micro, small, and medium enterprises. The data is analyzed using the Kruskal-Wallis test with a significance threshold of 0.05. This is a

non-parametric hypothesis test that compares three or more independent groups. The null hypothesis  $H_0$  was verified by hypothesis testing.  $H_0$ , there is no significant between the Department of Energy's level of efficacy in implementing the Biofuels Act of 2006 and the industry classification of biodiesel producers as micro, small, and medium enterprises (MSMEs). This test aims to determine whether there is a statistically significant difference in the average efficacy of implementing the Biofuels Law by the DOE among accredited biodiesel producers.

**Content.** Since the p-value of 0.012 is less than the significance level of 0.05, we can reject the null hypothesis. There is a notable disparity between the DOE's level of effectiveness in implementing the Biofuels Act of 2006 and the categorization of biodiesel producers as micro, small, and medium firms in terms of content. In his paper "Public Policy Explained with Its Features," Simon Horsenyo Hator from the University of Ghana (2021) states that in order to fulfill the development goals of all nations, policies are formulated and put into action. The author further elaborated that public policy delineates the government's interaction with its surroundings, making the policy content essential.

**Context.** The indices, namely economic ( $p = 0.003$ ), political ( $p = 0.025$ ), and environmental ( $p = 0.005$ ), have p-values below the significance level of 0.05. Therefore, we reject the null hypothesis. Therefore, there is a notable disparity between the DOE's level of effectiveness in implementing the Biofuels Act of 2006 and the classification of biodiesel producers as Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) based on the parameters mentioned above. The paper titled "Using Indicators for Green Economy Policymaking" by Andrea M. Bassi, published by the United Nations Environment Programme in 2014, discusses the process of developing green economy policies and assessing their effectiveness. This involves considering economic, environmental, and social factors (UNEP, 2014). Bassi highlights the UNEP's definition of a green economy as "an economy that leads to enhanced human well-being and social fairness, while substantially mitigating environmental hazards and ecological scarcities."

The essay titled "The Polity of Implementation: Organizational and Institutional Arrangements in Policy Implementation" by Sager and Gofen (Sager & Gofen, 2022) recognizes politics as a crucial aspect in comprehending policy implementation. The authors argue that politics is dependent on policy, which serves as the concrete substance for addressing societal issues. Policy, in turn, is the exercise of state power to compel a target population to comply with the directives of authority or government action (Sager & Gofen, 2022).

The social and legal indices, with p-values greater than the significance level of 0.05 (specifically 0.634 and 0.776), suggest that we accept the null hypothesis. Regarding the variable of social and legal background, there is no notable distinction between the efficacy of the DOE's execution of the Biofuels Act of 2006 and the industry category of biodiesel producers as Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs). Hator (2021) highlighted that a crucial characteristic of a public policy is its legal validity, as it is grounded in law and has authoritative weight. Hator (2021) emphasized that it possesses inherent sanctity and can serve as a legal reference for resolving disputes in court.

**Commitment.** Accept the null hypothesis, as the p-value of 0.304 is greater than the significance level of 0.05. There is no discernible disparity in the efficacy of implementing the

biofuels policy across accredited producers in different business categories, in terms of their level of commitment. The respondents are cognizant of the DOE's commitment to diligently enforce the provisions of the biofuels program. According to the calculated statistics, the involvement of the Department of Energy (DOE) in the execution of the policy for each biodiesel producer shows no substantial variation. In their research titled "Relevance of Stakeholders in Policy Implementation" (Yaro & Salleh, 2017), Yaro and Salleh recommend that stakeholders should have complete participation in policy implementation. They also suggest that the government should establish effective measures to ensure successful implementation, leading to high-quality outcomes through collaboration (Yaro & Salleh, 2017). As a result, both the government and the parties involved are dedicated to improving the implementation of a policy. The DOE's execution of the biofuels program is unaffected by the business categorization, whether it is a micro, small, or medium organization.

**Capacity.** The capability of accredited biodiesel producers is a determining factor in the efficacy of the DOE's implementation methods, as revealed by computational results. The indicators used, specifically administrative, human resources, and financial, had p-values of 0.481, 0.199, and 0.411, respectively. These p-values are higher than the significance level of 0.05. Therefore, we should accept the null hypothesis, which states that there is no statistically significant difference in terms of capacity. In the article "Policy Capacities and Effective Policy Design: A Review" by Mukherjee, Coban, and Bali (2021), it is stated that government organizations need to have the ability to gather and utilize information for timely and relevant policy analysis, possess administrative resources to facilitate coordination between different policymaking agencies, and have political support in order to effectively develop policy.. The authors argue that individuals involved in policy formulation within human resources need to possess technical expertise to conduct practical policy analysis and share knowledge. Additionally, leadership and negotiation skills are also important for those in managerial positions. Analysts must possess political astuteness and expertise to effectively consider and accommodate the diverse interests of stakeholders, as well as evaluate the political viability of their actions (Mukherjee et.al., 2021). The individuals responsible for implementing a policy must possess the capability and opportunity to adapt it to the specific or evolving conditions at the local level. According to a report from the Pew-MacArthur Results First Initiative titled "Evidence-Based Policymaking: A Guide for Effective Government" (2014), the development of a budget, along with the assessment of programs, oversight of implementation, monitoring of outcomes, and evaluation of targets, is a crucial aspect of evidence-based policymaking and therefore a part of policy implementation (Pew-MacArthur Foundation, 2014).

**Clients and Coalitions.** Two out of the three indicators reflects that clients and coalitions have considerable difference between the DOE's level of effectiveness of implementation of the Biofuels Act of 2006 and biodiesel producers' industry category as micro, small, and medium enterprises". The p-values of the indices, national government, and NGOs and Civil Society are less than 0.05, indicating that the alternative hypothesis is accepted, *Ha*. For the local government indication, the value of P is 0.294. Therefore, we accept the null hypothesis, indicating that there is no significant difference between the efficacy of the DOE and the business category of accredited biodiesel producers.

Clients and alliances consist of policymakers and frontline workers. During the periodic meetings organized by the national government through the DOE for the Biofuel Program, various national agencies involved in implementing the biofuels law discuss and address issues and concerns related to biodiesel. The responses from the participants indicate that the clients and coalitions have a significant impact on the implementation of the biofuels law, particularly for biodiesel producers classified as MSMEs.

**Communication.** The p-value of 0.177 is more than the significance level of 0.05. Therefore, we accept the null hypothesis ( $H_0$ ) which states that there is no significant difference in terms of communication between the DOE's degree of efficacy of implementing the Biofuels Act of 2006 and the industry categorization of biodiesel producers as micro, small, and medium enterprises. The published report titled "An Introductory Guide to Implementation" ((An introductory guide to implementation: terms, concepts and frameworks, 2012)), emphasizes the crucial role of communication in ensuring successful policy implementation. The report suggests that communication should be integrated into policy development right from the start and maintained throughout all stages of implementation. Regular and organized communication is crucial for sharing information and receiving feedback on the status of implementation at different locations. It also helps in sharing successes and significant policy achievements to ensure continued support and motivation from stakeholders (An introductory guide to implementation: terms, concepts and frameworks, 2012)

**Coordination.** Accept the null hypothesis,  $H_0$ , as the p-value of 0.239 is greater than the significance level of 0.05. The company classification or industry category does not have any impact on the implementation procedures of the biofuels policy by the DOE in terms of communication. In their published article titled "Problems and Challenges of Policy Implementation for National Development," Ahmed and Dantata (2016) highlight coordination as a crucial factor for achieving effective and successful policy implementation, which in turn facilitates socio-economic and political progress. The variable of coordination exhibits a greater mean value in comparison to other variables. The Department of Energy (DOE) implements the provisions of the biofuels law by monitoring and working with relevant agencies in the biodiesel industry. This includes addressing difficulties, harmonizing rules and regulations, and ensuring compliance with government legislation on biofuels policy.

#### 4.1 Challenges and Problems encountered during the execution of the Biofuels Law

Analyzed data from additional questions in the online poll and one-on-one interviews revealed deficiencies in the Department of Energy's execution of the Biofuels Law. The informants selected for this study are highly experienced senior executives in their respective organizations, with a significant number of years of competence in the biodiesel industry. Each of them participates in the commercial activities of the biodiesel production facilities. The informants consist of individuals holding key positions such as owner/CEO, heads of production, laboratory, marketing, and safety officials. The informants/participants are owner/CEO, heads of production, laboratory, marketing and safety officers.

This study utilized a thematic-deductive process in its qualitative analytic approach. The process involves approaching the data with preconceived themes based on the core virtues of the 7-Cs of policy implementation protocol introduced by Cloete, De Coning, Wissink, and Rabie (2018). These virtues include content, context, commitment, capacity, clients and coalitions, communication, and coordination. According to Lochmiller (2021), qualitative research is a broad discipline that utilizes several analytical methods to generate a comprehensive comprehension of complex datasets. One of the commonly employed methods by qualitative researchers is thematic analysis, which entails identifying reoccurring patterns that researchers offer as overarching assertions or themes. Braun & Clarke (2016) state in their published work "Thematic Analysis" that theme analysis (TA) may be applied to both inductive (data-driven) and deductive (theory-driven) studies, and can capture both manifest (explicit) and latent (underlying) meaning (Braun & Clarke, 2016). The authors argue that TA offers accessible and systematic methods for producing codes and themes from qualitative data. Codes are the smallest units of analysis that capture intriguing elements of the data that may be relevant to the research issue. Codes serve as the fundamental components for themes (Braun & Clarke, 2016).

According to Lochmiller (2021), in a thematic analysis, the researcher assumes that the data provided by participants or found in documents is reliable and trustworthy. This data is believed to effectively address a specific research question or contribute to a new conceptual or theoretical understanding. In order to enhance, verify, and broaden the conclusions drawn from the quantitative data, the researchers extracted the following codes. These codes were subjective in nature and were based on the responses provided by the informants, both in virtual and textual formats.

**Table 14. Thematic Analysis of the 7-Cs**

Preconceived themes	Interview Extract	Codes
Content	<p>1. the biofuels policy in place need some amendment on the following areas: the increase in blend should be automatic or done without long debates in the legislative house and incorporated in the policy, I.e., the increase in biodiesel blend should not be based merely on the approval, of the NBB and the DOE secretary; stringent monitoring of not only as the biodiesel manufacturers but also the provision of depots, terminals, gas/pump stations, especially the so called white stations that directly buy petroleum products from independent suppliers</p> <p>2. On demand, the government should assess our capacity in the country before implementing higher blends.</p> <p>3. I do not fully memorize the Biofuels Law Law, I have fully read it</p> <p>4. Part of the policy for immediate amendment is the coordinated implementation with the coconut industry stakeholders; the country needs to step up and amend the roadmap for B5; there must be clearer policy procedures on incentives.</p>	<p>1. Amendment</p> <p>2. Feedstock supply</p> <p>3. Awareness</p> <p>4. Coordination</p> <p>5. Coordination</p> <p>6. Amendment</p>



	<p>5. It's quite hard to secure some documents and we might some are unnecessary, especially those required by BIR;</p> <p>6. Provision in 9367 should be adapted by 9513 because the inputs of biodiesel manufacturers is different from the inputs of energy producers, to reconcile our vat rates and product selling that has no vat</p>	
Context	<p>1. In advancing the economic condition of the country, one of the needed action is to lessen importations of petroleum products. If this is realized, it will be good for the economy and the environment as well, also good for the environment since pollution will be less, slow progressing to higher blend, will improve our GDP. Sustainability that would help reduce GHG emissions.</p> <p>2. There is surely increase in price if higher blend will be implemented, I would prefer the phased implementation, feedstock supply delivery but immediately addressed it, Increase in blend will boost the biodiesel industry.</p> <p>3. I am grateful to our company that during the pandemic, biodiesel production operations continued and our work is continuous also and the management has improved our biodiesel yield.</p> <p>4. Utilization of coconut oil issues are foreseen since it is also being used for food and for exportation; there is a need for phased implementation so as not to interrupt existing supply chains</p> <p>5. An increase in blend can affect the ecosystem and biodiversity; On B5 implementation, if the implementing body sees it fit to have a phased implementation, so be it. What's important is we are moving forward toward our goal of reducing toxic emissions</p> <p>6. There will be coconut oil supply constraint</p>	<p>1. Reduce importation of petroleum products; Higher blend benefits; improve GDP; reduce GHG</p> <p>2. Price increase; phased implementation; feedstock supply</p> <p>3. Pandemic-continuous production; improved yield; feedstock issues</p> <p>4. Food vs. Fuel and exportation; phased implementation</p> <p>5. Phased implementation; moving forward; ecosystem; biodiversity</p> <p>6. Feedstock supply constraint</p>
Commitment	<p>1. I see that the DOE is religiously doing the sampling quarterly for all the biodiesel manufacturers.</p> <p>2. The DOE is consistent in the conduct of quarterly inspection, advise us on the things that need to be done</p> <p>3. We always comply with the PNS, the DOE strictly implements or monitors all registered/accredited biodiesel companies.</p> <p>4. The DOE team has good intent in assisting and monitoring biodiesel manufacturers; we always comply with the PNS</p> <p>5. The DOE is steadfast in implementing the Biofuels Act and ensures that the objectives and the purpose are achieved</p>	<p>1. Religiously; quarterly sampling</p> <p>2. Consistent; quarterly inspection</p> <p>3. Compliance; strictly implements</p> <p>4. Good intent; monitoring; compliance</p> <p>5. Steadfast; objectives</p>

	6. the DOE outlined for us to follow is not that complicated naman and is very simple. I didn't see any problem with that.	6. Not complicated; very simple
Capacity	<p>1. The DOE implements the Biofuels Law by monitoring CME manufacturers quarterly if they are producing biodiesel that is compliant with the Philippine National Standards</p> <p>2. Financial aspect to benefits the biofuels employees working in the biodiesel industry</p> <p>3. No encountered problems on DOE's implementation since they always assist us; financial capacity I don't know</p> <p>4. More transparent program to main stakeholders (industry workers)</p> <p>5. We observed that the procedure for sampling and monitoring ensures that the sample taken absolutely represents the production's actual qualitative measures. The DOE personnel gave us valuable insights on higher blends implementation</p> <p>6. There must be support from the government in terms of financial support from government banks. That is the problem we encountered when we were just starting; especially for the implementation of higher blend, we need financial support from government financial institutions</p>	<p>1. Implements; quarterly; compliant</p> <p>2. Financial; benefits; employees</p> <p>3. No problem;assist;fi nancial capacity</p> <p>4. Transparent program</p> <p>5. Absolutely; qualitative measures; valuable insights; higher blend</p> <p>6. Financial support; government banks; higher blend</p>
Clients and Coalitions	<p>1. Not quite sure if there is LGU support</p> <p>2. I think the LGU supports the Biofuels law especially on manpower.</p> <p>3. The LGU is not really aware on biofuels especially on incentives, they need proper explanation; Since we are in the private sector, we do not avail financial funds</p> <p>4. Create procedures for implementing rules and regulations aligned with DTI, BIR and other agencies on VAT exemption policy with regards to the Biofuels Act</p> <p>5. Negative consequences on consumer should the blend increases; increased blend will affect the local biodiesel price</p> <p>6. Insofar as to our client, they strictly follow the blend. I am not sure about the other independent importers.</p>	<p>1. Uncertainty</p> <p>2. LGU; supports; manpower</p> <p>3. Awareness; incentives;</p> <p>4. Aligned rules; vat exemption</p> <p>5. Negative consequence; increased blend; price hike</p> <p>6. Compliant to blending; uncertainty</p>
Communication	<p>1. Increase awareness of the public on biofuels</p> <p>2. I am not familiar with the documentation and process of accreditation</p> <p>3. Increase awareness, our staff do not even know why there is a 2% biodiesel blend in our transport fuel, increase first the awareness before increasing the blend, boost people awareness on benefits also</p>	<p>1. Awareness</p> <p>2. Accreditation</p> <p>3. Awareness; increase blend;benefits</p>

	<p>4. The SAWP program can be improved on the dissemination and implementation side, there are colleagues that are interested in the scholarship</p> <p>5. We have asked some of our clients if an increase in blend can affect the pump price, they said a minimal spike is possible but too small compared to the biodiesel's positive impact to the economy and environment</p> <p>6. The BOI and BIR are aware on the taxation but have different objectives. BOI is to encourage more investments but BIR is to collect more taxes, that must be coordinated with this two government agencies</p>	<p>4. SAWP; dissemination; interested</p> <p>5. Price hike; increase blend</p> <p>6. Coordinated taxation rules</p>
Coordination	<p>1. Tax of raw materials, there is an input tax but the biodiesel is zero vat</p> <p>2. The LGU is cooperative in giving work permits to our manpower</p> <p>3. The LGUs awareness on biofuels should be increased; coordination on market sharing since we are remote from NCR, we are not always coordinated since we need logistics cost; higher market share and lower prices is our objective</p> <p>4. Coordination on VAT-exempt for raw materials among biofuels producers</p> <p>5. Coordination of stakeholders on supply of coconut oil for food consumption and its other valuable usage like for exports, health and wellness</p> <p>6. in order to fully implement the mandate, whether if B2, B4 or B5 in the future, I suggest that the Department of Energy to have the stringent or strict monitoring not just on the manufacturer of biodiesel but also to the depots, aside from terminals or its better to monitor also all the gasoline stations, the pump stations. Especially for those, what we call that ah..white stations..most of them are buying their fuel from independent importers.</p>	<p>1. Taxation alignment</p> <p>2. Cooperative LGU</p> <p>3. Awareness; ccoordination on market sharing; lower price</p> <p>4. Coordination on vat</p> <p>5. Coordination on feedstock supply; food; exportation,; health; wellness</p> <p>6. Stringent monitoring on manufacturers and depots</p>

Table 14 provides a concise overview of the responses given by the informants during the conducted interviews, which were performed both virtually and in writing form. The 7-Cs were employed as themes in a deductive approach to conducting thematic-qualitative analysis of data.

## 5. CHAPTER V: SUMMARY OF FINDINGS, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This chapter provides a concise overview of the research findings, conclusions, and recommendations. It presents the study findings that align with the outcomes of the survey and interviews. The qualitative section of this study has a smaller sample size, which is offset by

the stronger comparative strength of the bigger sample size in the quantitative section. The results were consolidated in order to offer more valid conclusions and recommendations.

## 5.1. Summary of Findings

### 5.1.1. Demographic Profile

This refers to a detailed description and analysis of the characteristics of a certain population or group, such as age, gender, income, education level, and geographic location. The majority of the participants hold supervisory roles and are department heads at an authorized biodiesel facility. They have between 1 and 10 years of experience in the biodiesel business. The data collected indicates that out of the 82 sample respondents, the majority (56 or 68.30%) are female. Additionally, 39 respondents (or 47.60%) fall within the age range of 36 to 45 years old. Furthermore, 54 respondents (or 65.90%) belong to medium-sized enterprises, and 79 respondents (or 96.30%) have completed college. Kumar (2020) highlighted that the demographic statistics of a research study provide information on the background characteristics of the population being examined.

Regarding the qualitative aspect, the participants in this study are highly experienced male top executives from various firms. They possess the necessary knowledge and skills for the establishment and management of a biodiesel manufacturing facility. Each individual has specific duties that primarily revolve around overall management, marketing, and everyday operations.

### Summary of the Level of Effectiveness, Significant Difference and generated issues and concerns in the Implementation of the Biofuels Law by the Department of Energy

Table 15. Ranking of the 7Cs of the DOE's Implementation of the Biofuels Act of 2006

	Mean	SD	Interpretation
Commitment	3.1237	0.3815	Implemented
Coordination	3.0585	0.2712	Implemented
Communication	2.9299	0.4586	Implemented
Capacity	2.9201	0.4662	Implemented
Clients and Coalitions	2.8963	0.4913	Implemented
Context	2.8404	0.4794	Implemented
Content	2.7415	0.6242	Implemented
<b>Grand Mean</b>	<b>2.9300</b>		<b>Implemented</b>

Table 15 displays a concise overview rating the 7Cs of the Department of Energy's execution of the Biofuels Law in descending order.

**Commitment.** The Department received an overall grade of 2.93, with its highest strength being its dedication, which was rated at 3.1237. The Department of Energy (DOE) ensures that it diligently follows the requirements of the Biofuels Law of 2006. This includes evaluating applications for accreditation and registration of biodiesel production facilities and projects, as well as continuously monitoring the quality of biodiesel through compliance tests with the established Philippine National Standards for biodiesel (B100). The DOE also fulfills reportorial obligations, such as providing monthly production and sales data, information on

feedstock consumption and source, price details, and ensuring compliance with safety regulations, among other responsibilities.

Accept the null hypothesis, as the p-value of 0.304 is greater than the significance level of 0.05. There is no discernible disparity in the effectiveness of implementing the biofuels policy across accredited producers in different business categories when it comes to commitment. The Department received a significant amount of praise from informants for their commitment, as shown in Table 15. The respondents are cognizant of the DOE's commitment to effectively enforce the provisions of the biofuels program.

**Coordination.** The mean for coordination was 3.0585, which was the second highest. Accept the null hypothesis,  $H_0$ , at a significance level of 0.05, as the p-value (0.239) is greater than the significance level. In terms of communication, the business classification or industry category does not impact the implementation procedures of the biofuels policy by the DOE. This is because the policy involves member agencies of the National Biofuel Board and relevant government entities responsible for monitoring feedstock, incentives, biodiesel production technologies, logistics, blending mandates, and other related aspects.

**Communication.** The act of exchanging information or ideas between individuals or groups. Fail to reject the null hypothesis, as the p-value of 0.177 is greater than the significance level of 0.05. The classification or category of a business or industry does not impact the communication procedures for implementing the biofuels policy by the DOE. The indicators encompassed in this context include the implementation of regular biofuels promotion, the synchronization of database information among member agencies of the National Biodiesel Board (NBB), and the facilitation of biodiesel matters at both the local and national levels of government. Maximum volume or amount that something can hold or contain.

**Capacity.** The capacity factors related to administration, human resources, and finance do not have any impact or are not significant in the execution of the Biofuels Act by the DOE when biodiesel producers are classified as micro, small, and medium firms. The null hypothesis is accepted for the variables: administrative ( $p = 0.481$ ), human resources ( $p = 0.199$ ), and financial ( $p = 0.411$ ). All of these p-values are more than the significance level of 0.05. In terms of administration, the indication that received a grade of 3.378, indicating a high level of implementation, is the role of the DOE Secretary as the Chairman of the National Board of Bureaus (NBB), with assistance from a designated Undersecretary as an alternate.

The highlighted gap pertains to the allocation of funding exclusively for the assessment and supervision of biodiesel production facilities and projects.

**Clients and Coalitions.** The p-value of the features of national government and NGOs and Civil Society is less than 0.05, indicating that the null hypothesis should be rejected. Their contribution to the provision of public service is essential. In his paper "Civil Society: An Essential Ingredient in Development" (Ingram, 2020), George Ingram argues that civil society plays a crucial role in bridging the gap between the government and private sector, fostering peace and national unity. Ingram (2020) elaborated on the various functions of Civil society organizations, which include serving as a crucial source of information for citizens and the government, monitoring government policies and actions to ensure accountability, engaging in advocacy and proposing alternative policies for government, the private sector, and other institutions, providing services, particularly to marginalized and disadvantaged populations,

and safeguarding citizen rights while striving to modify and uphold social norms and behaviors (Ingram, 2020).

**Context.** The implemented level has a mean of 2.8404. The context, encompassing economic, political, and environmental factors, indicates that the p-value is less than 0.05. Consequently, we can reject the null hypothesis. These factors play a crucial role in determining the implementation of biofuels policies, which aim to gain support from both national and local governments in order to enhance rural employment and improve the livelihoods of farmers, while also reducing emissions and promoting the use of sustainable indigenous renewable sources. Although the social and legal aspects have a relatively lower level of significance in terms of improving quality of life, they play a role in promoting biofuels, providing incentives, and improving the blending of biofuels.

**Content.** However, the Department's weakness is in its content, which has a grade of 2.7415, indicating that it has been executed. The indicator with the lowest rating in this section is "Feasibility of requirements given available resources." These findings suggest that a significant number of respondents are dissatisfied with the outcomes of feedstock supply in the biodiesel industry. One of the main concerns is the surplus of coconut oil, which would be exacerbated by the proposed increase in the biodiesel blend from two percent to five percent. This change would consume nearly one-third of the local coconut oil production (Ison, 2019).

Refute the null hypothesis. The content plays a crucial role in the execution of the Biofuels Act when respondents from the authorized biodiesel producers are categorized based on their business classification as micro, small, and medium. The Biofuels Policy has a clear objective and focus, but the respondents have a limited comprehension of many components such as incentives, blending, and the advantages for biofuel/biodiesel workers. Their responses in the surveys and interviews clearly indicate a lack of awareness. The research titled "Anti Bullying legislation: a public health perspective" by Srabstein et. al (2008) demonstrates that the level of accuracy or specificity in a policy can considerably alter its implementation and impact.

**Table 16. Normality Test**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Content	.200	82	.000	.870	82	.000
Social-Context	.283	82	.000	.888	82	.000
Economic-Context	.274	82	.000	.837	82	.000
Political-Context	.257	82	.000	.784	82	.000
Legal-Context	.240	82	.000	.853	82	.000
Environment-Context	.376	82	.000	.719	82	.000
Commitment	.298	82	.000	.869	82	.000
Administrative-Capacity	.389	82	.000	.748	82	.000
Human Resources-Capacity	.239	82	.000	.879	82	.000
Financial - Capacity	.204	82	.000	.866	82	.000
National Government-Clients and Coalitions	.281	82	.000	.831	82	.000
Local Government - Clients and Coalition	.245	82	.000	.829	82	.000

NGOs and Civil Society - Clients and Coalitions	.399	82	.000	.657	82	.000
Communication	.213	82	.000	.887	82	.000
Coordination	.354	82	.000	.708	82	.000

Table 16 demonstrates the normality of the data acquired in the study. The results of the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests indicate that the computed p-values for variables such as Content, Social-Context, Economic-Context, Political-Context, Legal-Context, Environment-Context, Commitment, Administrative-Capacity, Human Resources-Capacity, Financial-Capacity, National Government-Clients and Coalitions, Local Government-Clients and Coalitions, NGOs and Civil Society-Clients and Coalitions, Communication, and Coordination were all below the 0.05 level of significance. This shows that these variables do not follow a normal distribution. Therefore, a non-parametric test, especially the Kruskal-Wallis test, was employed to assess if there were any significant differences among these variables.

**Table 17. Summary of Thematic Analysis of the 7-Cs**

Preconceived themes	Codes	Summary of Codes
Content	Amendment, Feedstock supply, Awareness, Coordination	Amendment, Feedstock supply, Awareness, Coordination, reduce GHG, higher blend benefits, incentives, aligned rules on taxation, stringent monitoring
Context	Reduce importation of petroleum products; Higher blend benefits; improve GDP; reduce GHG; Price increase; phased implementation; feedstock supply; Pandemic-continuous production; improved yield; feedstock issues; Food vs. Fuel and exportation; phased implementation; Phased implementation; moving forward; ecosystem; biodiversity; Feedstock supply constraint	
Commitment	Religiously; quarterly sampling; Consistent; inspection; Compliance; strictly implements; Good intent; monitoring; Steadfast; objectives; Not complicated; very simple	
Capacity	Implements; quarterly; compliant; Financial; benefits; employees; No problem; assist; financial capacity; Transparent program; Absolutely; qualitative measures; valuable insights; higher blend; Financial support; government banks; higher blend	
Clients and Coalitions	Uncertainty; LGU; supports; manpower; Awareness; incentives; Aligned rules; vat exemption; Negative ; consequence; increased blend; price hike; Compliant to blending; uncertainty	
Communication	Awareness; Accreditation; Awareness; increase blend; benefits; SAWP; dissemination;	

	interested; Price hike; increase blend; Coordinated taxation rules
Coordination	Taxation alignment; Cooperative LGU; Awareness; ccoordination on market sharing; lower price; Coordination on vat, feedstock supply; food; exportation,; health; wellness; Stringent monitoring on nanufacturers and depots

Table 17 shows the summary of the thematic analysis of the 7-Cs. Codes that imply amendment, feedstock supply, awareness, coordination, reduced GHG, reduced importation; higher blend benefits, incentives, aligned rules on taxation, and stringent monitoring were generated.

## 5.2. Conclusions

The prevailing hypothesis posits the acceptance of the null hypothesis, which states that there is no substantial disparity in the level of efficacy in implementing the Biofuels Act of 2006 by the DOE and the industry category of biodiesel producers, specifically micro, small, and medium enterprises. The DOE's execution of the biofuels policy, as measured by the 7-Cs, does not have a substantial impact on the business categories of biodiesel producers. The implementation level of the 7-Cs is measured with a grand mean rating of 2.93. Biodiesel makers need a uniform sharing platform. The DOE effectively enforces the regulations of the biofuels law, provided that clients are accredited producers of biodiesel. The criteria commitment, ability, communication, and coordination had no significant impact on the effectiveness of the DOE in executing the biofuels policy for biodiesel producers classed as micro, small, and medium enterprises (msmes).

The effectiveness of the DOE in implementing the biofuels policy for biodiesel producers, namely those categorized as micro, small, and medium enterprises (msmes), is primarily determined by the importance of context, clients, and alliances, while the significance of substance is absolute. Deficiencies in the content have been detected, so it is proposed to make adjustments in specific areas such as the organizational structure of the department of energy's biofuels, procedures connected to incentives and taxation, and the enhancement of biofuels promotion. The enactment of the biofuels law in the country has permitted the present accredited producers to engage in the manufacturing of renewable components, notably biodiesel, which may be blended with fossil-based diesel for use in transportation fuels. According to the DOE's database of existing biodiesel producers as of the first quarter of 2023, there are 11 permitted biodiesel producers with a total capacity of 617.9 million liters per year (mlpy). There are three institutions placed in the National Capital Region, three in Quezon Province, and five in Mindanao, especially in Davao, Misamis Oriental, and South Cotabato. Individual interviews were conducted out with the responders from accredited facilities mentioned, who expressed thanks for the government's efforts in implementing biofuel policies. These policies are expected to strengthen the country's economy by attracting investments and offering livelihood possibilities to the local populace. While applying for accreditation with the DOE, no issues were encountered in the completion of documentary requirements. Some



persons have noticed instances of non-compliance with the PNS for pure biodiesel (B100) when the DOE conducts out sampling and tests to assure conformity with the PNS. Applications for accreditation will not be processed until the inconsistencies have been remedied. The responders applauded the DOE's rigorous and methodical approach to monitoring and product sampling. According to the conclusions of this study, the effective execution of the nation's biofuels policy depends not only on accrediting biofuels producers and routinely verifying their adherence to product standards, reporting requirements, and safety measures. Although the DOE is diligently fulfilling the requirements of the Biofuels Law, certain parts of the policy require a thorough evaluation by important stakeholders in order to implement necessary modifications that effectively cater to the requirements of the biodiesel business and the nation as a whole. The DOE has an overall mean of 2.9300. The DOE implements the Biofuels Law, yet it fails to completely comply with the provisions stipulated in the Act. An overall assessment grade of 3.26 or above is considered the best score, but it was not obtained in every component of this study. There is space for development in all aspects of the 7-Cs.

The Department displays a higher level of efficacy in terms of dedication, as demonstrated by the highest score gained in expressing the satisfaction of respondents with the Department's participation in executing the rules, regulations, and guidelines provided by the Biofuels Law. On the other hand, the respondents exhibited a relatively low degree of satisfaction with the content of the policy, as it obtained the lowest score. Despite its execution, the respondents consider that certain sections are no longer applicable in the current conditions. Despite the country's important position as a main coconut supplier in the worldwide market, the Department is not efficiently controlling the availability of resources. The Act aspires to boost the proportion of biofuel in the nation's energy blend, a goal that can be helped by the great availability of coconut, the most promising feedstock for biodiesel production. A decade ago, the approved production facilities were urged to expand in preparation of the implementation of a higher blend standard. The existing scenario in the firm reveals a considerable surplus of permitted capacity compared to the demand. In fact, numerous commenters have proposed that the DOE should suspend accrediting biodiesel producing plants.

The policy mandates the placement of incentives on both raw materials and finished commodities. However, a hurdle develops from the lack of knowledge among sources of feedstock/raw materials regarding this necessity. Hence, facilitating enhanced awareness among industry stakeholders is vital.

The whole realization of tightly executing the policy text, along with its rules and regulations, has not yet been realized. Therefore, the DOE has not attained the desired level of effectiveness as the key agency responsible for implementing the biofuels policy in the country.

### 5.3. Recommendation

The study's findings led to the formulation of measurements and proposals based on quantitative and qualitative-thematic analysis. The researcher recommends the following proposals to better improve the execution of the Biofuels Law:

1. **Information, education, and communication efforts.** Enhance the implementation of information, education, and communication (IEC) initiatives about biofuels. It is vital to

educate the public about the reasons for the creation of biofuels or biodiesel, the specific raw materials involved in their manufacture, their numerous applications, the good benefits they have on the livelihoods of coconut farmers, and their impact on the environment.

2. **Incentives between RA No. 9367 and RA No. 9513.** The purpose is to align the incentives of the biofuels and renewable energy programs, specifically with the application of value added tax on both raw materials and finished products.

3. **Execution of higher biodiesel blends.** To speed the implementation of the plan for enhanced biodiesel blend, it is necessary to establish effective collaboration between the coconut industry and biodiesel stakeholders. Indonesia and thailand, which are bordering nations, already have greater biodiesel rates.

4. **Proposed courses of action.** The policy content is significant in regard to the conclusions of this study. There is a requirement to amend certain sections, notably the ones indicated below:

- Section 8 of the biofuels legislation established the NBB, which is supported by a technical secretariat that is part of the office of the secretary of the department of energy. The secretariat will be led by a director, who will be nominated by the board.
- Section 11 of the implementing rules and regulations of the biofuels law is governed by rule 3, which says the second rule.the researcher advises updating and modifying the text of the policy in issue. In order to make modifications to the policy, the aforementioned sections will be updated. Instead of establishing a technical secretariat, a bureau will be created to replace the Energy Utilization Management Bureau (EUMB) mentioned in Section 11.c of the policy's implementing rules and regulations (IRR). The new Bureau will be identified as the Biofuels Management Bureau (BMB) and will consist of the following positions:

**Table 18. Proposed Plantilla Positions**

<b>Biofuels Management Bureau (BMB) Headed by a Director</b>			
<b>Positions/Staff</b>	<b>Biodiesel Division</b>	<b>Bioethanol Division</b>	<b>Sustainable Aviation Fuels Division</b>
1. Chief Science Research Specialist (Chief SRS)	1	1	1
2. Supervising SRS	2	2	2
3. Senior SRS	4	4	4
4. SRS II	2	2	2
5. SRS I	2	2	2

6. Administrative	1	1	1
<b>total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>overall total : 36 new plantilla positions</b>			

The researcher suggests that the DOE completely apply all the provisions mentioned in the Biofuels Act of 2006 based on the matrix of plantilla locations supplied above.

**5. Mechanisms for Receiving Feedback to Facilitate Ongoing Improvement** It is necessary to establish a thorough approach to gathering feedback from different stakeholders. Feedback can be collected through different ways such as suggestion boxes, emails, and internet platforms. By doing so, unintended ramifications and shortcomings in policy execution can be readily recognized and successfully corrected to achieve continual enhancement.

## ACRONYM

EAS-ERIA-East Asia Summit – Economic Research Institute for ASEAN

FAO - Food and Agriculture Organization

IATA -International Air Transport Association

APEC - Asia Pacific Economic Conference

IEA - International Energy Agency

GDP -Gross Domestic Product

ASTM -American Society for Testing Materials

NOx -Nitrogen Oxides

CSR -Corporate Social Responsibility

RESHERR - Renewable Energy Safety Health and Environmental Rules and Regulations

## REFERENCES

- [1] Acda, M. N. (2022). *Value-Chain of Biofuels* (9780128243886th ed., pp. 553-570). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824388-6.00001-4> G
- [2] Adam, Anokye. (2020). Sample Size Determination in Survey Research. *Journal of Scientific Research and Reports*. 26. 90-97. 10.9734/JSRR/2020/v26i530263.
- [3] AL-Jabari, Basel & Ghazzawi, Issam. (2019). Organizational Commitment: A Review of the Conceptual and Empirical Literature and a Research Agenda. *International Leadership Journal*. 11. 78-119.
- [4] An introductory guide to implementation: terms, concepts and frameworks. Centre for

- Effective Services (CES). (2012). Retrieved June 20, 2023 from <http://hdl.handle.net/10147/306846>.
- [5] Alonzo, R. (2016 October). An Economic and Environmental Analysis of the Impact of Higher-Blend Biodiesel on the Philippine Economy. Retrieved from [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/87717/1/MPRA\\_paper\\_87717.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/87717/1/MPRA_paper_87717.pdf)
- [6] Ahmed, I.K., & Dantata, B.S. (2016). Problems and Challenges of Policy Implementation for National Development. *Research on humanities and social sciences*, 6, 60-65.
- [7] Ahn, Michael J. (2014, August 11). Effective Policy Communication in the Age of Information Overload and Youtube. Brookings Institution. [Effective Policy Communication in the Age of Information Overload and YouTube \(brookings.edu\)](http://www.brookings.edu/research/papers/2014/08/11-effective-policy-communication-ahn)
- [8] APEC Energy Demand and Supply Outlook – 5th Edition
- [9] Arroyo signs biofuels bill into law (2007). F+L Daily Retrieved from [Arroyo signs biofuels bill into law - F&L Asia \(fuelsandlubes.com\)](http://www.fuelsandlubes.com/news/2007/07/27/arroyo-signs-biofuels-bill-into-law)
- [10] Association for Project Management Annual report and accounts 2022/23. APM | Chartered Membership Organisation. . (n.d.). Retrieved May 25, 2023 from <https://www.apm.org.uk/v2/media/fupby4py/apm-annual-report-and-accounts-22-23.pdf>.
- [11] Atkin, C., Rice, R. (2012). Theory and Principles of Public Communication Campaigns. *sage*. <https://doi.org/10.4135/9781544308449.n1>
- [12] Ahmed & Dantata, I. (2016). Problems and Challenges of Policy Implementation for National Development. *Research on Humanities and Social Sciences*. [https://doi.org/ISSN \(Paper\)2224-5766](https://doi.org/ISSN(Paper)2224-5766) ISSN (Online)2225-0484
- [13] Bassi Andrea M. (2014). Using Indicators for Green Economy Policymaking [\\_Using indicators for Green Economy policymaking-2014IndicatorsWorkingPaper.pdf \(unep.org\)](http://www.unep.org/publications/indicators/2014IndicatorsWorkingPaper.pdf)
- [14] Begum, Mst & Momen, Md. (2019). Coordination and Effective Governance. 10.1007/978-3-319-31816-5\_2000-1.
- [15] Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia Working Group (2010) , ‘Current Status of Biodiesel Fuel in East-Asia and ASEAN

- (2011) Countries' in Goto, S., M. Oguma, and N. Chollacoop, *EAS-*  
(2012) *ERIA Biodiesel Fuel Trade Handbook: 2010*, Jakarta: ERIA,  
(2013) pp.96-169.
- [16] Braun, Virginia & Clarke, Victoria. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. 3. 77-101. 10.1191/1478088706qp063oa.
- [17] Castillo, M.B., & Ani, P.A. (2019). *The Philippine Coconut Industry: Status Policies and Strategic Directions for Development*.
- [18] Christensen, T., & Læg Reid, P. (2018). *Governance Coordination Capacity and Quality. Does Wicked Policy Areas Matter?*.
- [19] Cloete, F., De Coning, C., Wissink, H., & Rabie, B. (2018). *Improving public policy for good governance (Fourth edition)*. Van Schaik Publishers.
- [20] Cochran's Formula - (Sampling Surveys) - Vocab, Definition, Explanations | Fiveable. Focused study guides for every class | Fiveable. (n.d.). Retrieved June 11, 2023 from <https://library.fiveable.me/key-terms/sampling-surveys/cochrans-formula>.
- [21] Cochran, W. G. (1963). *Sampling Techniques*, 2<sup>nd</sup>. Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [22] Contreras, A. P. (2002). *Polity Beyond the State: "Postmodernizing Political Science in the Philippines"* [06 Polity Beyond the State Postmodernizing Political Science in the Philippines.pdf](#) (pssc.org.ph)
- [23] Corpuz, P. (2017, October 23). *Philippines Biofuels Situation Outlook*. Apps.fas.usda.gov. Retrieved July 25, 2024, from [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=me=Biofuels%20Annual\\_Manila\\_Philippines\\_10-18-2017.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=me=Biofuels%20Annual_Manila_Philippines_10-18-2017.pdf)
- [24] Demafelis, R.B. (18 April 2016). *Impact of Higher-Blended Biodiesel on the Philippine Coconut Industry: Environmental Study*
- [25] Dermawan, A., Obidzinski, K., & Komarudin, H. (2012). Bioenergy policies in Southeast Asia. In *Withering before full bloom?: Bioenergy in Southeast Asia* (pp. 2–6). Center for International Forestry Research. <http://www.jstor.org/stable/resrep02322.5>
- [26] DOE Website. (03 February 2021). DOE Seeks to Increase Biofuels Blends in PH Energy Mix. Retrieved from <https://www.doe.gov.ph/press->

releases/%E2%80%8Bdoe-seeks-increase-biofuels-blend-ph-energy-mix?ckattempt=1

- [27] Evidence-Based Policymaking: A Guide for Effective Government. The Pew Charitable Trusts | The Pew Charitable Trusts. (2014). Retrieved June 8, 2023 from <https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2014/11/evidencebasedpolicymakingaguideforeffectivegovernment.pdf#:~:text=Pew-MacArthur%20Results%20First%20Initiative,%20a%20project%20of%20The>.
- [28] Ezeibe, Christian & Ikeanyibe, Okechukwu. (2017). Ethnic Politics, Hate Speech, and Access to Political Power in Nigeria. *Africa Today*. 63. 10.2979/africatoday.63.4.04.
- [29] FAO, F. (2019). Meeting the mandates set for liquid biofuels for transport in the Philippines. *FAO Knowledge Repository BETA*. <https://doi.org/http://www.fao.org/documents/card/en/c/CA2642EN>
- [30] Future of Biofuels. [www.gov.ph](http://www.gov.ph). (2021). Retrieved June 16, 2023 from <https://doe.gov.ph/press-releases/%E2%80%8Bdoe-seeks-increase-biofuels-blend-ph-energy-mix>.
- [31] Gallagher, Meghan (2023) [Public Policy Vs. Public Administration: What's The Difference? – Forbes Advisor](#)  
Georges, J. (2012). Energizing Livelihoods: The Impact of the Biofuel Act in the Philippines. Copyright 2012
- [32] Head, Brian. (2010). Reconsidering Evidence-Based Policy: Key Issues and Challenges. *Policy and Society*. 29. 10.1016/j.polsoc.2010.03.001.
- [33] Horsenyo Hator, Simon. (2021). Public Policy Explained With Its Features 10.13140/RG.2.2.18284.28805. ,
- [34] How to Measure the Capacity of Government to Deliver Policy | RAND. RAND Provides Objective Research Services and Public Policy Analysis | RAND. (n.d.). Retrieved June 11, 2023 from <https://www.rand.org/randeurope/research/projects/2014/government-capacity-to-deliver-policy.html>.
- [35] Howlett, M. (28 May 2014). From the ‘old’ to the ‘new’ policy design: design thinking beyond markets and collaborative governance . *academia*. <https://doi.org/DOI.10.1007/s11077-014-9199-0>

- [36] Hudson, Bob & Hunter, David & Peckham, Stephen. (2019). Policy failure and the policy-implementation gap: can policy support programs help?. Policy Design and Practice. 2. 1-14. 10.1080/25741292.2018.1540378.
- [37] Incentive Scheme Under Republic Act No. 9367 Or The Biofuels Act Of 2006 - Albuero Albuero And Associates Law Offices. Albuero Albuero And Associates Law Offices - Committed to assist entrepreneurs to succeed.. (n.d.). Retrieved May 25, 2023 from <https://www.alburolaw.com/incentive-scheme-under-republic-act-no-9367-or-the-biofuels-act-of-2006/#:~:text=To%20encourage%20investments%20in%20the%20production,%20distribution%20and.>
- [38] Ingram, G. (06 April 2020). Civil Society: An Essential Ingredient for Development. Brookings. Retrieved June 20, 2023 from [Civil society: An essential ingredient of development \(brookings.edu\)](https://www.brookings.edu/articles/civil-society-an-essential-ingredient-of-development/)
- [39] International Energy Agency (n.d.). Renewables 2020: Analysis and forecast to 2025.
- [40] International Air Transport Association (n.d.). Fact Sheet 6: Examples of ground transport biofuel mandates around the World
- [41] Ison, L. (2019). Biofuels industry bats for B5 in diesel by 2021. Philippine News Agency. <https://www.pna.gov.ph/articles/1074753>
- [42] Knoepfel, Peter & Larrue, Corinne & Varone, Frédéric & Hill, Michael. (2011). Policy actors. 10.1332/policypress/9781861349071.003.0003.
- [43] Kolmogorov–Smirnov test. (2024, September 11). In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Kolmogorov%E2%80%93Smirnov\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Kolmogorov%E2%80%93Smirnov_test)
- [44] Kruskal-Wallis Test: Definition, Formula, and Example. Statology. (2018). Retrieved October 16, 2024 from <https://www.statology.org/kruskal-wallis-test/>.
- [45] Kumar, T. K. V. (2021). The Influence of Demographic Factors and Work Environment on Job Satisfaction Among Police Personnel: An Empirical Study. *International Criminal Justice Review*, 31(1), 59-83. <https://doi.org/10.1177/1057567720944599>
- [46] Lane, J. (31 December 2019). The Digest's Biofuels Mandates Around the World 2020 Retrieved from [The Digest's Biofuels Mandates Around the World 2020 : The Daily Digest \(biofuelsdigest.com\)](https://www.biofuelsdigest.com/2020/12/31/the-digests-biofuels-mandates-around-the-world-2020/)

- [47] Leong, C., & Howlett, M. (2022). Policy Learning, Policy Failure, and the Mitigation of Policy Risks: Re-Thinking the Lessons of Policy Success and Failure. *Administration & Society*, 54(7), 1379-1401. <https://doi.org/10.1177/00953997211065344>
- [48] Lochmiller, C. R. (2021). Conducting Thematic Analysis with Qualitative Data. *The Qualitative Report*, 26(6), 2029-2044. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2021.5008>
- [49] Molobela, TT (2019, July)The Assessment of the 7C Protocols for Policy Implementation in Improving Service Delivery in South African Municipalities
- [50] Momen Nurul (2019)(PDF) [Coordination and Effective Governance](#) (researchgate.net)
- [52] Montiel, C. J. (2012). Philippine Political Culture and Governance Retrieved from [Philippine-Political-Culture-and-Governance.pdf \(ombudsman.gov.ph\)](#)
- [53] Moreno, M. L., Kuwornu, J. K. M., & Szabo, S. (2020). Overview and Constraints of the Coconut Supply Chain in the Philippines. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S524–S541. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746727>
- [54] Mugambwa, Joshua & Nabeta, Nkote & Ngoma, Muhammed & Rudaheranwa, Nichodemus & Kaberuka, Will & Munene, John. (2018). Policy Implementation: Conceptual Foundations, Accumulated Wisdom and New Directions. *Journal of Public Administration and Governance*. 8. 211. 10.5296/jpag.v8i3.13609.
- [55] Mukherjee, Ishani & Coban, Mehmet & Bali, Azad. (2021). Policy capacities and effective policy design: a review. *Policy Sciences*. 54. 10.1007/s11077-021-09420-8.
- [56] Multi-Stakeholder Engagement Processes | United Nations Development Programme. Home | United Nations Development Programme. (2006). Retrieved May 31, 2023 from [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Engagement-Processes-cp7.pdf#:~:text=Multi-Stakeholder%20Engagement%20Processes%20\(MSEPs\)%20are%20\(structured\)%20processes%20that](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Engagement-Processes-cp7.pdf#:~:text=Multi-Stakeholder%20Engagement%20Processes%20(MSEPs)%20are%20(structured)%20processes%20that).
- [57] Multi-Stakeholder Engagement Processes | United Nations Development Programme. Home | United Nations Development Programme. (2015). Retrieved May 31, 2023 <https://www.undp.org/publications/multi-stakeholder-engagement-processes#:~:text=MSEPs%20can%20be%20important%20vehicles%20for%20capacity%20development>.



- [58] Othman, Shwikar & Steen, Mary & Fleet, Julie. (2020). A sequential explanatory mixed methods study design: An example of how to integrate data in a midwifery research project. *Journal of Nursing Education and Practice*. 11. 75. 10.5430/jnep.v11n2p75.
- [59] PCA localizes production, purchase of salt fertilizer. (2014, April 3). *The Philippine Star*. <https://www.philstar.com/business/2014/04/03/1308096/pca-localizes-production-purchase-salt-fertilizer>
- [60] Peters, B.. (2018). The challenge of policy coordination. *Policy Design and Practice*. 1. 1-11. 10.1080/25741292.2018.1437946.
- [61] Phalan, Ben. (2009). The social and environmental impacts of biofuels in Asia: An overview. *Applied Energy*. 86. 10.1016/j.apenergy.2009.04.046.
- [62] Philippine Biofuels Situation and Outlook. USDA Foreign Agricultural Service. (2013). Retrieved October 11, 2024 from [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual Manila Philippines 7-10-2013.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual%20Manila%20Philippines%207-10-2013.pdf).
- [63] Philippine Institute of Petroleum (2020, August 11). *Biofuels Law and PIP Position*. <https://pip.com.ph>. Retrieved July 25, 2024, from <https://pip.com.ph/2020/08/11/biofuels-law-and-pip-position/>
- [64] Picard, R.G. (2020 March 26). Policy Evaluation and Policy Examination. In: *Media and Communications Policy Making*. Palgrave Global Media Policy and Business. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35173-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35173-1_9)
- [65] Piranfar, Dr & Alba, Cyma & Subhani, Faiz. (2019). The Economic Impact of Higher-Blend Biodiesel on the Philippine Coconut Industry and end-Users amid Rising Oil Prices & Falling Prices of Coconut Oil. *JOURNAL OF ECONOMICS AND DEVELOPMENT STUDIES*. 7. 10.15640/jeds.v7n4a4.
- [66] Policy content, types, cycles and analysis. Welcome to RUFORUM | RUFORUM. (n.d.). Retrieved October 11, 2022 from <https://www.ruforum.org>.
- [67] PPT - Coco-methyl Ester (CME) or Coco-Biodiesel PowerPoint Presentation - ID:4615065. Upload and Share Documents Presentations Online - SlideServe. (n.d.). Retrieved September 25, 2023 from <https://www.slideserve.com/ananda/coco-methyl-ester-cme-or-coco-biodiesel#:~:text=Implementing%20Biofuels%20Programme%20in%20the%20Philippines%20Mario%20C.%20Marasigan%20Director.>

- [68] Ramachandran, Ramakrishnan. (2014). Delivery of Public Services - The Way Forward. 10.13140/2.1.3753.1846.
- [69] Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104 (2019) 333-339
- [70] Srabstein, Jorge & Berkman, Benjamin & Pyntikova, Eugenia. (2008). Antibullying Legislation: A Public Health Perspective. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*. 42. 11-20. 10.1016/j.jadohealth.2007.10.007.
- [71] SPS (2023, July 5). *Power And Authority: The Structures of Governance*. Schoolofpoliticalscience.com. Retrieved May 15, 2023, from <https://schoolofpoliticalscience.com/power-and-authority-in-politics/>
- [72] Steenblik, R. (2007). Biofuels — At What Cost? Government support for ethanol and biodiesel in selected OECD countries. Retrieved June 2, 2023, from [https://www.iisd.org/system/files/publications/biofuels\\_oecd\\_synthesis\\_report.pdf](https://www.iisd.org/system/files/publications/biofuels_oecd_synthesis_report.pdf)
- [73] Sutcliffe, Sophie & Court, Julius (2005 November). Evidence-Based Policymaking: What is it? How does it work? What relevance for developing countries? Retrieved May 16, 2023, <https://cdn.odi.org/media/documents/3683.pdf>
- [74] Tamkin, Penny & Hillage, Jim & Willison, Rebecca. Indicators of Management Capability: Developing a Framework.
- [75] Tezera, Debela. (2019). Factors for the Successful Implementation of Policies. 7. 092-095. 10.5281/zenodo.3382780.
- [76] The CES Guide to Implementation | Implementation. The CES Guide to Implementation | Implementation. (n.d.). Retrieved June 7, 2023 from <https://implementation.effectiveservices.org/#:~:text=This%20online%20guide%20introduces%20the%20key%20terms,%20concepts.>
- [77] Van Geet, M.T., Verweij, S., Busscher, T. *et al.* (16 June 2021) The importance of policy design fit for effectiveness: a qualitative comparative analysis of policy integration in regional transport planning. *Policy Sci* **54**, 629–662 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11077-021-09429-z>
- [78] Williams, Martin. (2020). Beyond state capacity: bureaucratic performance, policy implementation and reform. *Journal of Institutional Economics*. 17. 1-19. 10.1017/S1744137420000478.

- [79] Yaro, Ibrahim & Arshad, Rozita & Salleh, Dani. (2017). Relevance of Stakeholders in Policy Implementation. *Journal of Public Management Research*. 3. 1. 10.5296/jpmr.v3i1.10632.
- [80] Zhou L, Dai D, Ren J, Chen X, Chen S. What is policy content and how is the public's policy support? A policy cognition study based on natural language processing and social psychology. *Front Psychol*. 2022 Oct 4;13:941762. doi: 10.3389/fpsyg.2022.941762. PMID: 36267072; PMCID: PMC9577506.

## OPTIMIZED SILVER ION–HPLC METHOD BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO PERFECTLY ESTIMATE THE CONJUGATED LINOLEIC ACID ISOMERS IN COLD PRESSED OILS

Fatma Nur Arslan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey University, K.O. Faculty of Science

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5748-8268>

### ABSTRACT

The aim of this study is to optimize a silver ion high performance liquid chromatography (Ag<sup>+</sup>–HPLC) method to perfectly estimate four different conjugated linoleic acid (CLA) isomers. Central composite design (CCD) was used as a tool to optimize the most significant HPLC method parameters including flow rate of mobile phase, temperature column compartment and composition of mobile phase. Peak resolution (Rs), number of theoretical plates (N<sub>ort</sub>) and selectivity (α) of the 9–*cis*, 11–*trans* CLA and 10–*trans*, 12–*cis* CLA isomers were chosen as response variables. Optimum performance in terms of Rs was obtained at a flow rate of 1.12 mL min<sup>-1</sup>, a temperature of 12.3°C and %ACN content in the mobile phase of 0.02%. The optimized and validated Ag<sup>+</sup>–HPLC method was fruitfully applied to conclude the CLA isomers in different cold pressed oils and total contents of CLA isomers ranged from 0.0999 to almost 1.4488 mg.kg<sup>-1</sup>sample.

**Keywords:** Conjugated linoleic acid, Ag-HPLC, Chemometrics, Cold pressed oil

### 1. INTRODUCTION

Conjugated linoleic acid (CLA) is a collective term used for the mixture of positional and geometric isomers of linoleic acid (C18:2, Δ<sup>9,12</sup>, ω-6), an essential fatty acid, containing conjugated double bonds. The linoleic acid molecule with an 18-carbon chain contains two double bonds (C18:2, Δ<sup>9,12</sup>) separated by a methylene (–CH<sub>2</sub>–) group in the *cis*– configuration at positions 9 and 12. In the isomer structures of conjugated linoleic acid; the double bond structures are arranged in the form of a conjugated structure, unlike linoleic acid. In the linoleic acid chain structure, 56 different isomeric structures were identified with 4 different geometric configurations, namely *cis*–/*trans*–, *trans*–/*cis*–, *cis*–/*cis*– and *trans*–/*trans*–, at 14 different positions (Δ<sup>2,4</sup>, Δ<sup>3,5</sup>, Δ<sup>4,6</sup>, Δ<sup>5,7</sup>, Δ<sup>6,8</sup>, Δ<sup>7,9</sup>, Δ<sup>8,10</sup>, Δ<sup>9,11</sup>, Δ<sup>10,12</sup>, Δ<sup>11,13</sup>, Δ<sup>12,14</sup>, Δ<sup>13,15</sup>, Δ<sup>14,16</sup>, ve Δ<sup>15,17</sup>)[1–3]. Conjugated linoleic acid isomers are defined as valuable bioactive components with important health effects. It is stated that conjugated linoleic acid, which is known to have important effects such as strengthening the immune system, eliminating cancer formation, healing bone and cartilage diseases, protecting against heart diseases by preventing high cholesterol & vascular occlusion, preventing obesity, etc.; has many possible benefits that have not yet been determined. CLA isomers, which have an important potential for improving human health and quality; are produced for commercial purposes to increase the functions of foods and

are used to enrich various foodstuffs [4–7]. In the studies carried out for this purpose, mainly; vegetable oils obtained from oilseeds, which are the best food sources rich in linoleic acid, are used to offer new alternative oils that are enriched in CLA content, beneficial for health and have functional food properties to the consumer. Therefore; it is of great importance to develop, validate and put into practice new analytical methods for the qualitative and quantitative determination of the amounts of conjugated linoleic acid isomers in different foodstuffs [1, 8, 9]. When the studies presented in the literature so far are examined; for cold pressed oils produced from oilseeds without any heat treatment or chemical application and known to be quite rich in bioactive components [10–13], it is seen that no research has been conducted on the determination of CLA contents by  $Ag^+$ -HPLC. In addition, it is seen that the methods suggested in the literature for the separation & determination of CLA isomers are quite inadequate in the separation of isomers.

The study aims to improve the significant deficiencies seen in the separation of isomers by using response surface methodology, thus providing a new optimization approach as an alternative to the laborious and time-consuming methods that require excessive sample, chemical consumption and analyst intervention applied in classical optimizations. The presented study has enabled the development of methods to analyze CLA isomers in oils at the desired level, which is extremely important for our country's oil sector and makes it possible to obtain high value-added functional food products.

## 2. EXPERIMENTAL RESEARCH

### 2.1. Chemicals and standards

The chemicals, standard materials and solvents used were of chromatographic purity and were supplied by Sigma–Aldrich (St. Louis, USA). The specified solvents were used directly without any further purification. High purity CLA standards (*9-trans*; *11-trans CLA*; *10-trans*, *12-cis CLA*; *9-cis*, *11-trans CLA* and *9-cis*, *11-cis CLA*) were supplied. Stock solutions were prepared in hexane ( $0.05 \text{ mg.mL}^{-1}$ – $0.10 \text{ mg.mL}^{-1}$  and  $0.50 \text{ mg.mL}^{-1}$ ), then  $100 \mu\text{L}$  of each of the standards were taken and experiments were carried out using mixed standards prepared at concentrations of  $0.0125 \mu\text{g.}\mu\text{L}^{-1}$ – $0.0250 \mu\text{g.}\mu\text{L}^{-1}$  and  $0.1250 \mu\text{g.}\mu\text{L}^{-1}$ .

### 2.2. Optimization and validation of $Ag^+$ -HPLC/DAD method by using RSM

Analyses for the determination of CLA isomers were carried out using an Agilent 1260 Infinity II LC HPLC system in our research laboratory. The optimization studies of the experimental parameters of  $Ag^+$ -HPLC method with CCD and RSM were carried out using CLA standards. To optimize the experimental parameters; 5-level/3-factor CCD application was carried out. As a result of the preliminary experiments, the independent variables effective on the separation of CLA isomers were determined [14–17]. The method pre-parameters of the analyses carried out using the  $Ag^+$ -HPLC technique are given in detail in **Table 1**.

**Table 1.** Method parameters of the preliminary analyses intended to be carried out using the  $Ag^+$ -HPLC technique [14–17]

<b>Sample pretreatment:</b>	0.1 g of oil sample is completed to 10 mL with hexane.
<b>Injection:</b>	5 µL
<b>Column:</b>	Series of two ChromSpher 5 Lipids column (5µm 250 x 4.6 mm)
<b>Mobile phase:</b>	(A) Hexan; (B) Acetonitrile (Isocratic Program)
<b>Flow rate:</b>	1 mL/min
<b>Detector:</b>	DAD, 233 nm

To improve the separation efficiency of CLA isomers, optimization studies were carried out by applying chemometric methods. In the optimization studies, a central composite experimental design was created in order to evaluate the experimental parameters in detail (**Table 2**).

**Table 2.** Central composite experimental design scheme for optimization studies of Ag+–HPLC/DAD technique

CCD /// 5 level / 3 factor	-1.68	-1	0	+1	+1.68
Flow rate of mobile phase (mL/min)	0.16	0.5	1	1.5	1.84
Temperature of column (°C)	11.6	15	20	25	28.4
Composition of %ACN	0.016	0.05	0.1	0.15	0.184

Experiment number	Flow rate of mobile phase (mL/min)	Temperature of column (°C)	Composition of %ACN (%B)
1	-1	-1	-1
	0.5	15	0.05
2	1	-1	-1
	1.5	15	0.05
3	-1	1	-1
	0.5	25	0.05
4	1	1	-1
	1.5	25	0.05
5	-1	-1	1
	0.5	15	0.15
6	1	-1	1
	1.5	15	0.15
7	-1	1	1
	0.5	25	0.15
8	1	1	1
	1.5	25	0.15
9	0	0	0
	1	20	0.1
10	-1.68	0	0
	0.16	20	0.1
11	1.68	0	0
	1.84	20	0.1
12	0	-1.68	0
	1	11.6	0.1
13	0	1.68	0
	1	28.4	0.1
14	0	0	-1.68
	1	20	0.016
15	0	0	1.68
	1	20	0.184

16	0	0	0
	1	20	0.1
17	0	0	0
	1	20	0.1
18	0	0	0
	1	20	0.1
19	0	0	0
	1	20	0.1
20	0	0	0
	1	20	0.1
21	0	0	0
	1	20	0.1
22	0	0	0
	1	20	0.1
23	0	0	0
	1	20	0.1

A 5-level/3-factor experimental design study was carried out for optimization studies. The experimental factors and the level values of the factors taken as basis in the experimental design are given in **Table 2**. As can be seen from **Table 2**; for 5 different level values, the effects of 3 important experimental parameters, namely factors were investigated. An experimental design including 23 different analysis conditions was created based on the method conditions in **Table 2** and the experiments were completed. After the analyses were completed; appropriate response values were created from the obtained data. The values were obtained with the help of the matrix prepared in the Microsoft Excel program and these values were transferred to the MATLAB program. Response surface graphics were created by processing the data in the MATLAB program. The effects of the experimental parameters and binary interactions were evaluated with the created 3-dimensional (3-D) graphics.

### 2.3. CLA analysis in cold pressed oils

Using the optimized Ag<sup>+</sup>-HPLC method, analyses were carried out for cold-pressed oils produced from oilseeds without any heat treatment or chemical application and known to be quite rich in essential fatty acids. The CLA isomer contents of cold-pressed pomegranate seed oil, walnut oil, flaxseed oil, germ oil, nettle seed oil, sesame oil, grape seed oil, fig seed oil, coriander oil, black cumin oil, pumpkin seed oil, walnut oil, safflower oil and coconut oil samples, which are known to have quite high linoleic acid (C18:2<sup>Δ9,12</sup>, ω-6) content and are produced without damaging their natural values, were determined after the sample (0.1 g) was completed to 10 mL with hexane.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Optimization and validation of Ag<sup>+</sup>-HPLC/DAD method by using response surface methodology (RSM)

In the first stage of the experimental studies, qualitative and quantitative determinations of CLA isomers present in cold pressed oils were provided by applying Ag<sup>+</sup>-HPLC/DAD technique. In the optimization studies applied with Ag<sup>+</sup>-HPLC/DAD technique; chromatographic behaviors

of CLA isomers were evaluated in separate stages and in the last stage, the method was applied using the sample that was converted into a single standard substance mixture. In all applications, the retention times of CLA isomers were determined as  $t_R$  (9-cis, 11-cis CLA) >  $t_R$  (9-cis, 11-trans CLA) >  $t_R$  (10-trans, 12-cis CLA) >  $t_R$  (9-trans, 11-trans CLA). For the CCD optimization studies created with gradient elution programming for the determination of CLA, an experimental design study was carried out (**Table 3**). In order to create equations for different response values for the model; a matrix has been suggested on excel file. The coefficient values of the equations (*such as*  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ ) have been obtained with the matrix created between the code values and response values of the determined independent variables. By substituting the coefficient values in the equation specified in equation 1., equations belonging to the factors whose effect values will be compared have been created and 'y' response/reaction values have been obtained.

$$y = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_3.X_3 + \beta_{11}.X_1^2 + \beta_{22}.X_2^2 + \beta_{33}.X_3^2 + \beta_{12}.X_1.X_2 + \beta_{13}.X_1.X_3 + \beta_{23}.X_2.X_3 + \beta_{123}.X_1.X_2.X_3 \quad \text{eq. 1}$$

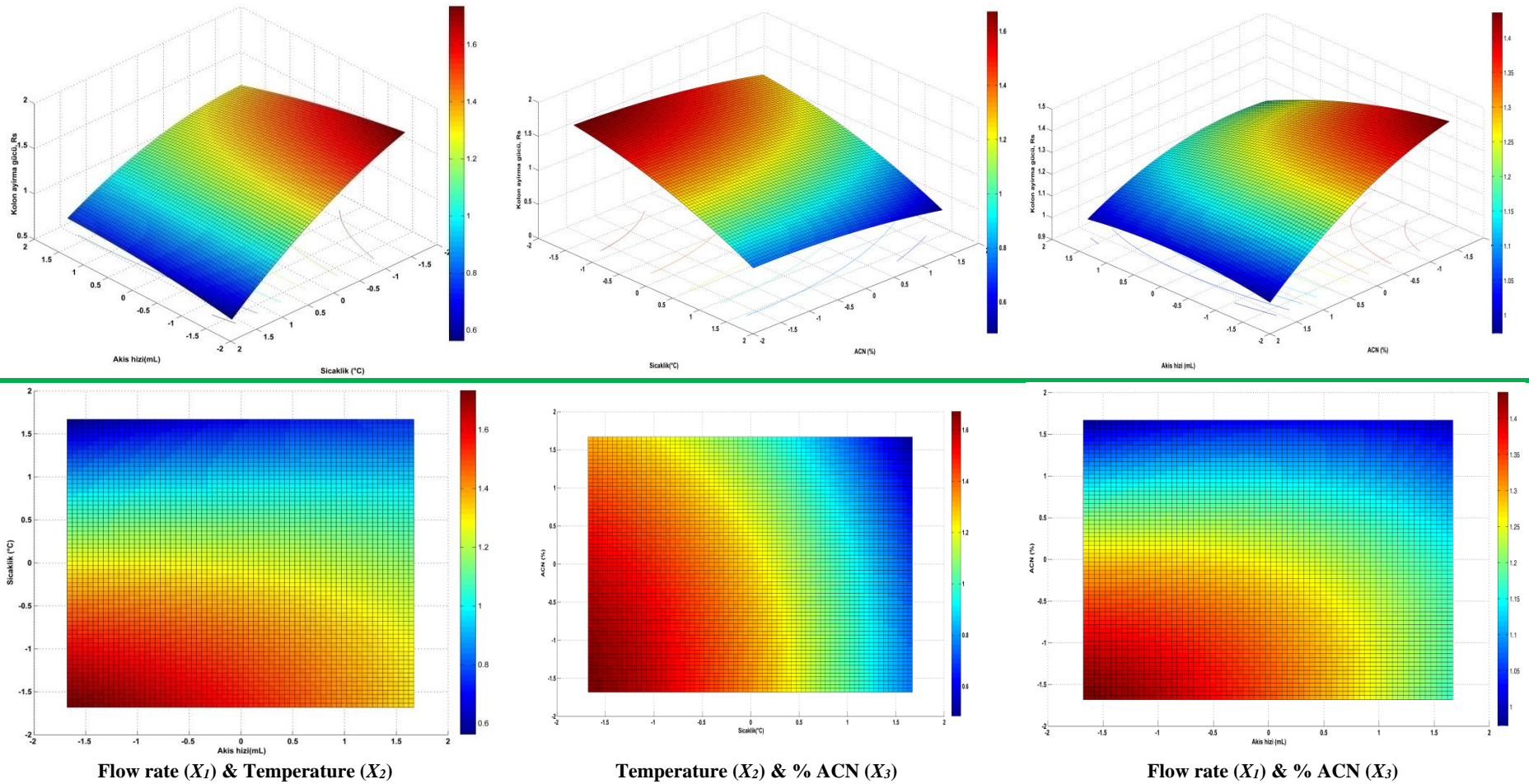
The data obtained as a result of the experimental design were modeled visually with graphics. The obtained equations were processed in the MATLAB R2007b software program and three-dimensional (3D) surface and projection graphics were created. The surface and projection graphics created with the MATLAB program are given in **Figs 1–3**.



**Table 3.** Data obtained from the analyses of the experimental design study for CLA determination

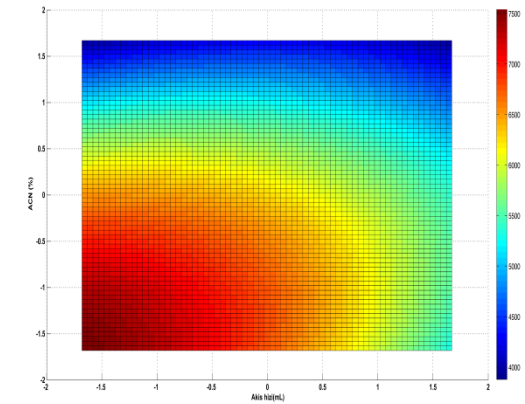
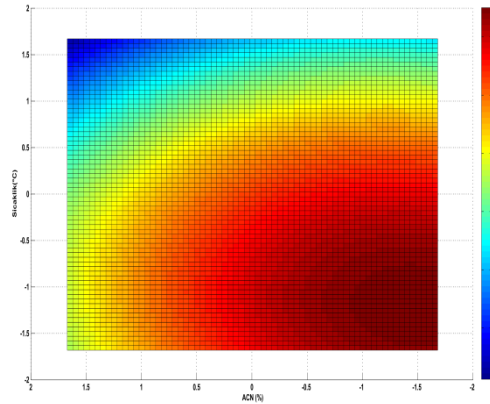
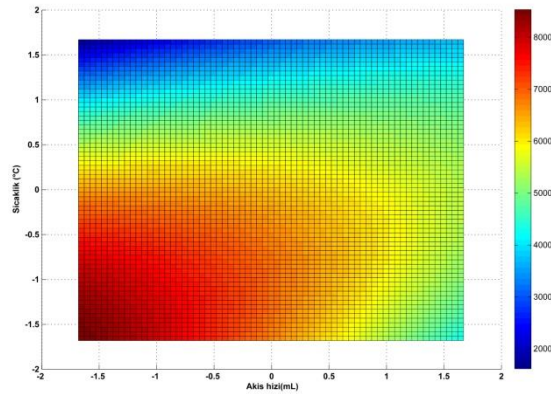
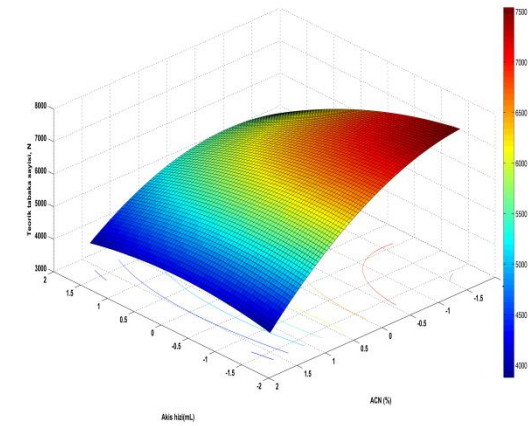
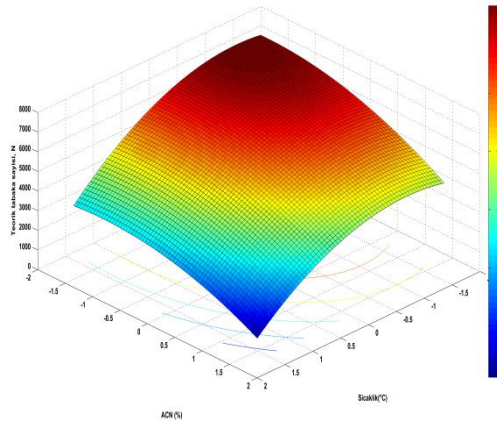
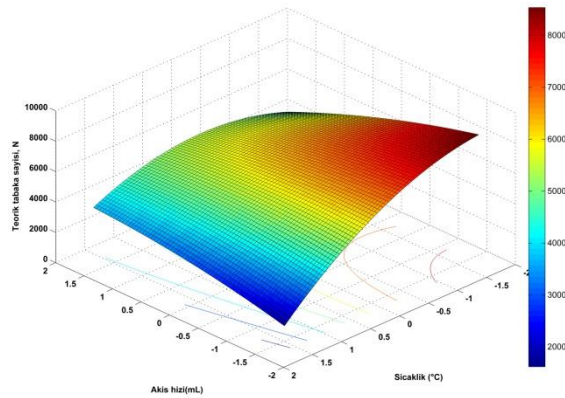
Variables and obtained analysis data of CLA determination gradient elution 5 level / 3 factor central composite experimental design study										
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Response-1 $R_s$ 9-cis, 11-trans CLA and 10-trans, 12-cis CLA		Response -2 $N_{mean}$ CLA and 10-trans, 12-cis CLA		Response -3 $\alpha$ 9-cis, 11-trans CLA and 10- trans, 12-cis CLA		
				Experimental	Theoretical	Experimental	Theoretical	Experimental	Theoretical	
				1	-1 (0.5)	-1 (15)	-1 (0.05)	1.21	1.21	9259.29
2	1 (1.5)	-1 (15)	-1 (0.05)	1.24	1.23	6455.28	6039.40	1.12	1.12	
3	-1 (0.5)	1 (25)	-1 (0.05)	0.59	0.66	4604.57	4693.61	1.10	1.10	
4	1 (1.5)	1 (25)	-1 (0.05)	0.86	0.93	5232.30	5314.57	1.09	1.09	
5	-1 (0.5)	-1 (15)	1 (0.15)	1.03	1.08	6432.75	6183.71	1.11	1.11	
6	1 (1.5)	-1 (15)	1 (0.15)	1.11	1.15	5595.89	5340.08	1.11	1.11	
7	-1 (0.5)	1 (25)	1 (0.15)	0.63	0.75	3202.80	3451.91	1.10	1.10	
8	1 (1.5)	1 (25)	1 (0.15)	0.77	0.88	3516.35	3758.68	1.10	1.10	
9	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	0.96	1.08	6530.32	6366.22	1.11	1.11	
10	-1.68 (0.16)	0 (20)	0 (0.1)	0.94	0.85	6498.61	6608.72	1.11	1.11	
11	1.68 (0.84)	0 (20)	0 (0.1)	1.13	1.05	5337.26	5463.52	1.11	1.10	
12	0 (1.0)	-1.68 (11.6)	0 (0.1)	1.22	1.23	6137.83	6849.05	1.12	1.12	
13	0 (1.0)	1.68 (28.4)	0 (0.1)	1.15	1.13	3462.18	2987.31	1.09	1.09	
14	0 (1.0)	0 (20)	-1.68 (0.016)	1.21	1.07	6555.33	6864.07	1.11	1.11	
15	0 (1.0)	0 (20)	1.68 (0.184)	1.10	1.08	4347.82	4275.44	1.11	1.11	
16	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.09	1.08	6543.86	6366.22	1.10	1.11	
17	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.07	1.08	6660.36	6366.22	1.11	1.11	
18	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.04	1.08	6717.75	6366.22	1.11	1.11	
19	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.21	1.21	6464.83	6366.22	1.11	1.11	
20	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.24	1.23	6123.98	6366.22	1.10	1.11	
21	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	0.59	0.66	6241.83	6366.22	1.11	1.11	
22	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	0.86	0.93	6216.37	6366.22	1.10	1.11	
23	0 (1.0)	0 (20)	0 (0.1)	1.03	1.08	5838.60	6366.22	1.10	1.11	

**Response-1 /  $R_s$**



**Fig 1.** Surface and projection graphs/response value  $R_s$  of the experimental design study applied for the optimization of the CLA isomer determination method by  $Ag^+$ -HPLC/DAD technique

**Response-2 / N**



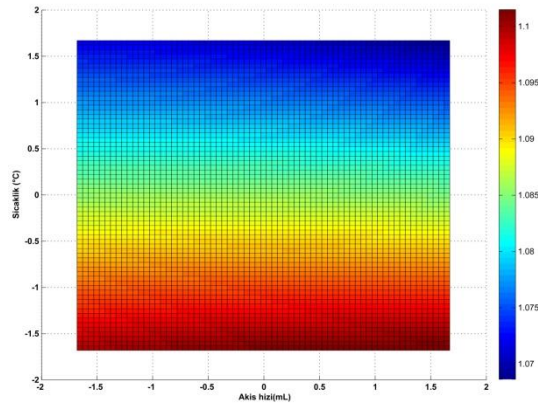
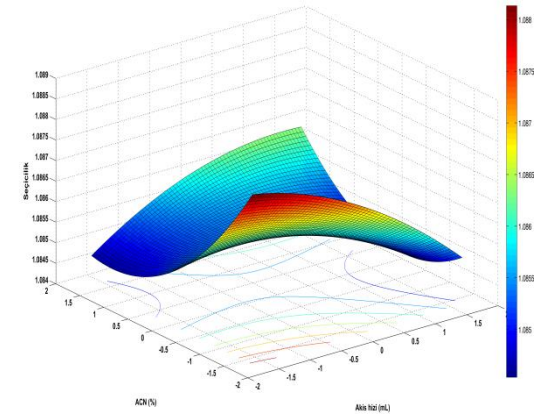
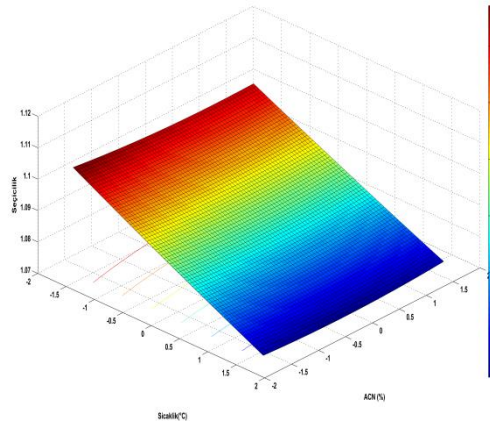
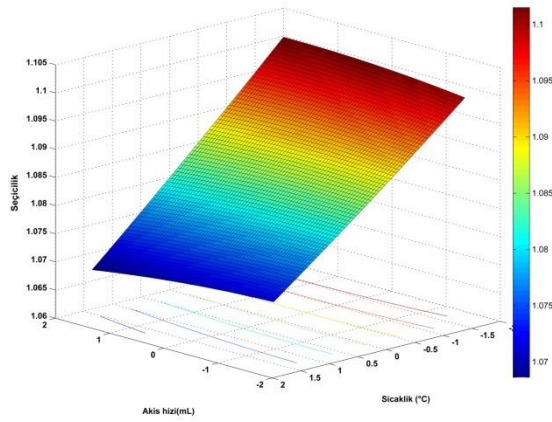
Flow rate ( $X_1$ ) & Temperature ( $X_2$ )

Temperature ( $X_2$ ) & % ACN ( $X_3$ )

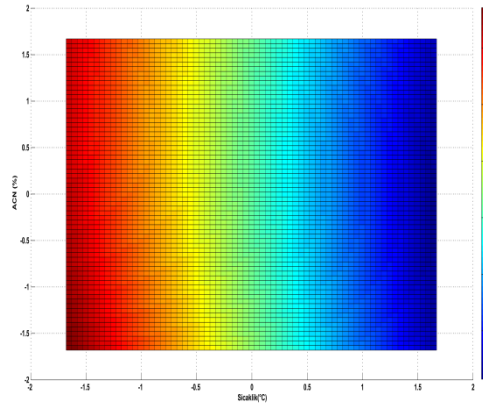
Flow rate ( $X_1$ ) & % ACN ( $X_3$ )

**Fig 2.** Surface and projection graphs/response value N of the experimental design study applied for the optimization of the CLA isomer determination method by  $Ag^+$ -HPLC/DAD technique

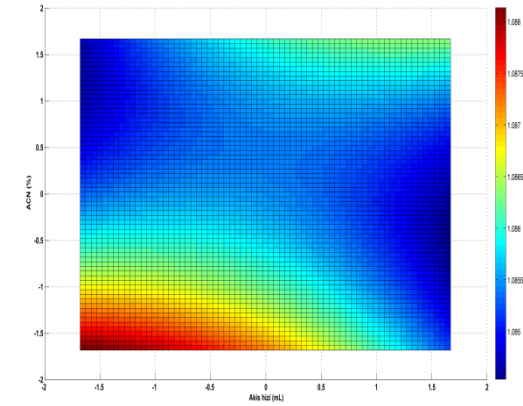
**Response-3 /  $\alpha$**



Flow rate ( $X_1$ ) & Temperature ( $X_2$ )



Temperature ( $X_2$ ) & % ACN ( $X_3$ )



Flow rate ( $X_1$ ) & % ACN ( $X_3$ )

**Fig 3.** Surface and projection graphs/response value  $\alpha$  of the experimental design study applied for the optimization of the CLA isomer determination method by  $Ag^+$ -HPLC/DAD technique

There are three different axes in the obtained surface graphs; the first two axes represent the flow rate, column temperature or %ACN ratio, respectively, and the third axis represents the response value. The projection graphs consist of 2 different axes representing two experimental parameters. The regions with red color intensity on the graphs represent suitable experimental values; the regions with blue color intensity represent inappropriate experimental parameters. In terms of deciding on the optimum experimental parameters, the regions with red color intensity offer a more accurate approach. However; graphs that show full bending inwards or outwards in the graphs are more preferred visuals at the stage of deciding on the correct experimental parameters. The optimum code and real values obtained from the proposed central composite experimental design for the CLA determination method and all response values were determined in the MATLAB program.

The significance value of the effects of the parameters related to the  $\text{Ag}^+$ -HPLC/DAD technique on the determination and separation quality of isomers and the suitability of the proposed experimental design model were evaluated by ANOVA test (**Table 4**). The ANOVA test data, which are given separately for all response values in **Table 4**, show the suitability and significance of the proposed modeling. In the ANOVA test, variance values greater than the  $F_{\text{critical}}$  value indicate experimental factors whose effect degrees are considered significant in experimental studies. The suitability of the model is proven with the variance value obtained greater than the  $F_{\text{critical}}$  value ( $df_1/df_2 = 9/13$   $F_{\text{critical}} = 2.71$ ). In the ANOVA tests conducted based on Rs for 9-cis, 11-trans CLA and 10-trans, 12-cis CLA, N for 9-cis, 11-trans CLA and 10-trans, 12-cis CLA and  $\alpha$  values for 9-cis, 11-trans CLA and 10-trans, 12-cis CLA as response values, it has been proven that the experimental design modeling is appropriate/significant. As a result, the optimum mobile phase flow rate values were determined as  $1.12 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  for Rs response value;  $0.08 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  for N;  $0.09 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  for  $\alpha$ . The optimum column oven temperature values were determined as  $12.30^\circ\text{C}$  for Rs response value,  $10.20^\circ\text{C}$  for N,  $10.15^\circ\text{C}$  for  $\alpha$ . The optimum %ACN ratio values were determined as 0.025% ACN for Rs response value, 0.0055% ACN for N,  $-1.03\sim 0\%$  ACN for  $\alpha$ .

### 3.2. CLA analysis in cold pressed oils

Following the optimization studies carried out with CCD, the CLA contents of cold pressed oils produced without any heat treatment or chemical substance application were determined simultaneously (**Table 5**). The retention times of the isomers are as follows:  $tR$  (9-cis, 11-cis CLA) >  $tR$  (9-cis, 11-trans CLA) >  $tR$  (10-trans, 12-cis CLA) >  $tR$  (9-trans, 11-trans CLA).

**Table 4.** Evaluation of the effects of the factors on different response values in the application of the CLA determination method, ANOVA test

Evaluation of the effect degrees of the factors on different response values in the CLA determination application with ANOVA test					
<b>Response-1; R<sub>s</sub></b>					
<i>Variance</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Variance ratio</i>	
<i>model</i>	9	1.14	0.12	50	<i>significant</i>
<i>residue</i>	13	0.03	0.00		
<i>mismatch</i>	5	0.02	0.00		
<i>pure mistake</i>	8	0.01	0.00		
<i>Total</i>	22	1.17			
<b>Response-2; N</b>					
<i>Variance</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Variance ratio</i>	
<i>model</i>	9	35530895.89	3947877.32	25	<i>significant</i>
<i>residue</i>	13	2034316.64	156485.89		
<i>mismatch</i>	5	1406589.53	281317.90		
<i>pure mistake</i>	8	627727.11	78465.888		
<i>Total</i>	22	37565212.54			
<b>Response-3; α</b>					
<i>Variance</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Variance ratio</i>	
<i>model</i>	9	0.00	0.00	140	<i>significant</i>
<i>residue</i>	13	0.00	0.00		
<i>mismatch</i>	5	0.00	0.00		
<i>pure mistake</i>	8	0.00	0.00		
<i>Total</i>	22	0.00			

† *df* means degrees of freedom; *SS* means sum of squares; *MS* means mean square; ††  $df_1 / df_2 = 9 / 13$  *F*critical's value = 2.71

**Table 5.** CLA contents in oils using optimum Ag<sup>+</sup>-HPLC/DAD method parameters

<b>The amounts of CLA in oils using optimum Ag<sup>+</sup>-HPLC/DAD method parameters, mg/kg oil</b>					
	<i>9-t, 11-t CLA</i>	<i>10-t, 12-c CLA</i>	<i>9-c, 11-t CLA</i>	<i>9-c, 11-c CLA</i>	<i>Total CLA</i>
<b>Wheat germ oil</b>	0.2597 ±0.0021	0.1000 ±0.0016	0.1513 ±0.0023	0.1404 ±0.0021	0.6514
<b>Nettle oil</b>	0.0235 ±0.0005	0.0233 ±0.0009	0.3115 ±0.0046	0.0254 ±0.0008	0.3836
<b>Walnut oil</b>	0.3930 ±0.0054	0.1902 ±0.0043	0.0246 ±0.0006	0.1024 ±0.0012	0.7102
<b>Pumpkin seed oil</b>	0.0265 ±0.0008	0.1300 ±0.0057	0.0314 ±0.0006	0.0263 ±0.0009	0.2143
<b>Coriander oil</b>	0.0343 ±0.0003	0.0281 ±0.0006	0.0688 ±0.0009	0.0273 ±0.0005	0.1585
<b>Black seed oil</b>	0.0294 ±0.0006	0.0281 ±0.0008	0.3223 ±0.0062	0.0371 ±0.0006	0.4169
<b>Flaxseed oil</b>	0.0274 ±0.0005	0.0243 ±0.0003	0.1307 ±0.0027	0.0263 ±0.0003	0.2087
<b>Safflower oil</b>	0.2058 ±0.0042	0.0660 ±0.0008	0.1818 ±0.0031	0.1746 ±0.0011	0.6282
<b>Pomegranate seed oil</b>	0.0069 ±0.0001	0.0107 ±0.0006	0.0894 ±0.0009	0.0049 ±0.0001	0.1118
<b>Coconut oil</b>	0.0255 ±0.0004	0.0136 ±0.0002	0.0462 ±0.0003	0.0146 ±0.0005	0.0999
<b>Sesame oil</b>	0.7067 ±0.0058	0.2863 ±0.0053	0.1818 ±0.0017	0.2741 ±0.0033	1.4488
<b>Fig seed oil</b>	0.0265 ±0.0009	0.0272 ±0.0007	0.2692 ±0.0035	0.0302 ±0.0008	0.3531
<b>Grape seed oil</b>	0.2852 ±0.0019	0.1252 ±0.0012	0.1769 ±0.0013	0.1658 ±0.0013	0.7531

## REFERENCES

1. Lehmann L, Yurawecz MP: Synthesis and Isolation of trans -7 , cis -9 Octadecadienoic Acid and Other CLA Isomers by Base Conjugation of Partially Hydrogenated  $\gamma$  - Linolenic Acid. *Lipids* 38, 579–583 (2003)
2. Delmonte P, Roach JAG, Mossoba MM, Losi G, Yurawecz MP: Synthesis , Isolation , and GC Analysis of All the 6 , 8- to 13 , 15- cis / trans Conjugated Linoleic Acid Isomers. *Lipids* 39, 185–191 (2004)
3. Bertschi I, Collomb M, Rist L, Eberhard P, Sieber R, Bütikofer U, Wechsler D, Folkers G, Mandach U Von: Maternal Dietary Alpine Butter Intake Affects Human Milk : Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Isomers. *Lipids* 40, 581–587 (2005)
4. Angel M, Fuente D, Luna P, Jua M: Chromatographic techniques to determine conjugated linoleic acid isomers. *Trends Anal Chem* 25, 917–926 (2006)
5. Kramer JKG, Hernandez M, Cruz-hernandez C, Jana K, Dugan MER: Combining Results of Two GC Separations Partly Achieves Except CLA Isomers of Milk Fat as Demonstrated Using Ag-Ion SPE Fractionation. *Lipids* 43, 259–273 (2008)
6. Kuhnt K, Degen C, Jahreis G: 2-Propanol in the mobile phase reduces the time of analysis of CLA isomers by silver ion-HPLC. *J Chromatogr B* 878, 88–91 (2010)
7. Rodriguez-Castaneda JL, Pena-Egido MJ, Garcia-Marino M, Garcia-Moreno C: Quantitative determination of conjugated linoleic acid isomers by silver ion HPLC in ewe milk fat. *J Food Compos Anal* 24, 1004–1008 (2011)
8. Miroslav L, Rumen D, Michal H: Retention behavior of isomeric triacylglycerols in silver-ion HPLC : Effects of mobile phase composition and temperature. *J Sep Sci* 36, 2888–2900 (2013)
9. Cossignani L, Giua L, Lombardi G, Simonetti MS, Damiani P, Blasi F: Analysis of CLA Isomer Distribution in Nutritional Supplements by Single Column Silver-Ion HPLC. *J Am Oil Chem Soc* 90, 327–335 (2013)
10. Ramadan MF: Healthy blends of high linoleic sunflower oil with selected cold pressed oils : Functionality , stability and antioxidative characteristics. *Ind Crop Prod* 43, 65–72 (2013)
11. Lutterodt H, Slavin M, Whent M, Turner E, Yu LL: Fatty acid composition , oxidative stability , antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food Chem* 128, 391–399 (2011)
12. Arslan FN: ATR–FTIRspectroscopy combined with chemometrics for rapid classification of extra virgin olive oils and edible oils from different cultivars available on the Turkish markets. *Eskişehir Tech Univ J Sci Technol A- Appl Sci Eng* 19, 926–947 (2018)
13. Kenar A, Çiçek B, Arslan FN, Akin G, Karuk Elmas ŞN, Yilmaz I: Electron Impact – Mass Spectrometry Fingerprinting and Chemometrics for Rapid Assessment of Authenticity of Edible Oils Based on Fatty Acid Profiling. *Food Anal Methods* 12, 1369–1381 (2019)
14. Jung MO, Ju JW, Choi DS, Yoon SH, Jung MY: CLA formation in oils during hydrogenation process as affected by catalyst types, catalyst contents, hydrogen pressure,



- and oil species. *JAOCS, J Am Oil Chem Soc* 79, 501–510 (2002)
15. Fritsche J, Fritsche S, Solomon MB, Mossoba MM, Yurawecz MP, Morehouse K, Ku Y: Quantitative determination of conjugated linoleic acid isomers in beef fat. *Eur J Lipid Sci Technol* 102, 667–672 (2000)
  16. Mossoba MM, Kramer JKG, Yurawecz MP, Sehat N, Roach JAG, Eulitz K, Fritsche J, Dugan MER, Ku Y: Impact of novel methodologies on the analysis of conjugated linoleic acid (CLA). Implications of CLA feeding studies. *Lipid - Fett* 101, 235–243 (1999)
  17. Yurawecz MP, Sehat N, Mossoba MM, Roach JAG, Kramer JKG, Ku Y: Variations in isomer distribution in commercially available conjugated linoleic acid. *Lipid - Fett* 101, 277–282 (1999)

## GENTAMİSİN SÜLFATIN ELEKTROKİMYASAL ANALİZİ

**Yüksek Lisans Öğrencisi , Osman EKŞİ**

Munzur Üniversitesi,  
osman\_eksi@hotmail.com -0009-0006-7984-7117

**Doç. Dr., Yeliz İPEK**

Munzur Üniversitesi,  
bernakocak@munzur.edu.tr -0000-0002-2398-1492

**Doç. Dr., Berna KOÇAK**

Munzur Üniversitesi,  
yelizipek@munzur.edu.tr -0000-0002-9390-9875

### ÖZET

Gentamisin sülfat, *Micromonosporapurpurea* bakterisinin fermantasyonu ile elde edilen aminoglikozit bileşik sınıfına ait geniş spektrumlu bir antibiyotiktir (Clarot ve ark. 2004). Gentamisin sülfat, bakteri kaynaklı kemik enfeksiyonları, menenjit, zatüre, idrar yolları enfeksiyonları, pelvikin flamatuar hastalığı, perikard iltihabı gibi hastalıkların tedavisinde kullanılır (Burç ve ark. 2023). İnsanlarda 7 günden fazla kullanıldığında işitme, denge bozuklukları (ototoksisite) ve böbrek yetmezliğine sebep olduğu araştırmalarla ortaya konulmuştur. Hayvanlarda ise gentamisin sülfat kullanıldıktan belirli bir süre sonra sütünün alınmaması ve et için kesime gönderilmemesi gerektiği ortaya çıkmıştır (Alive ark. 2011). Bu nedenlerden dolayı gentamisin sülfatın tayini önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ilk kez gentamisin sülfatın elektrokimyasal analizi için krom (III) oksit-glutardialdehitte modifiye edilmiş bor katkılı elmas elektrot ( $Cr_2O_3-GA_2/BKKEE$ ) sensör olarak kullanıldı. Elektrot modifikasyonunda kullanılan  $Cr_2O_3-GA_2$  süspansiyonu BKK elektrot üzerine basit bir damla döküm yöntemiyle fiziksel kaplanmıştır. Gentamisin sülfatın  $Cr_2O_3-GA_2/BKKEE$  üzerindeki davranışı dönüşümlü voltametri (DV), elektrokimyasal analizi ise diferansiyel pulsvoltametri (DPV) yöntemi ile yapılmıştır. Gentamisin sülfatın  $Cr_2O_3-GA_2/BKKEE$  üzerindeki elektrokimyasal analizi DPV yöntemiyle pH 9 Britton-Robinson (BR) tamponunda gerçekleştirilmiştir. Gentamisin sülfatın  $Cr_2O_3-GA_2/BKKEE$  üzerindeki doğrusal çalışma aralığı  $5,96 \times 10^{-6}$ -  $6,54 \times 10^{-5}$  M, korelasyon katsayısı 0,997 olarak hesaplandı. Tayin edilebilirlik sınırı (LOD)  $2,84 \times 10^{-6}$  M olarak bulundu.

**Anahtar Kelime:** Gentamisin sülfat; Elektrokimyasal Analiz, Bor Katkılı Elmas Elektrot, Krom(III) Oksit; Modifiye Elektrot

## PLATINUM-DECORATED CARBON AEROGEL: A NOVEL MATERIAL FOR NEXT-GENERATION OPTOELECTRONIC DEVICES

**Doç. Dr. Elif DAŞ**

Atatürk University

das.elif@gmail.com- 0000-0002-3149-6016

### ABSTRACT

The rapid advancement of optoelectronic technologies necessitates the development of innovative materials and device architectures to enhance performance and reliability. In this study, we present the fabrication and comprehensive characterization of an advanced optoelectronic device incorporating platinum-decorated carbon aerogel (PtCA) as an interfacial layer between n-Si and Au contacts. The PtCA nanomaterial was synthesized through a two-step process: first, carbon aerogel (CA) was prepared via the supercritical carbon dioxide drying method; this was followed by the deposition of a platinum precursor, Pt(COD)Me<sub>2</sub>, onto the CA using a supercritical carbon dioxide deposition technique. The resulting PtCA material was then integrated into a Au/PtCA/n-Si/Al device structure. To assess the physical characteristics of the PtCA material, we employed XRD, SEM, and TEM techniques, revealing a uniform distribution of Pt nanoparticles (NPs) within the carbon aerogel matrix. The electrical and optoelectrical performance of the PtCA/n-Si device was systematically investigated through current-voltage (I-V) measurements under dark conditions, as well as under visible and UV light illumination. From these measurements, critical device parameters such as ideality factor (n), barrier height ( $\Phi_b$ ), and series resistance (R<sub>s</sub>) were determined. Additionally, photodiode-specific parameters, including ON/OFF ratio, photoresponsivity (R), specific detectivity (D\*), open-circuit voltage (V<sub>oc</sub>), and short-circuit current (I<sub>sc</sub>), were evaluated under varying illumination conditions. The results show that the PtCA/n-Si device is self-powered under both light illumination conditions. Nevertheless, its optoelectrical performance is notably superior under visible light compared to UV light. These observations highlight the potential of PtCA as a promising material for advanced optoelectronic applications, particularly in contexts requiring efficient detection of visible light.

**Keywords:** Supercritical CO<sub>2</sub> drying/deposition, carbon aerogel, Pt nanoparticle, photosensitive device

## 1. INTRODUCTION

Photodetectors are crucial energy-conversion devices that transform light into electrical signals, widely used in various applications such as electro-optical displays, optical communication, and security monitoring (Shan et al., 2022). The performance of photodetectors is highly dependent on the generated photocurrent and the ability to detect weak light, which is influenced by the photoactive materials used (Su, 2021). Silicon-based photodetectors are common for UV-visible light, while InGaAs and HgCdTe materials are used for near-IR and mid-IR detection, respectively. The ongoing challenge in improving photodetector performance, particularly in achieving high-resolution and low dark current, has driven the exploration of new photoelectric materials, especially nanomaterials with unique optoelectronic properties (Su, 2022).

Carbon aerogel (CA) is a unique nanomaterial known for its ultra-low density, high surface area, and exceptional electrical conductivity (Guo et al., 2011), making it a promising candidate for optoelectronic applications. Its porous structure provides a large active surface area for light interaction, enhancing light absorption and charge carrier dynamics within the material. This makes CA highly effective in photodetectors, where efficient charge transport and light capture are critical for device performance. Additionally, the mechanical robustness and thermal stability of carbon aerogel (Guo et al., 2022) ensure its durability in various operational environments, contributing to the longevity and reliability of optoelectronic devices.

Incorporating metals into carbon aerogel can significantly enhance its optoelectronic properties. Metal NPs, such as platinum or gold, can be introduced into the aerogel matrix to improve its electrical conductivity and catalytic activity (Guo et al., 2011). This modification enhances charge carrier mobility and reduces recombination losses, leading to improved photocurrent generation in optoelectronic devices. Additionally, metal incorporation can modify the electronic structure of the aerogel, enabling better light absorption and enhanced sensitivity to incident photons. As a result, metal-decorated carbon aerogels can achieve superior performance in photodetectors, with higher responsivity and better detection capabilities, particularly in applications requiring high sensitivity and low dark current.

In this study, for the first time in the literature, platinum decorated carbon aerogel (PtCA) was utilized as an interlayer material in a Schottky junction device structure. The research comprehensively investigates the electrical and photoelectrical properties of this novel material within the device, aiming to demonstrate its potential to significantly enhance the performance of optoelectronic applications. This study's findings could pave the way for the development of more efficient and reliable photodetectors, offering new opportunities for high-performance optoelectronic device.

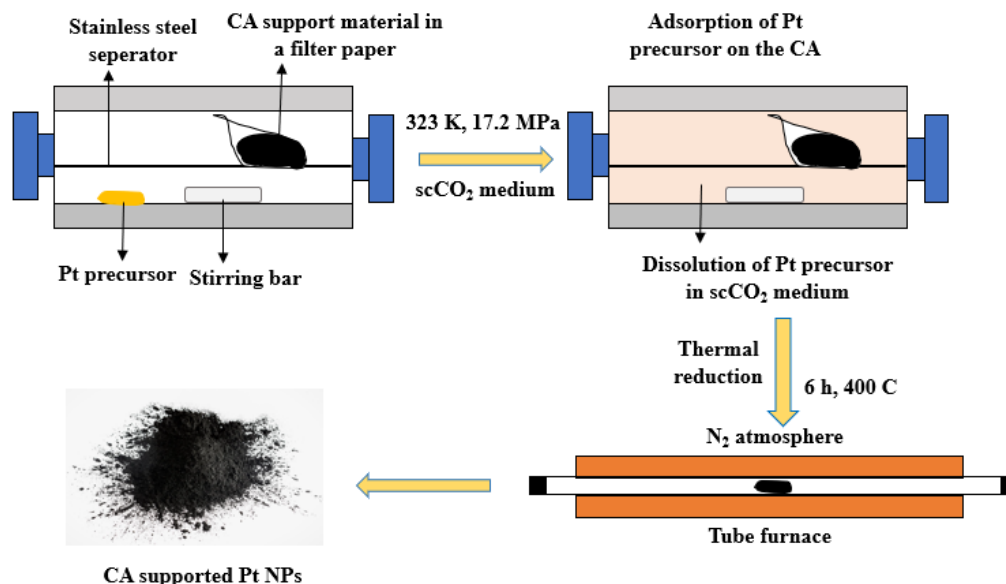
## 2. EXPERIMENTAL DETAILS

### 2.1. Synthesis of CA

Resorcinol Formaldehyde Aerogel (RFA) was synthesized through a reaction between resorcinol and formaldehyde in water, using sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) as a catalyst. The mixture, with specific ratios of reactants, was stirred and then subjected to a controlled gelation and curing process, involving room temperature and elevated temperatures. The formed monoliths were then dried using supercritical carbon dioxide ( $\text{scCO}_2$ ) and subsequently converted into carbon aerogels (CAs) by pyrolyzing the RFAs at  $1000^\circ\text{C}$  under a nitrogen atmosphere. Further details of the synthesis process can be found in the referenced study (Barim et al., 2017; Barim et al., 2018).

## 2.2. Synthesis of Pt NPs decorated CA material

The process of Pt decoration on CA was carried out using  $\text{scCO}_2$  deposition in a specially designed 54 mL high-pressure stainless-steel vessel equipped with two sapphire windows, each 2.5 cm in diameter. A syringe pump was connected to the vessel to pressurize the  $\text{CO}_2$  to 17.2 MPa. During the adsorption phase, the temperature was maintained at  $50^\circ\text{C}$  using a circulating heater/cooler. Pre-determined amounts of CA and the platinum precursor,  $\text{Pt}(\text{cod})\text{me}_2$ , were introduced into the vessel, along with a magnetic stirrer to ensure proper mixing of the precursor with the  $\text{scCO}_2$ . The vessel was heated to  $50^\circ\text{C}$  and pressurized to 17.2 MPa with  $\text{CO}_2$ . Under these conditions, the Pt precursor dissolved in the  $\text{scCO}_2$  and was adsorbed onto the surface of the CA. Following this deposition, the material was placed in a tube furnace and thermally reduced under a flow of nitrogen ( $\text{N}_2$ ) at  $400^\circ\text{C}$  for 6 hours to obtain the Pt-decorated CA (Barim et al., 2018). An illustration of this process is provided in Figure 1 to offer a visual understanding of the steps involved.

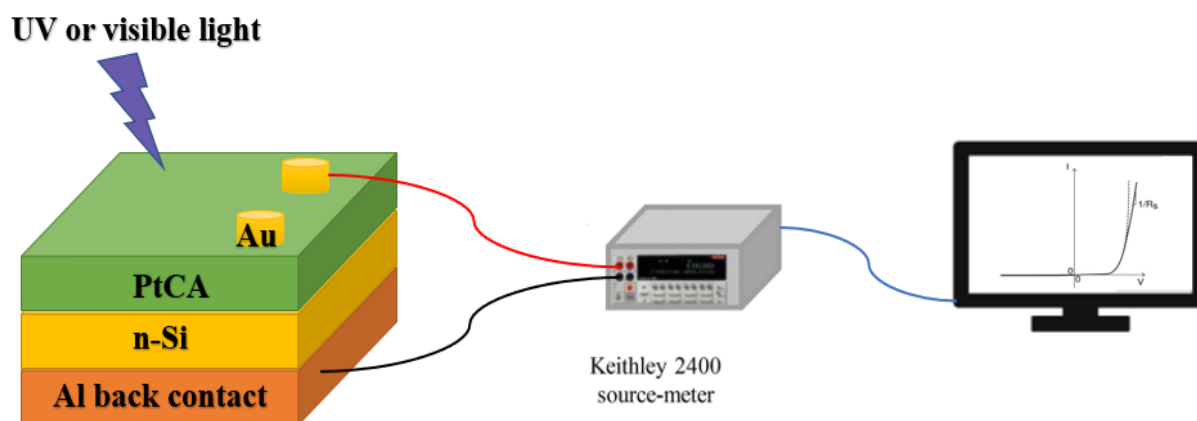


**Fig. 1.** Schematic representation of the synthesis of PtCA NPs (Daş & Yurtcan, 2022)

## 2.3. Device Fabrication

This section details the fabrication process of the Au/PtCA/n-Si/Al device. The process begins with the preparation of n-type silicon (n-Si) wafers, which were thoroughly cleaned using a standard procedure outlined in the literature (Güllü et al., 2008). Following the cleaning,

aluminum (Al) was thermally evaporated onto the unpolished side of the n-Si wafer using a VAKSIS thermal evaporation system. To ensure robust electrical contact, the n-Si/Al structure was subjected to an annealing process in an inert atmosphere. Subsequently, a thin film of PtCA NPs was applied to the annealed structure. This was achieved through a spin coating technique, where the PtCA NPs were dispersed in a water-methanol solution and spun at 1500 rpm for 1 minute. This method ensured uniform coating of the PtCA layer. Finally, the top electrode of gold (Au) was deposited over the PtCA layer using the same thermal evaporation system, thus completing the construction of the Au/PtCA/n-Si/Al device. The entire structure of this device is depicted in Figure 2, which provides a clear visual representation of the layered configuration.



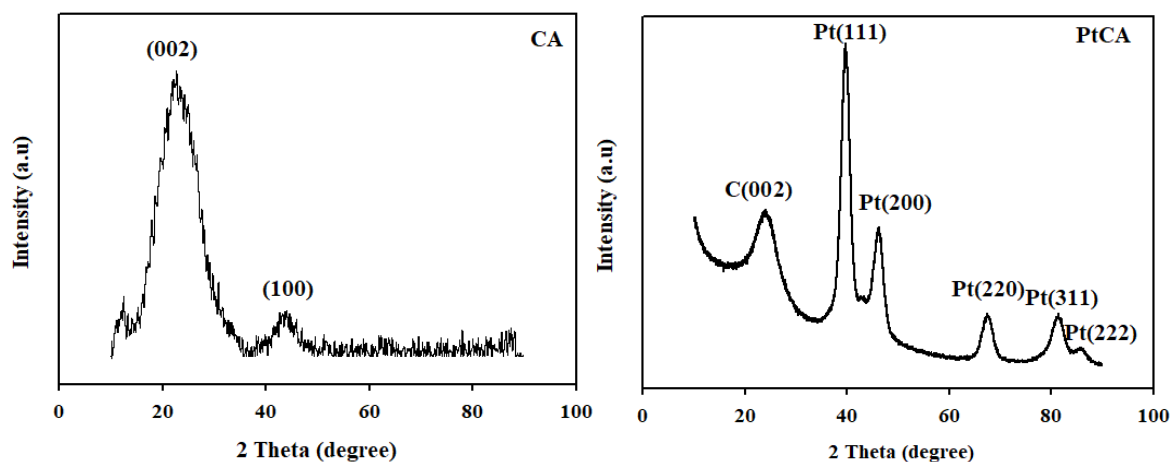
**Fig. 2.** The obtained Au/PtCA/n-Si/Al device structure

## 2.4. Characterization Methods

The synthesized PtCA material underwent comprehensive analysis to determine its physical properties, utilizing various characterization techniques. X-ray diffraction (XRD) was employed to examine the crystalline structure, revealing information about the phase and crystallinity of the material. Scanning electron microscopy combined with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS) was used to analyze the surface morphology and elemental composition, offering a detailed view of the distribution and composition of the platinum-decorated carbon aerogel (PtCA) nanoparticles. Additionally, transmission electron microscopy (TEM) was conducted to further investigate the nanoparticle size, shape, and distribution at a finer scale. In addition to these material characterizations, the electrical performance of the fabricated Au/PtCA/n-Si/Al device was assessed by measuring its current-voltage (I-V) characteristics. These measurements were carried out under two different conditions: in the absence of light (dark conditions) and under illumination with ultraviolet (UV) light at an intensity of  $23.5 \text{ mWcm}^{-2}$ , as well as under visible light at an intensity of 1 Sun. A Keithley sourcemeter was used to record the I-V curves at room temperature, providing valuable data on the device's electrical behavior. The resulting curves offered detailed insights into how the device responds to varying levels of illumination, highlighting its sensitivity to light and its potential efficiency as an optoelectronic component. This analysis is crucial in evaluating the device's suitability for applications in light-detection, energy conversion, and other optoelectronic technologies.

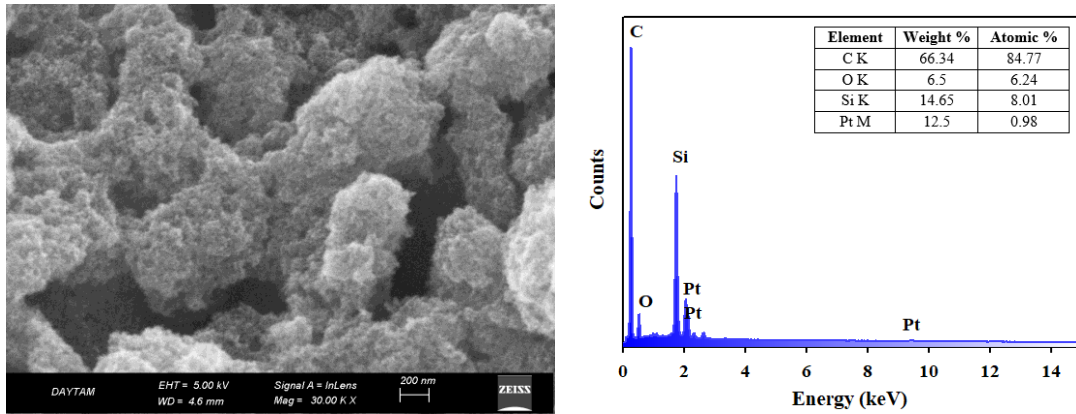
### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 displays the XRD patterns of both the CA and PtCA materials. For the CA material, two distinct peaks centered at around  $24^\circ$  and  $43^\circ$  are observed, corresponding to the (002) and (100) reflection planes of graphitic carbon, respectively (Ganeev et al., 2011). For the PtCA material, the characteristic peaks observed at around  $39.6^\circ$ ,  $47.4^\circ$ ,  $67.1^\circ$ ,  $81.2^\circ$ , and  $83.6^\circ$  correspond to the (111), (200), (220), (311) and (222) reflection planes, respectively. These peaks are consistent with the face-centered cubic (fcc) structure of Pt, as confirmed by comparison with the JCPDS Card No. 04-0802, thereby demonstrating the presence of crystalline Pt (Shah, 2012). Based on the XRD results, it can be concluded that the material synthesis was successfully achieved.



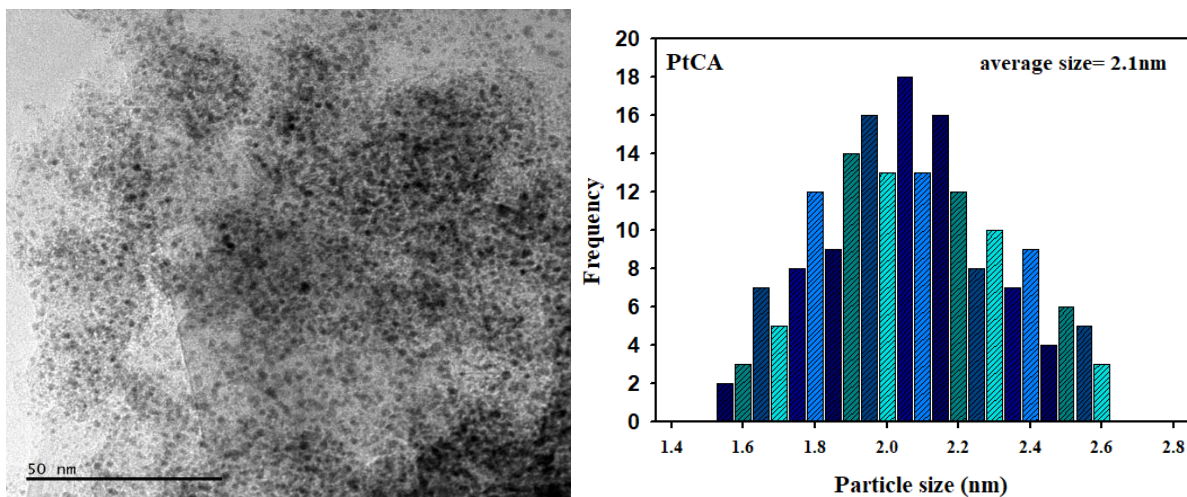
**Fig. 3.** XRD patterns of CA and PtCA materials

The chemical composition and structural properties of the PtCA film on the Si wafer were analyzed using SEM/EDS, as depicted in Fig. 4. The SEM image revealed that the material exhibits a particulate morphology, composed of interconnected micro- or nanometric particles arranged in a three-dimensional architecture, with significant macropores (large voids) present between the particles. On the other hand, it is difficult to see Pt NPs clearly in SEM image because of their small size. However, the EDS spectrum confirms the presence of C, O, Pt, and Si elements, which supports the successful formation of the PtCA film on the Si wafer.



**Fig. 4.** SEM/ EDS results of PtCA/n-Si structure

The TEM image of the PtCA NPs and the accompanying particle size distribution histogram, shown in Figure 5, give a clear view of the nanoparticles' structure and size. The TEM image reveals that the Pt NPs are spherical and are successfully integrated onto the CA surface. These NPs have sizes ranging from 1.5 to 2.6 nm, as indicated by the histogram, which details the size range and distribution of the particles. The uniformity and small size of the Pt NPs are crucial for enhancing optoelectronic device performance. The high surface area and consistent dispersion of the NPs lead to an increased number of active sites on the CA surface. This distribution facilitates efficient charge transfer between the Pt NPs and the CA, which is vital for improving the device's photoelectrical properties. The increased number of active sites can enhance the interaction with incident light and improve the overall efficiency of charge collection, resulting in better performance of optoelectronic devices such as photodetectors or solar cells.



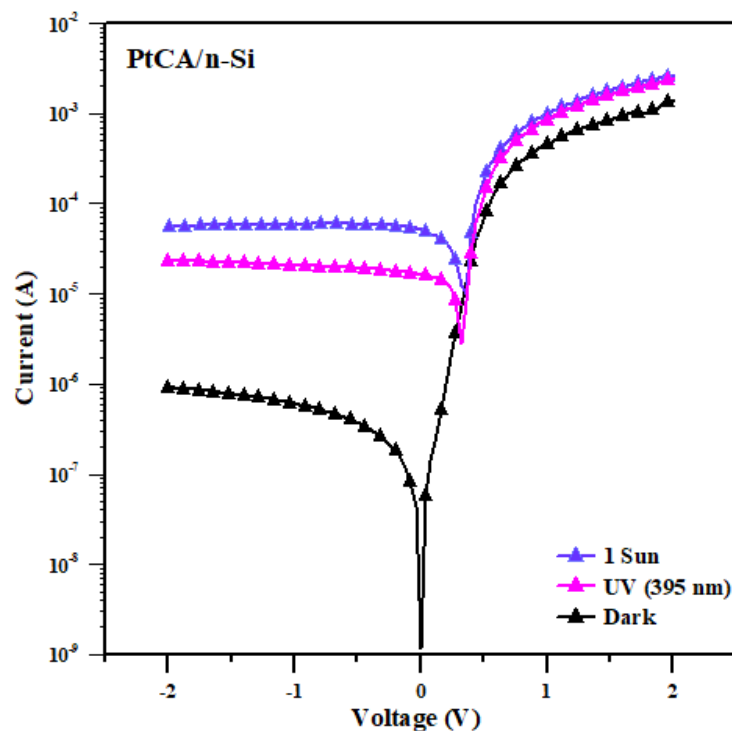
**Fig. 5.** TEM image of PtCA and corresponding Pt NPs size distribution histogram

### 3.1. Key Characteristics of the Au/PtCA/n-Si/Al Schottky Junction



The electrical and optoelectrical properties of the PtCA/n-Si device were examined using I-V measurements in various conditions: dark, UV light (with the power of  $23.5 \text{ mW/cm}^2$  and wavelength of 395 nm), and visible light (1 Sun) at room temperature. The measurements assessed the device's performance under different light wavelengths. Figure 6 shows the I-V plots of the PtCA/n-Si device, highlighting the device's behavior in different illumination conditions. The I-V curves reveal that the device displays distinct rectifying behavior with noticeable differences between forward and reverse bias. In the dark, the device shows typical diode-like characteristics, indicating effective charge separation at the PtCA/n-Si interface. Under UV and visible light, the device exhibits a notable increase in photocurrent, demonstrating its sensitivity to light and potential for optoelectronic applications. This enhanced photoresponse and efficient carrier generation suggest that the device could be highly effective for photodetection and similar technologies.

In the literature, such rectifier contacts are generally analyzed using Thermionic Emission (TE) theory and Norde's method (Altındal et al., 2022). These approaches allow for a detailed examination of key device parameters, including the ideality factor, barrier height, and series resistance. Applying both methods offers deeper insight into the electrical behavior of the PtCA/n-Si device and detailed descriptions of these methods are available in previous reports (Daş et al., 2021; Yıldırım & Daş, 2023). The Au/PtCA/n-Si device demonstrated an ideality factor of 2.13 and a barrier height of 0.74 eV, as determined by the TE method. The Norde method also confirmed a barrier height of 0.74 eV, along with a series resistance of 163 k $\Omega$ . Additionally, the device exhibited a rectification ratio (RR) of 1507 at  $\pm 2 \text{ V}$ , indicating strong rectifying behavior.



**Fig. 6.** I-V characteristics of the PtCA/n-Si device in dark and under illumination

To further elucidate the electro-optical properties of the PtCA/n-Si device, key parameters were evaluated, including the ON/OFF ratio, responsivity (R), and specific detectivity ( $D^*$ ) (Yıldırım & Daş, 2023). These parameters were calculated across varying applied voltages, and the results are comprehensively presented in Table 1. Based on the I-V curves shown in Figure 6 and the data provided in Table 1, it can be concluded that the PtCA/n-Si device exhibits self-powered characteristics. This indicates that the device can operate effectively without requiring an external power source, making it highly suitable for a range of optoelectronic applications. Moreover, the results indicate that the PtCA/n-Si device exhibits significantly higher ON/OFF ratio, responsivity, and specific detectivity values under visible light illumination compared to UV light. This performance disparity is likely due to the different wavelengths and intensities of visible and UV light. Specifically, visible light, with its longer wavelength and generally higher intensity under standard conditions, interacts more effectively with the device's active materials, resulting in an enhanced photoresponse. In light of these findings, the PtCA/n-Si device demonstrates exceptional potential for applications that require high sensitivity to visible light, such as in imaging sensors, environmental monitoring, and optical communication systems. The combination of self-powered operation and superior performance under visible light illumination underscores the device's versatility and efficiency. These characteristics not only highlight its applicability in various optoelectronic technologies but also suggest that further optimization and integration of such materials could lead to even more advanced and energy-efficient devices in the future.

**Table 1.** Photoelectrical parameters of the PtCA/n-Si device under different ambient conditions

Device	Light Source	$I_{sc}$ (A)	$V_{oc}$ (V)	ON/OFF Ratio		R (mA $W^{-1}$ )		$D^*$ (Jones)	
				(0V)	(-1V)	(0V)	(-1V)	(0V)	(-1V)
PtCA	1 Sun	$5.12 \times 10^{-5}$	0.35	$4.42 \times 10^4$	98	65.3	75.2	$3 \times 10^{11}$	$1.5 \times 10^{10}$
/n-Si	UV	$1.64 \times 10^{-5}$	0.33	$1.41 \times 10^4$	34.1	21	25.6	$9.6 \times 10^{10}$	$5.1 \times 10^9$

#### 4. CONCLUSIONS

In conclusion, this study successfully demonstrates the fabrication and characterization of a novel optoelectronic device incorporating PtCA as an interfacial layer between n-Si and Au contacts. The PtCA material was synthesized through a meticulous two-step process involving scCO<sub>2</sub> techniques, resulting in a uniform distribution of Pt NPs on the CA matrix. XRD, SEM, and TEM analyses confirm the successful integration of spherical Pt NPs, with sizes ranging from 1.5 to 2.6 nm, onto the CA surface. Electrical and photoelectrical properties of the PtCA/n-Si device were thoroughly investigated through I-V measurements under dark conditions, as well as visible and UV light illumination. Key device parameters, including the ideality factor, barrier height, and series resistance, were determined using TE theory and Norde's method. The device exhibited an ideality factor of 2.13 and a barrier height of 0.74 eV, with a series resistance of 163 k $\Omega$ . Notably, the device demonstrated a high rectification ratio (RR) of 1507 at  $\pm 2$  V, indicating robust rectifying behavior. Under illumination, the PtCA/n-Si device exhibited self-powered properties and showed significantly better photoelectrical performance

under visible light compared to UV light. Specifically, the device achieved higher ON/OFF ratio, responsivity, and specific detectivity values under visible light. These results highlight the effectiveness of PtCA as an interfacial material, enhancing the device's performance for applications that require efficient detection of visible light. The findings underscore the potential of PtCA as a promising material for advanced optoelectronic devices, emphasizing its suitability for scenarios demanding high-performance visible light detection.

## REFERENCES

1. Altındal, E., Azizian-Kalandaragh, Y., Ulusoy, M., & Pirgholi-Givi, G. (2022). The illumination effects on the current conduction mechanisms of the Au/(Er2O3:PVC)/n-Si (MPS) Schottky diodes. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(27). <https://doi.org/10.1002/app.52497>
2. Barım, Ş. B., Bayrakçeken, A., Bozbağ, S. E., Zhang, L., Kızılel, R., Aindow, M., & Erkey, C. (2017). Control of average particle size of carbon aerogel supported platinum nanoparticles by supercritical deposition. *Microporous and Mesoporous Materials*, 245, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2017.01.037>
3. Barım, S. B., Bozbağ, S. E., Yu, H., Kızılel, R., Aindow, M., & Erkey, C. (2018). Mesoporous carbon aerogel supported PtCu bimetallic nanoparticles via supercritical deposition and their dealloying and electrocatalytic behaviour. *Catalysis Today*, 310, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.09.023>
4. Daş, E., Incekara, U., & Aydoğan, A. (2021). A comparative study on electrical characteristics of Ni/n-Si and Ni/p-Si Schottky diodes with Pinus Sylvestris Resin interfacial layer in dark and under illumination at room temperature. *Optical Materials*, 119, 111380. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111380>
5. Daş, E., & Yurtcan, A. B. (2022). Synthesis of Reduced Graphene Oxide (rGO) Supported Pt Nanoparticles via Supercritical Carbon Dioxide Deposition Technique for PEM Fuel Cell Electrodes. *Journal of Anatolian Physics and Astronomy*, 2, 1-17.
6. Ganeev, R. A., Naik, P. A., Chakera, J. A., Singhal, H., Pramanik, N. C., Abraham, P. A., Panicker, N. R., Kumar, M., & Gupta, P. D. (2011). Carbon aerogel plumes as an efficient medium for higher harmonic generation in the 40–90 nm range. *Journal of the Optical Society of America B*, 28(3), 360. <https://doi.org/10.1364/josab.28.000360>
7. Güllü, Ö., Aydoğan, Ş., & Türüt, A. (2008). Fabrication and electrical properties of Al/Safranin T/n-Si/AuSb structure. *Semiconductor Science and Technology*, 23(7), 075005. <https://doi.org/10.1088/0268-1242/23/7/075005>
8. Guo, F., Yang, C., Xu, Z., & Gao, C. (2022). Progress and perspective in mechanically robust carbon aerogels. *Journal of Applied Physics*, 131(11). <https://doi.org/10.1063/5.0084458>
9. Guo, Z., Zhu, H., Zhang, X., Wang, F., Guo, Y., & Wei, Y. (2011). Microwave-assisted synthesis of high-loading, highly dispersed Pt/carbon aerogel catalyst for direct methanol fuel cell. *Bulletin of Materials Science*, 34(3), 577–581. <https://doi.org/10.1007/s12034-011-0082-8>
10. Shah, M. (2012). Growth of uniform nanoparticles of platinum by an economical approach at relatively low temperature. *Scientia Iranica*, 19(3), 964–966. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2012.02.027>
11. Shan, T., Hou, X., Yin, X., & Guo, X. (2022). Organic photodiodes: device engineering and applications. *Frontiers of Optoelectronics*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s12200-022-00049-w>
12. Su, Y. (2021). Carbon-Based Heterojunction Broadband Photodetectors. In *Springer series in materials science* (pp. 91–129). [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5497-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5497-8_5)

13. Yildirim, G. B., & Daş, E. (2023). The synthesis of MgO and MgO-graphene nanocomposite materials and their diode and photodiode applications. *Physica Scripta*, 98(8), 085911. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/ace249>

## FARKLI YÜK VE GİRİŞ GERİLİMİ DURUMLARI İÇİN İNTERLEAVED TOTEM POLE PFC DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN İNCELENMESİ

**Res. Assist., Aybüke ERTÜRK**

Konya Technical University, aozdenturk@ktun.edu.tr - 0000-0001-8282-1934

**Prof. Dr., Ramazan AKKAYA**

Konya Technical University, rakkaya@ktun.edu.tr - 0000-0002-6314-1500

### ÖZET

Doğrultucu devrelerin sebep olduğu şebeke tarafında oluşan güç kalitesi problemlerine çözüm sunan Power Factor Correction (PFC) Dönüştürücüler güç elektroniği alanında önemli bir yer tutar. Bu dönüştürücülerin veriminin artırılması, eleman sayısının azaltılması, güç yoğunluğunun artırılması, kolay kontrolünün sağlanması gibi konular üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmada çift yönlü enerji akışı sunan, yüksek verimli köprüsüz PFC dönüştürücülerden İnterleaved Totem Pole PFC dönüştürücü incelenmiştir. İnterleaved yapının Totem Pole PFC Dönüştürücülere sağladığı avantajlar açıklanmıştır. Simülasyon çalışması yapılarak elde edilen dalga şekilleri ile devrenin çalışma yapısı açıklanmıştır. Dönüştürücünün farklı yük durumları için güç faktörü, akım harmonik içeriği ve verim değişimleri elde edilip grafik şeklinde sunulmuştur. Dönüştürücü tüm evrensel şebeke gerilimlerinde yeniden çalıştırılarak performansı test edilmiştir. Ayrıca farklı iletim direncine sahip bir anahtar kullanılarak anahtar iletim direnci etkisi hesaplanmıştır. İncelemeler sonucunda, hesaplanan devre parametreleri ile oluşturulmuş dönüştürücünün verimli, evrensel ve değişen yük durumlarında etkili olduğu, yüksek güç faktörü ve düşük harmonik içerik avantajı sunduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Interleaved PFC, güç faktörü, harmonikler, güç yoğunluğu

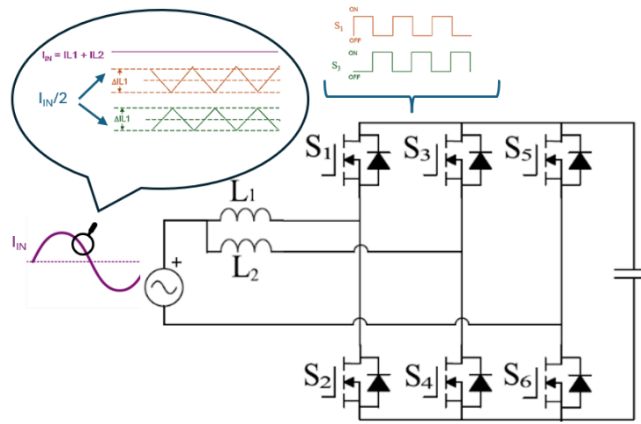
### 1. GİRİŞ

Power Factor Correction (PFC) dönüştürücüleri şebeke tarafında oluşabilecek güç kalitesi problemlerini engellemek amacıyla çok çeşitli alanlarda doğrultucu olarak kullanılırlar [1, 2]. Bu aktif doğrultucular yüksek frekansta anahtarlanarak giriş akımının şebeke ya da kaynak gerilimini çok kısa zaman dilimlerinde takip etmesini ve giriş gerilimi formunda akım çekilmesini sağlarlar. Bu şekilde neredeyse aynı fazda kaynak gerilimi ve kaynak akımı elde edilerek güç faktörü 1 değerine yaklaştırılır. Ayrıca güç faktörü değerini doğrudan etkileyen akım harmonikleri de azaltılarak standartlara uygun bir doğrultma işlemi gerçekleştirilir [3]. Bu sebeplerden PFC dönüştürücüler güç elektroniği alanında önemli bir yer tutar ve yoğun olarak kullanılır. Kullanılan eleman sayısının azaltılması, verimlerinin yükseltilmesi, boyut ve

ağırlığının minimize edilmesi, kolay kontrol edilebilir olmaları üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

PFC dönüştürücülerde, köprü doğrultucu yapısı önemli bir güç kaybı oluşturur ve bu dönüştürücülerin köprü doğrultucu içermeden oluşturulmuş haline Köprüsüz PFC dönüştürücüler denir [4]. Köprüsüz dönüştürücüler yüksek güçlü uygulamalar için yüksek verim avantajı sunar ve bu sebeple tercih edilir. Ancak bu dönüştürücülerin özellikle yüksek Common Mode gürültüsü ve köprü doğrultucu bulunduran PFC dönüştürücülere göre daha yüksek giriş akım harmoniği oluşturması önemli bir dezavantajdır [5, 6, 7]. Bu dezavantajları minimuma indirdiği, çift yönlü enerji akışına izin verdiği ve az devre elemanı bulundurduğu için, Totem Pole PFC dönüştürücüler köprüsüz PFC dönüştürücüler arasında önemli bir yer tutar. Totem Pole PFC dönüştürücüler İnterleaved yapıya dönüştürülerek giriş akımı harmonikleri daha da düşürülür, dönüştürücü boyutları azaltılarak güç yoğunluğu artırılır.

Görsel 1’de gösterilen İnterleaved Totem Pole PFC dönüştürücülerde yüksek frekans bacağı çok fazlıdır. N faz sayısı olmak üzere her bir faz bacağındaki bulunan anahtarlar  $360/n$  derece faz kaymasına sahip kapı sinyalleriyle kontrol edilir. Görselde görüldüğü gibi S1 ve S3 anahtarları kapı sinyalleri arasında 180 derece faz farkı vardır [8]. Bu anahtar sinyallerine bağlı olarak  $I_{L1}$  ve  $I_{L2}$  endüktörlerinden birinin akımı artarken diğerinin azalır ve görselde açıklandığı gibi toplanırken birbirleri üzerindeki dalgalanmayı sönmürlenir. Bu şekilde daha az dalgalı bir sinüzoidal giriş akımı elde edilir [9, 10].



**Görsel 1. İki fazlı İnterleaved Totem Pole PFC Dönüştürücü**

Bu dönüştürücülerde giriş akımı n faza bölüldüğü için daha yüksek akımda yani güçte çalışılabilir. Faz akımları arasındaki faz kayması nedeniyle giriş akımı dalgalanması azalır, dönüştürücünün etkin frekansı iyileştirilir ve pasif filtre boyutları azaltılır [11]. Endüktörler üzerinde depolanan enerji azalır, bu da endüktör boyutunu azaltır. Bu şekilde güç yoğunluğu artırılabilir. Bu çalışmada bahsedilen avantajlarını kanıtlamak, çalışma şeklini açıklamak ve farklı yük durumlarında ve giriş gerilimlerinde dönüştürücü performansını incelemek amacıyla iki fazlı İnterleaved Totem Pole PFC Dönüştürücü'nün simülasyon çalışması yapılmıştır.

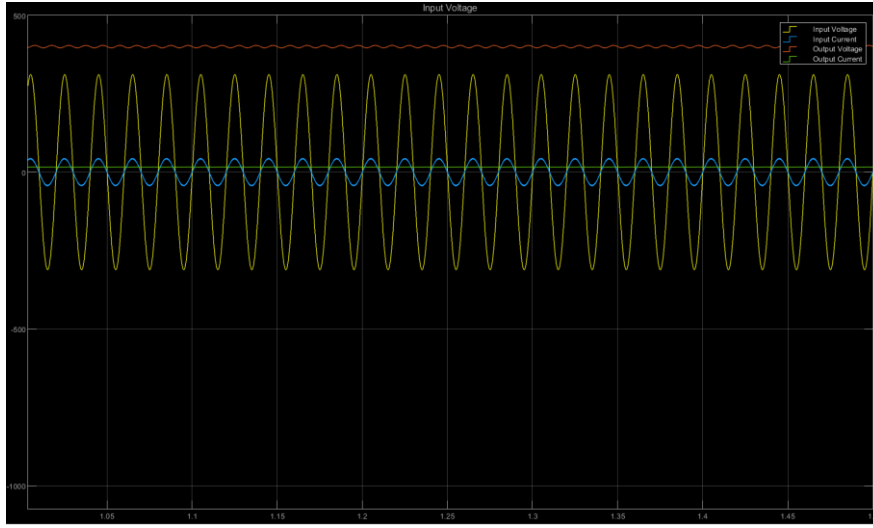
## 2. DALGA ŞEKİLLERİNİN SİMÜLASYON ORTAMINDA İNCELENMESİ

Dönüştürücü Matlab/Simulink ortamında Çizelge 1’de verilen parametreler kullanılarak çalıştırılmıştır. Endüktör değeri, dönüştürücünün *Sürekli İletim Modu (CCM)*’nda çalışmasını garanti edecek şekilde hesaplanmıştır [12]. *Ortalama Akım Kontrol Yöntemi* kullanılarak çift çevrime sahip bir kontrol uygulanmış ve giriş akımındaki bozulmalar minimuma indirilmiştir. Görsel 1’de gösterilen  $S_5$  anahtarının şebeke geriliminin sadece negatif alternansında,  $S_6$  anahtarının ise şebeke geriliminin sadece pozitif alternansında iletimde olması sağlanmıştır. Birinci ve ikinci yüksek frekans (67 kHz) faz bacakları arasında ise 180 derece faz kayması bulunur.

Çizelge 1. Dönüştürücü parametreleri

$P_o$	$V_{in(rms)}$	$V_o$	$L_{1-2}$	$C_o$	$f_{sw}$
6.6 kW	85-265 V	400 V	300 $\mu$ H	6500 $\mu$ F	67 kHz

Simulasyon çalışması sonucunda dönüştürücünün kararlı çalışma aralığında elde edilen dalga şekilleri Görsel 2.a’da, dalga şekilleri ölçüm sonuçları ise Görsel 2.b’de verilmiştir. Görüldüğü gibi giriş akımı, şebeke gerilimini takip etmektedir ve sinüzoidal formdadır. Çıkış gerilimi hedeflendiği gibi 400V, çıkış akımı ise 16.5 A olarak ölçülmüştür.



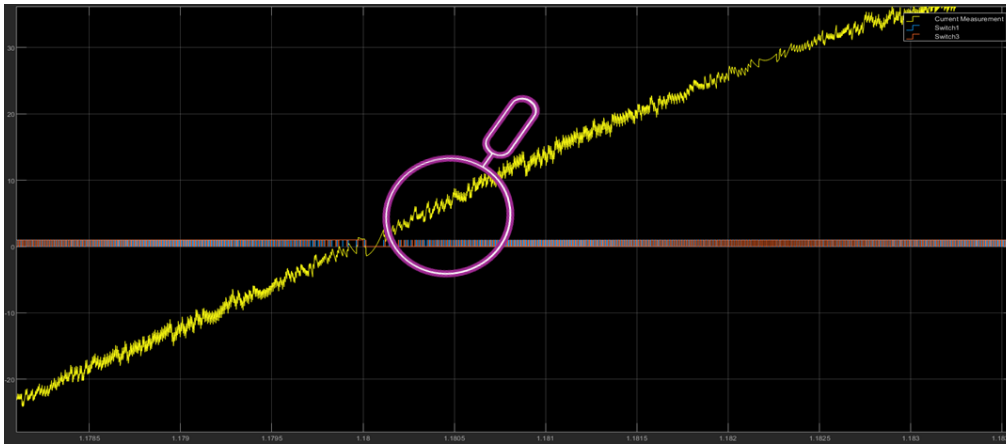
(a)

Input Voltage	Input Current	Output Voltage	Output Current
<b>Signal Statistics</b> Value      Time Max      3.111e+02      1.005 Min      -3.111e+02      1.015 Peak to Peak      6.223e+02 Mean      -1.074e+00 Median      -3.421e+00 RMS      2.203e+02	<b>Signal Statistics</b> Value      Time Max      4.484e+01      1.105 Min      -4.492e+01      1.255 Peak to Peak      8.976e+01 Mean      -1.523e-01 Median      -4.155e-01 RMS      3.019e+01	<b>Signal Statistics</b> Value      Time Max      4.040e+02      1.007 Min      3.959e+02      1.082 Peak to Peak      8.102e+00 Mean      4.000e+02 Median      4.001e+02 RMS      4.000e+02	<b>Signal Statistics</b> Value      Time Max      1.667e+01      1.007 Min      1.633e+01      1.082 Peak to Peak      3.343e-01 Mean      1.650e+01 Median      1.650e+01 RMS      1.650e+01

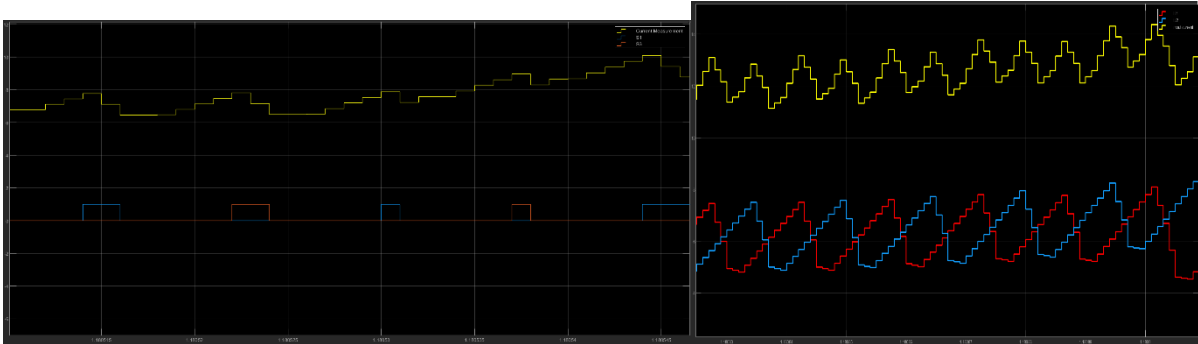
(b)

Görsel 2. a) Dönüştürücünün dalga şekilleri b) ölçüm sonuçları

Görsel 3.a'da giriş akımı ve S1-S3 anahtar sinyalleri görülmektedir. Giriş akımı sürekli iletim modundadır ve anahtar sinyallerine göre şar-deşarj olan endüktörlerin akım dalgalanmasını verir. Büyüteç ile işaretlenen kısım için Görsel 3.b'de yakınlaştırılmış görüntü verilmiştir. Görselden anlaşılacağı gibi S3 anahtar sinyalleri S1 anahtar sinyallerinin 180 derece faz kayması eklenmiş halidir. Görsel 3.c'de yine büyüteç ile işaretlenen kısım için giriş akımı,  $I_{L1}$  ve  $I_{L2}$  akımları verilmiştir.  $I_{L1}$  ve  $I_{L2}$  akımları birbirleri üzerindeki salınımları sönmüleyecek şekilde değişir ve toplamları giriş akımı değerini verir. Giriş akımı,  $I_{L1}$  ve  $I_{L2}$  akımlarına göre daha az salınımlıdır. Görsel 4'te giriş akımı harmonik içeriği ekran görüntüsü verilmiştir. Harmonik içerik değeri %2,46 olarak ölçülmüştür. Bu değer tek fazlı yapılarda ölçülen değerin yaklaşık yarısı kadardır ve standartları sağlar.



(a)

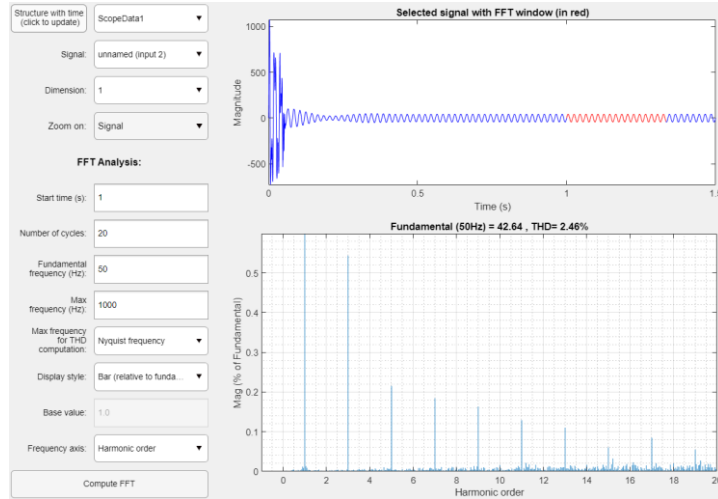


(b)

(c)

**Görsel 3. a) Giriş akımı ve  $S_1$ - $S_3$  anahtar sinyalleri b) giriş akımı ve  $S_1$ - $S_3$  anahtar sinyallerinin yakınlaştırılmış görüntüsü c) giriş akımı,  $I_{L1}$  ve  $I_{L2}$  akımları**

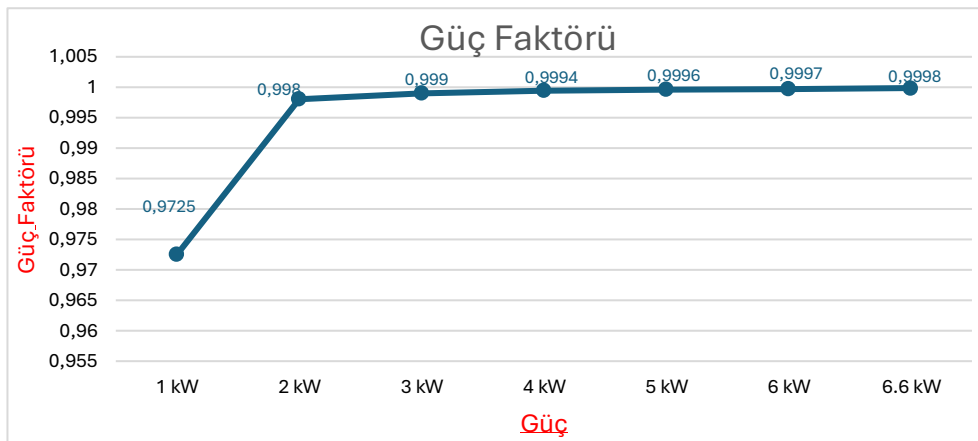




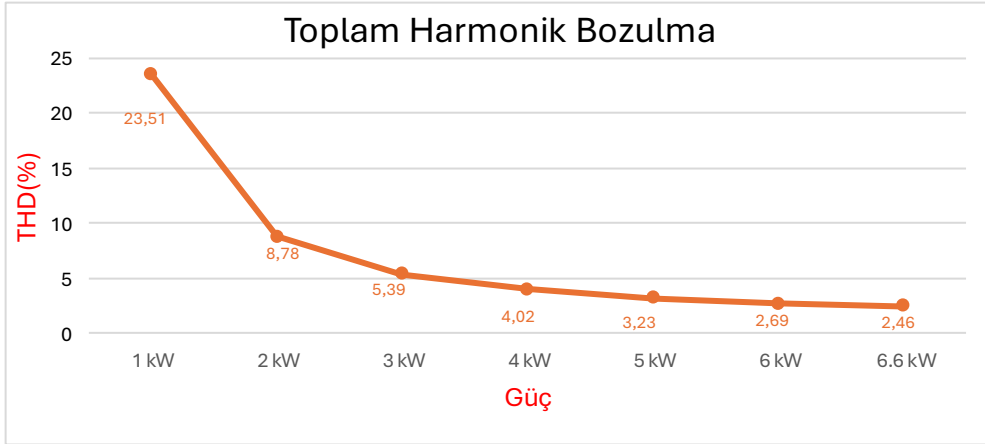
Görsel 4. Giriş akımı harmonik içeriği ekran görüntüsü

### 3. DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN FARKLI YÜKLENME DURUMLARI İÇİN İNCELENMESİ

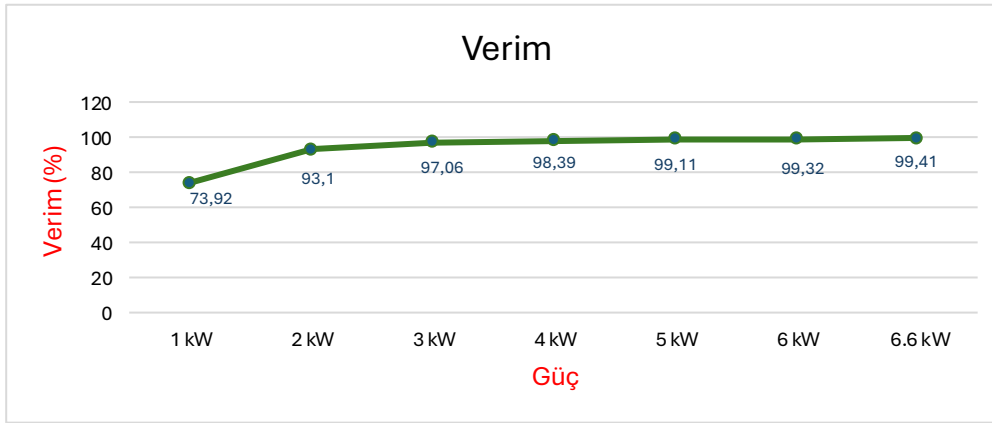
Interleaved Totem Pole PFC Dönüştürücü 6.6 kW maksimum güç değerine kadar farklı yüklerde çalıştırılarak güç faktörü, harmonik içerik ve verim bakımından incelenmiştir. Görsel 5’te dönüştürücünün güç faktörü değişimi ve değerleri, Görsel 6’da toplam harmonik bozulma değişimi ve değerleri, Görsel 7’de ise verim grafiği verilmiştir. Güç faktörü değişimi incelendiğinde, 2 kW güçten itibaren oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışılan güç değeri yükseldikçe güç faktörü değerinin arttığı görülmektedir ve tam yük durumunda maksimum güç faktörü değeri elde edilmiştir. Dönüştürücünün giriş akımı Toplam Harmonik Bozulma (THD) grafiği incelendiğinde teorik araştırmalar sonucunda beklenildiği gibi 4 kW güçten itibaren standartlara uygun değerler elde edilmiştir. Özellikle tam yük durumunda THD değeri oldukça düşüktür. Bu durum dönüştürücünün kayıplarını ve filtre boyutlarını azaltır, dönüştürücünün güç yoğunluğunu artırır. Dönüştürücünün farklı yüklenme durumları için verim değişimleri incelenmiştir. Görsel 7’de görüldüğü gibi dönüştürücü düşük yük durumlarında daha düşük, tam yük durumunda ise maksimum verim sunmuştur.



**Görsel 5. Dönüştürücünün güç faktörü değişimi**



**Görsel 6. Dönüştürücünün THD değişimi**



**Görsel 7. Dönüştürücünün verim değişimi**

Tasarlanacak dönüştürücünün evrensel uygulamalarda kullanılabilmesi gerekmektedir. Bu sebeple dünya üzerinde kullanılan tüm farklı şebeke gerilimlerinde dönüştürücünün doğru çalışması ve beklenen hedefleri sağlaması beklenir. Bu durumun kontrolü için Interleaved Totem Pole PFC Dönüştürücü 85V-240V aralıklarında farklı şebeke gerilimlerinde çalıştırılmış ve Çizelge 2’de verilen sonuçlar elde edilmiştir. Tüm giriş gerilimi durumlarında güç faktörü, harmonik bozulma ve verim sonuçları istenilen aralıklardadır ve dönüştürücü evrenseldir. Ayrıca gerilim seviyesi yükseldikçe verim artmış, harmonik içerik ve güç faktörü değeri azalmıştır.

Son olarak dönüştürücüde kullanılan anahtarların iletim direncinin etkisinin incelenmesi amacıyla ikisi de 650 V-100A değerlerinde olan, 30 m $\Omega$  iletim direncine sahip Si MOSFET IXFK100N65X2’ler ve 19 m $\Omega$  iletim direncine sahip SiC MOSFET NTHL025N065SC1’ler kullanılarak Interleaved Totem Pole PFC Dönüştürücü yeniden çalıştırılmıştır. Dönüştürücünün farklı anahtarlar kullanılarak çalıştırılmasıyla elde edilen verim değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. Yüksek frekans avantajından bağımsız sadece iletim direnci etkisiyle dahi verimdeki artış ve dönüştürücülerde SiC MOSFET’lerin kullanımıyla sağlanacak avantajlar görülmüştür.

**Çizelge 2. Interleaved Totem Pole PFC Dönüştürücünün farklı giriş gerilimleri için ölçüm sonuçları**

<b>V<sub>g</sub></b>	<b>I<sub>g</sub></b>	<b>V<sub>ç</sub></b>	<b>I<sub>ç</sub></b>	<b>PF</b>	<b>THD</b>	<b>Verim</b>
<b>85 V</b>	79,01	399,5	16,5	0,99999	1,19	98,2
<b>110 V</b>	60,67	399,8	16,5	0,99999	1,27	98,8
<b>120 V</b>	55,57	399,9	16,5	0,99999	1,37	98,9
<b>160V</b>	41,55	400	16,5	0,9999	1,67	99,2
<b>200V</b>	33,2	400	16,5	0,9998	2,2	99,4
<b>220V</b>	30,19	400	16,5	0,9998	2,46	99,41
<b>230 V</b>	28,85	399,8	16,5	0,9997	2,58	99,48
<b>240 V</b>	27,56	399,9	16,5	0,9997	2,69	99,8

**Çizelge 3. Farklı güç anahtarlarının kullanılmasıyla elde edilen verim değerleri**

<b>SiC MOSFET (NTHL025N065SC1) (19 mohm)</b>	<b>Si MOSFET (IXFK100N65X2) (30 mohm)</b>
<b>n=%99,41</b>	<b>n=%99,2</b>

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada köprüsüz Interleaved PFC Dönüştürücü MATLAB/Simulink ortamında çalıştırılmış ve çeşitli yönlerden incelenmiştir. Simulasyon çalışmasından elde edilen anahtarlama sinyalleri, dalga şekilleri ve akım-gerilim değerleri sunulmuştur. Dönüştürücü farklı yüklenme durumları için yeniden çalıştırılmıştır. Yük değeri arttıkça dönüştürücünün güç faktörü değerinin arttığı, akım harmonik içeriğinin azaldığı ve veriminin arttığı gözlenmiştir. En iyi sonuçların tam yük durumunda elde edildiği görülmüştür. Dönüştürücü farklı giriş gerilimlerinde test edildiğinde, her giriş durumu için hedeflenen çıkış gerilimi elde edilmiştir. Giriş gerilimi değeri yükseldikçe güç faktörü değeri azalmış, harmonik içerik yüzdesi ve verim artmıştır. Son olarak farklı anahtarlar kullanılarak anahtar iletim direncinde yaklaşık 10 mohm'luk bir azalmanın verimi %0,2 oranında artırdığı görülmüştür.

#### KAYNAKÇA

[1] Musavi, F., Eberle, W., Dunford, W.G., *A high-performance single-phase AC-DC power factor corrected boost converter for plug in hybrid electric vehicle battery chargers*, In Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Atlanta, GA, USA, 12–16 September 2010.

[2] Şahin, E., Büyükkatırcı, O. ve Akın, B., *AC-DC Dönüştürücü Tabanlı Güç Faktörü*

*Düzeltilme Devresi Tasarımı ve Uygulaması*, ELECO Electrical – Electronics –Computer and Biomedical Engineering Symposium, 243-249, 2014.

- [3] Monteiro, V., Pinto, J. G., Fernandes, J. C. A., Afonso, J. L., *Experimental comparison of single-phase active rectifiers for EV battery chargers*, VEHITS 2017 - Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (Vehits): 419–25, 2017.
- [4] Obdan, A. H. ve Çınar, A. O., *Güç Kaynakları İçin Yüksek Verimli Güç Faktörü Düzeltme Devresi Tasarımı*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 5(4), 187–99, 2017.
- [5] Kong, P., Wang, S., ve Lee, F. C., *Common Mode EMI Noise Suppression in Bridgeless Boost PFC Converter*, In APEC 07-Twenty-Second Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 929-935, 2007.
- [6] Gopinath, M., ve Ramareddy, S., *A Brief Analysis on Bridgeless Boost PFC Converter.*, 242-246, 2011.
- [7] Musavi, F., Edington, M., Eberle, W., ve Dunford, W. G., *Evaluation and Efficiency Comparison of Front end AC-DC Plug-in Hybrid Charger Topologies*, IEEE Transactions on Smart grid, 3(1), 413-421, 2011.
- [8] Tinç, N.S., Aksoy İ., Şahin Y., *Elektrikli Araçların Batarya Şarjında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Klasik ve Interleaved Yükseltici Türü Dönüştürücülerin Karşılaştırılması*,1-6, 2015.
- [9] Musavi, F., Wilson E., William G. D., *A high-performance single-phase bridgeless interleaved PFC converter for plug-in hybrid electric vehicle battery chargers*, IEEE Transactions on Industry Applications 47(4): 1833–43, 2011.
- [10] Huber, L., Irving, B., Jovanovic, M. M., *Open-Loop Control Methods for Interleaved DCM/CCM Boundary Boost PFC Converters*, Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS '03. 3(4): 1649–57, 2003.
- [11] Vetrivelan, A., Chen, Z., Huang, Q., Persson, E., & Huang, A. Q. *Design and implementation of A 5kW 99.2% efficient high-density gan-based totem pole interleaved bridgeless bidirectional PFC*, In 2021 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC) (pp. 1843-1847), IEEE, 2021.
- [12] Tang, Y., Ding, W., Khaligh, A., *A bridgeless totem-pole interleaved PFC converter for plug-in electric vehicles*, In 2016 IEEE applied power electronics conference and exposition (APEC) (pp. 440-445), 2016.

## GLOBAL HYDROPOWER, GAS AND NUCLEAR ENERGY SUBSTITUTION FORECASTING USING LONG SHORT TERM MEMORY

**Şahin YILDIRIM**

Erciyes University,

sahiny@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-7149-3274

**Mehmet Safa BİNGÖL**

Nigde Omer Halisdemir University,

msbingol@ohu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-4188-2025

### ABSTRACT

The need for energy worldwide is increasing day by day. Parameters such as industrialization, urbanization, economic changes, environmental policies and population growth change the need for energy and the sources from which energy is obtained. The fact that fossil fuels are exhaustible resources and the increasing interest in renewable energy directly affect the way energy is produced. In this study, forecasting is performed on the Global Energy Substitution dataset using Long Short Term Memory (LSTM). Global Energy Substitution contains solar, wind, oil, coal, biofuels, traditional biomass, hydropower, nuclear, gas, and other renewables energy substitution data between 1800 and 2023. The dataset contains data in 10-year periods between 1800 and 1960. However, between 1965 and 2023, data are regularly provided every year. Within the scope of the study, global hydropower, gas and nuclear energy data between 1965 and 2023 are used. LSTM and Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM) are used for forecasting. The results are compared using the same training parameters for both LSTM and BiLSTM. The results are evaluated with the Root Mean Squared Error (RMSE) performance metric.

**Anahtar Kelimeler:** BiLSTM, Energy Substitution, LSTM.

### 1. INTRODUCTION

Today, energy is becoming increasingly important. The concept of energy meets the needs of individuals and societies in many areas such as production, communication, entertainment and transportation. In modern societies, there is a direct relationship between energy and housing, heating, health and education [1]. The increase in production capacities and number of

enterprises, population growth increase the demand for energy [2-3]. Many different methods are used for electricity generation. Wind energy, solar energy from renewable energy types; gas, coal from fossil fuels; or nuclear energy are used in electricity generation.

A hydroelectric power plant is a facility where the potential energy of water is converted into mechanical energy by a turbine, which is an element with a shaft and blades, and then into electrical energy by a generator [4]. In gas-fired power generation, turbines are rotated by burning gas in combustion chambers [5]. In nuclear power plants, turbines are rotated by means of steam obtained from water heated by nuclear energy to generate electrical energy [6].

Different machine learning based methods are used to forecast time series [7-8]. One of these machine learning methods is Long Short Term Memory (LSTM) [9]. Energy trends change over time. Different machine learning models can be used to predict and forecast changing energy trends.

Tsai et al. tried to estimate the renewable energy trend in China [10]. Due to the lack of regularity and availability of previous data, the dataset used has 22 data. They used 3 different gray forecasting models. The results showed that these methods can be used for energy trends of different countries. Castilho Braz et al. aim to improve forecasting accuracy in the Brazilian energy market with the proposed method [11]. For this purpose, they used ensemble techniques.

Narayanan et al. proposed a new hybrid model for forecasting energy trends [12]. The proposed model is recurrent neural networks using LSTM. The results obtained show that renewable energy has a promising progress. Campos et al. conducted a study to forecast photovoltaic energy production [13]. In the study, the LSTM model was used to forecast for a period of 60 minutes. The results were evaluated according to different performance metrics. Especially positive results were obtained for spring and summer seasons. Liu et al. tried to realize an energy management model by forecasting solar radiation and wind speed [14]. In the study, a method consisting of LSTM and particle swarm optimization algorithm was proposed. The accuracy rate of the proposed method was 93.54%.

In this study, global energy substitution forecasting is performed by using a dataset with values of different energy types worldwide between 1800 and 2023. Since the dataset used is recorded in 10-year periods between 1800 and 1960 and some of the data are 0, the data between 1965 and 2023 are used. Forecasting is performed on hydropower, gas and nuclear energy types in the dataset. LSTM and BiLSTM are used for the forecasting process.

## 2. MATERIAL AND METHODS

LSTM was developed by Hochreiter and Schmidhuber [15]. LSTMs are used for modeling time series or sequential data with similar structure. It can also be characterized as a special type of recurrent neural networks. The calculations related to LSTM are given in Equations 1-6 [16].

$$f_t = \sigma(W_{f,x} * X_t + W_{f,h} * h_{t-1} + b_f) \quad (1)$$

$$i_t = \sigma(W_{i,x} * X_t + W_{i,h} * h_{t-1} + b_i) \quad (2)$$

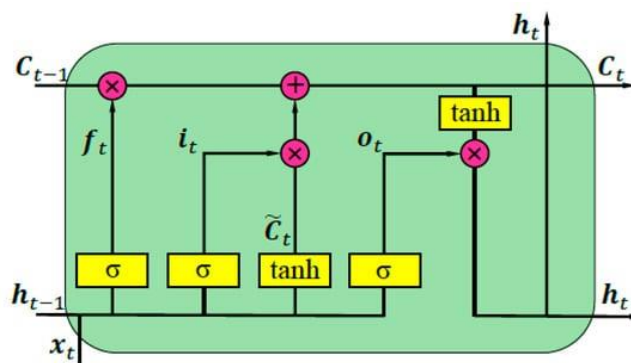
$$\tilde{C}_t = \tanh(W_{c,x} * X_t + W_{c,h} * h_{t-1} + b_c) \quad (3)$$

$$C_t = C_{t-1} * f_t + i_t * \tilde{C}_t \quad (4)$$

$$o_t = \sigma(W_{o,x} * X_t + W_{o,h} * h_{t-1} + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (6)$$

In the given equations,  $f_t$  is forget gate,  $x_t$  is input,  $h_t$  is output and  $c_t$  is memory unit.  $b_f$ ,  $b_i$ ,  $b_o$  are bias and  $W_f$ ,  $W_i$ ,  $W_c$  are weight parameters. The  $\sigma$  is sigmoid function and the symbol  $*$  denotes the product operation. The LSTM architecture is given in Figure 1 [17].



**Figure 1.** The LSTM architecture

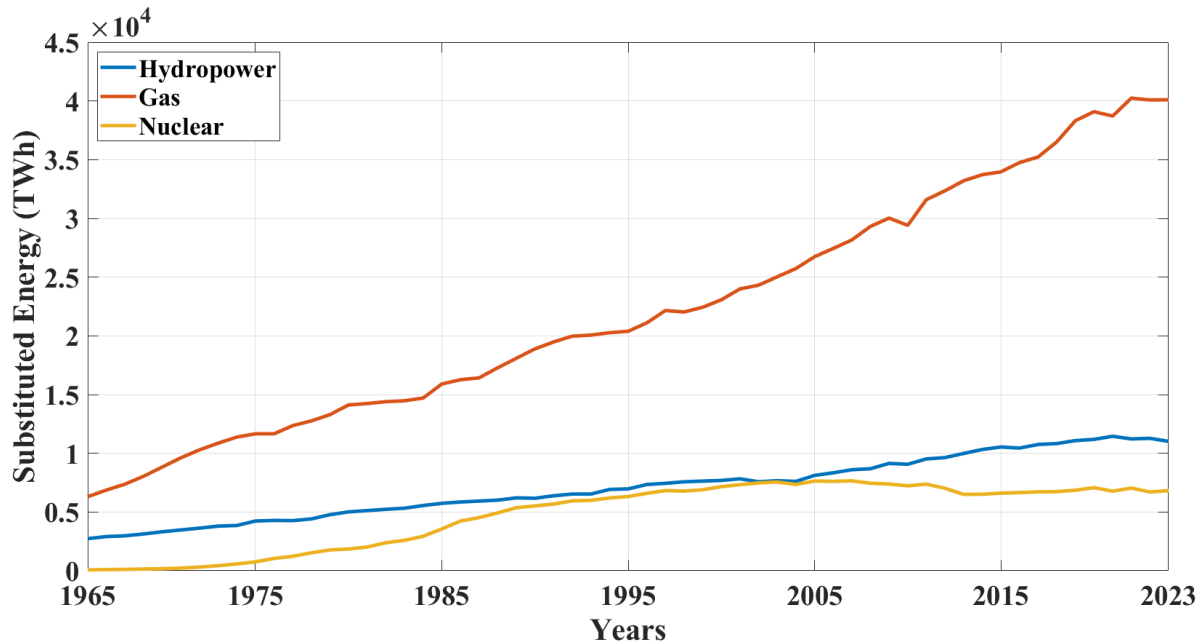
BiLSTM was developed by Schuster and Paliwal [18]. BiLSTM process input data simultaneously in both forward and backward directions.

The square root of the Mean Squared Error (MSE) value is the Root Mean Squared Error (RMSE). Since RMSE is a reliable indicator of forecasting accuracy, it is frequently employed as a common metric to assess model performance. High model performance is indicated by a low RMSE value [19]. The RMSE formula is given in Equation 7.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2} \quad (7)$$

### 3. SIMULATION RESULTS

This study utilizes a part of the Global Energy Substitution dataset [20]. Global Energy Substitution contains solar, wind, oil, coal, biofuels, traditional biomass, hydropower, nuclear, gas, and other renewables energy substitution data between 1800 and 2023. There are 59 data for each of hydropower, gas and nuclear energy. 85% (50 sample) of this data is reserved for training and 15% (9 sample) for testing. The data for hydropower, gas and nuclear energy are given in Figure 2.



**Figure 2.** Hydropower, gas and nuclear energy between 1965-2023

As seen in Figure 2, gas has the largest share in energy production, while nuclear power has the lowest share. Nuclear energy came close to hydropower between 2000 and 2005, but afterwards, the share of hydropower became higher again.

Both LSTM and BiLSTM are used for all 3 energy production methods. The parameters of the methods used are given in Table 1. The results obtained are given in Table 2.

**Table 1.** The parameters of LSTM and BiLSTM

Parameter	Value
Hidden Units	100
Maximum Epochs	300
Initial Learning Rate	0.005

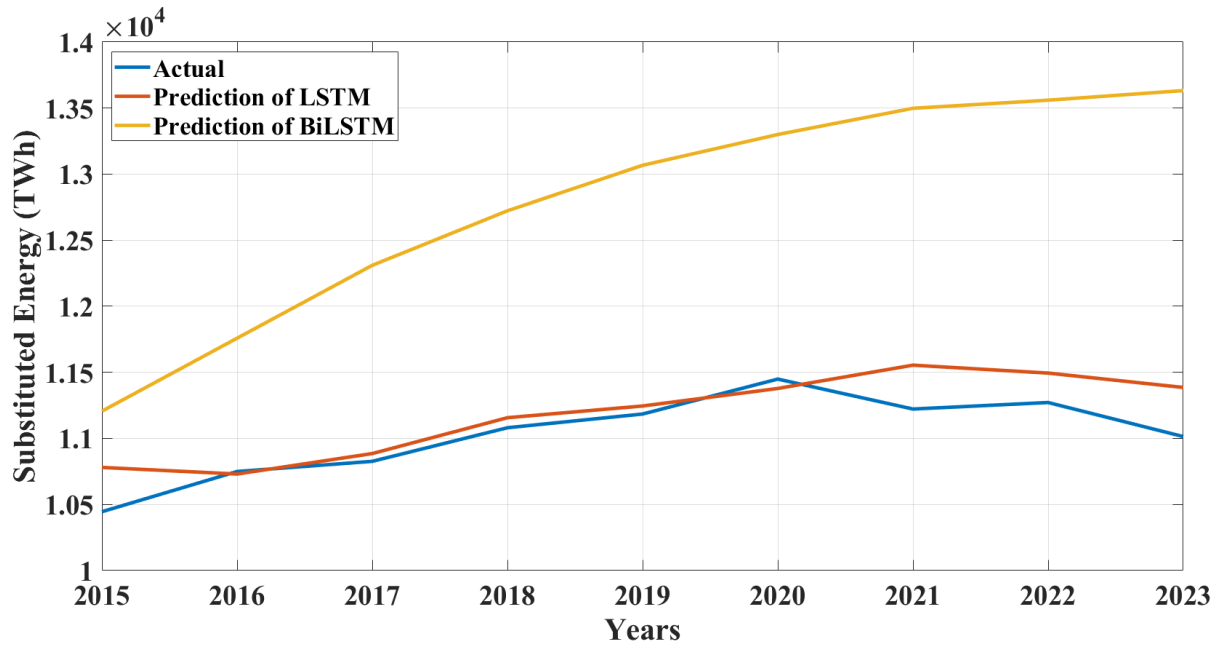
**Table 2.** Simulation results of LSTM and BiLSTM

Energy Type	Layer	RMSE	Time (sec.)
Hydropower	LSTM	151.8835	11
	BiLSTM	1756.8661	13
Gas	LSTM	1876.5907	9
	BiLSTM	261.5234	13
Nuclear	LSTM	260.6565	9
	BiLSTM	249.5348	12

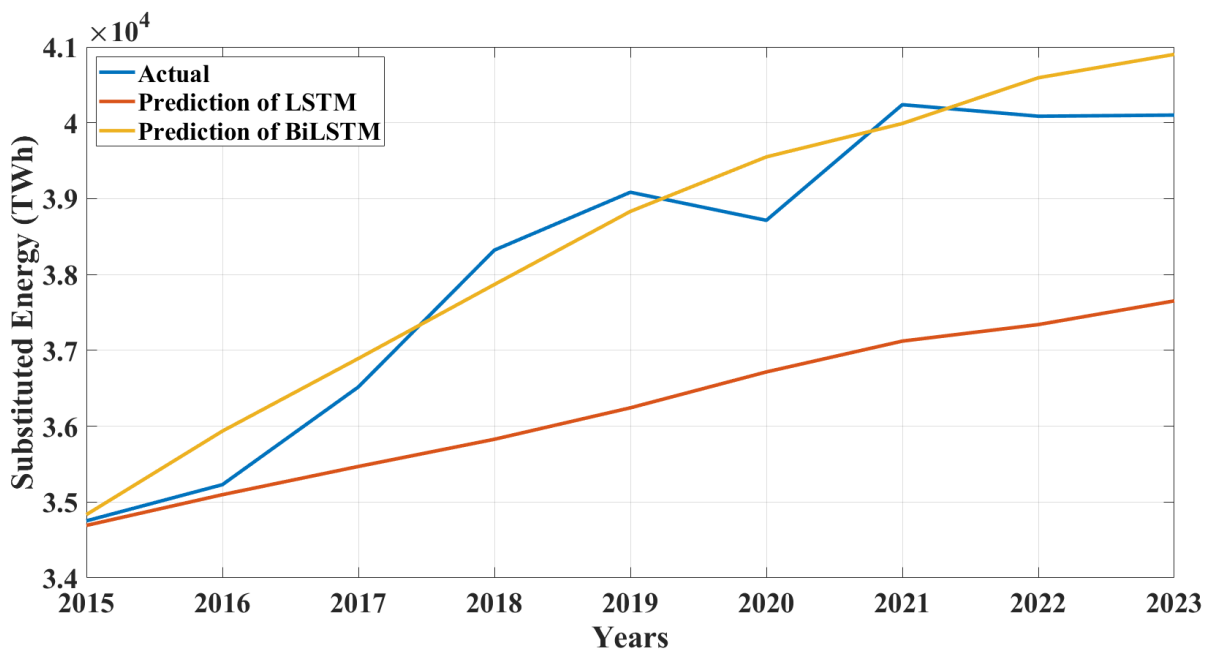
When Table 2 is analyzed, it is seen that the training time of BiLSTM is higher than LSTM for all energy types. BiLSTM for gas and nuclear energy and LSTM for hydropower gave lower



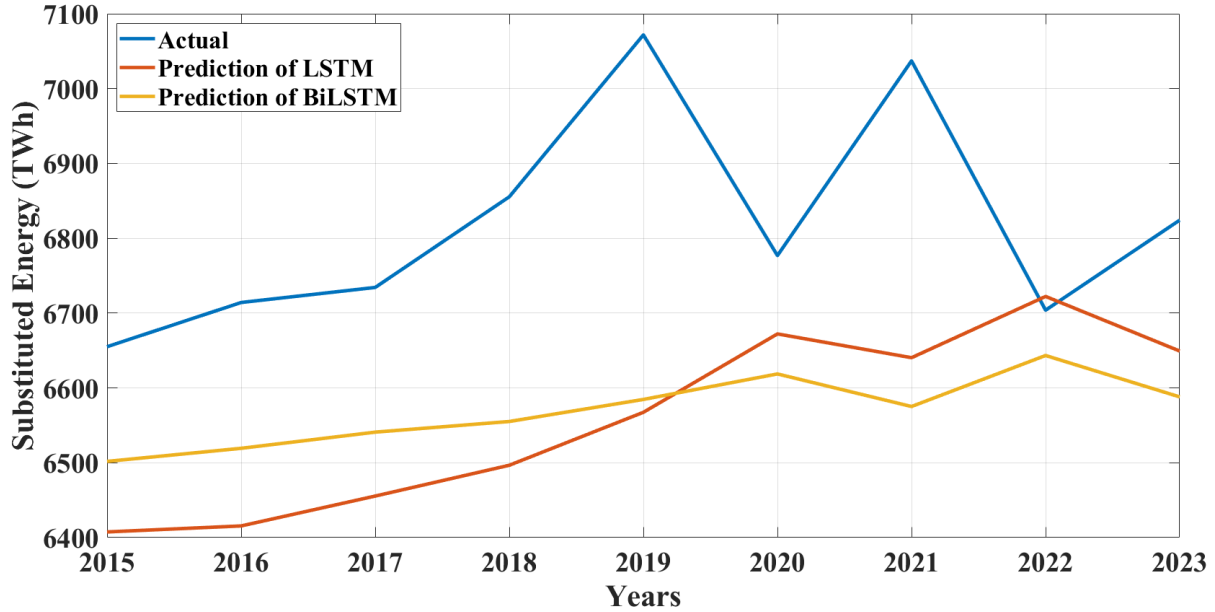
RMSE values. The results obtained from LSTM and BiLSTM are given in Figure 3 for hydropower, Figure 4 for gas and Figure 5 for nuclear energy.



**Figure 3.** Results of LSTM and BiLSTM for hydropower



**Figure 4.** Results of LSTM and BiLSTM for gas



**Figure 5.** Results of LSTM and BiLSTM for nuclear energy

Figure 3 shows that the LSTM forecasts produces results close to the actual values, but BiLSTM forecasts higher than the actual values. As can be seen from Figure 4, BiLSTM forecasts the true value as gridded, while LSTM forecastings are below the true value. In Figure 5, both LSTM and BiLSTM produced close forecasting values.

#### 4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this study, attempt to forecast global energy production trends using machine learning based estimators. For this purpose, a part of the Global Energy Substitution dataset is used. In particular, forecasting is performed on hydropower, gas and nuclear energy. The data used consists of recent data covering the period between 1965 and 2023. LSTM and BiLSTM models are used for forecasting. When the training times are analyzed, it is seen that BiLSTM has longer training times than LSTM. It is thought that this may be due to the more comprehensive and bidirectional model of the BiLSTM model. When the results are analyzed, BiLSTM made forecasting with better RMSE values for gas and nuclear energy, except for hydropower. It is thought that improvements in the results can be achieved by increasing the data set.

#### REFERENCES

- [1]. Şavkar, E. (2024). Yenilenebilir Enerji Zemininde Hidroelektrik Enerji ve Türkiye Potansiyeli. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 51-58.
- [2]. Akbaba, A. N. B. (2024) Yenilenebilir Enerji Ve Muhasebeleştirilmesi: Güneş Enerjisi Santrallerine Yönelik Uygulama. *Turkish Business Journal*, 9(5), 33-46.
- [3]. Ustaoglu, E. (2022). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Finansal Gelişme İlişkisi: Seçilmiş OECD Ülkeleri Örneği. *Third Sector Social Economic Review*, 57(1), 280-293.
- [4]. Üçüncü, M. M. (2016). Enerji kaynaklarımız ışığında hidroelektrik santrallerin Türkiye ekonomisindeki yeri ve Trabzon örneği (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Avrasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon).

- [5]. Büyükkabakcı, E., & Yönetken, A. (2024). The Effect of Gas Turbine Inlet Air Temperature On Electricity Production Efficiency in Trigenation Power Plants. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4), 1579-1599.
- [6]. Huang, X. Y., Liu, Y. K., Xia, H., & Shan, L. F. (2024). Research on fault simulation and fault diagnosis of electric gate valves in nuclear power plants. *Annals of Nuclear Energy*, 208, 110788.
- [7]. Bontempi, G., Ben Taieb, S., & Le Borgne, Y. A. (2013). Machine learning strategies for time series forecasting. *Business Intelligence: Second European Summer School, eBISS 2012*, Brussels, Belgium, July 15-21, 2012, Tutorial Lectures 2, 62-77.
- [8]. Jiang, Q. Y. (2015, July). Time series prediction based on machine learning. In 2015 International conference on electrical, automation and mechanical engineering (pp. 128-129). Atlantis Press.
- [9]. Hu, Z., Gao, Y., Ji, S., Mae, M., & Imaizumi, T. (2024). Improved multistep ahead photovoltaic power prediction model based on LSTM and self-attention with weather forecast data. *Applied Energy*, 359, 122709.
- [10]. Tsai, S. B., Xue, Y., Zhang, J., Chen, Q., Liu, Y., Zhou, J., & Dong, W. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1169-1178.
- [11]. de Castilho Braz, D. D., dos Santos, M. R., de Paula, M. B. S., da Silva Filho, D., Guarnier, E., Alípio, L. P., ... & Carvalho, A. C. (2024). Multi-source data ensemble for energy price trend forecasting. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 133, 108125.
- [12]. Narayanan, S., Kumar, R., Ramadass, S., & Ramasamy, J. (2024). Hybrid Forecasting Model Integrating RNN-LSTM for Renewable Energy Production. *Electric Power Components and Systems*, 1-19.
- [13]. Campos, F. D., Sousa, T. C., & Barbosa, R. S. (2024). Short-Term Forecast of Photovoltaic Solar Energy Production Using LSTM. *Energies*, 17(11), 2582.
- [14]. Liu, P., Quan, F., Gao, Y., Alotaibi, B., Alsenani, T. R., & Abuhussain, M. (2024). Green energy forecasting using multiheaded convolutional LSTM model for sustainable life. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 63, 103609.
- [15]. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- [16]. Kara, A. (2019). Global solar irradiance time series prediction using long short-term memory network. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 4(7), 882-892.
- [17]. Xiao, Y., & Yin, Y. (2019). Hybrid LSTM neural network for short-term traffic flow prediction. *Information*, 10(3), 105.
- [18]. Schuster, M., & Paliwal, K. K. (1997). Bidirectional recurrent neural networks. *IEEE transactions on Signal Processing*, 45(11), 2673-2681.
- [19]. Yurtsever, M. (2021). Gold price forecasting using LSTM, Bi-LSTM and GRU. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 341-347.
- [20]. <https://www.kaggle.com/datasets/shreyasur965/global-energy-consumption> (Date:16.10.2024)

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USING DIFFERENT WASTE MATERIALS AS FIBERS IN SLAG-BASED GEOPOLYMER CONCRETE ON MECHANICAL PROPERTIES.

**Dr. BARIŞ BAYRAK**

Kafkas University,

bbayrak@kafkas.edu.tr - 0000-0002-7438-1227

### ABSTRACT

Geopolymer concrete (GPC) produced using aluminosilicate based materials such as fly ash and blast furnace slag and alkali activators have recently become the focus of researchers because it is a more environmentally friendly and sustainable concrete type compared to traditional Portland cement. GPC also makes significant contributions to sustainable construction practices due to its lower carbon footprint and recycling of waste materials compared to traditional Portland cement. The aim of this study is to experimentally investigate the effect of using waste materials as fiber reinforcement in environmentally friendly and sustainable GPC on the compressive and flexural strength. For this purpose, four different waste materials, namely yarn, hemp, iron filings and waste plastic, were used as fiber additives in slag and silica fume based GPC. Although using yarn and waste plastic as waste materials decreased the compressive strength by 12% and 27%, respectively, compared to the reference sample, using hemp and iron filings increased the compressive strength by 4% and 15%, respectively, compared to the reference sample (without fiber). However, significant increases were observed in the flexural strength compared to the reference sample. Compared to the reference sample, the flexural strength of the hemp fiber sample increased by 2.3 times.

**Keywords:** Geopolymer concrete, Hemp fiber, Yarn waste, Waste plastic, Waste materials

### 1. INTRODUCTION

As alternative materials come to the fore, and we become more sustainability-conscious, our construction industry is changing. Among these advancements, geopolymer concrete (GPC) stands out as a more sustainable alternative to traditional materials that may benefit from superior or equal mechanical properties but with reduced overall environmental footprints. Geopolymer concrete is a binder system that based on the chemical activation of aluminosilicate-rich material, including fly ash, metakaolin and ground granulated blast-

furnace slag(GGBFS) to produce an inorganic polymer as an alternative to Portland cement. Rather than using traditional Portland cement, GPC instead replaces limestone calcination which is responsible for a significant fraction of CO<sub>2</sub> emissions. Geopolymers were discovered by French scientist Joseph Davidovits in the 1970s. Davidovits suggested a few aluminosilicate materials, when activated with alkaline solutions could develop into solid binding agents. A process that can be explained as geopolymerization, whereby the alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and silica (SiO<sub>2</sub>) from the precursor material are dissolved in a highly alkaline environment followed by formation of three-dimensional polymeric chain structure. The fabricated material demonstrates high mechanical properties, low shrinkage and good durability, which are a promising alternative for many engineering applications [1-5].

Geopolymer concrete is widely being used, largely due to its eco-friendly nature. The cement industry is also one of the major global emitters, responsible for around 8% of total CO<sub>2</sub> emissions because its production process is highly energy intensive and limestone decomposition due to calcination causes a large amount of carbon dioxide. Geopolymer concrete instead to Portland cement use industrial by-products like fly ash (from coal power plants) and slag (by-product of iron & steel production). By recycling these wastes, GPC also saved landfills from waste and thus saving some natural resources. Geopolymer concrete has the possibility to significantly reduce carbon footprints [6-8]. It has been demonstrated by several studies that GPC can reduce CO<sub>2</sub> emissions up to 80% compared with conventional concrete, based on material sources and mix design. This feature makes geopolymer a particularly interesting material in the framework of green building certification systems and sustainability programs for lowering carbon content materials from construction [9-12].

Literally, geopolymer concrete is chemically and structurally different from Portland cement to the active hardening process. The primary hardening reaction in GPC is the alkali-activation of aluminosilicate precursors, typically by using a mixture of sodium or potassium hydroxide (NaOH or KOH) and either sodium silicate ((Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>) solutions. Alkaline solutions pull apart the amorphous alumina and silica in raw materials, then the two reorganize into a robust 3D network consisting of advanced stages cross-linked polymer hence to be hard tertiary elements. Aluminosilicate precursors break down under the high pH releasing silicate and aluminate ions into solution. The ions that were originally in a dissolved phase start to disassociate or flow back into more cyanide structures (meaning how you packaged them together goes away), the Si-O-Al bonds will be formed thus transforming this material onto gel form. The gel continues to polymerize and hardens becoming a rigid, three-dimensional network binding together precipitating C in the GPC. Geopolymer concrete attributes depend on the several factors such as type of precursor material, alkaline activator concentration, curing temperature and moisture conditions that control things like setting time workability final strength. In general, Geopolymer concretes are matured at elevated temperatures (60–90 °C), in order to accelerate the geopolymerization process; However ambient curing systems for this material also have been developed [13-16].

The main advantage of geopolymer concrete over conventional is its superior mechanical and durability properties. Compressive Strength: Compressive strength of GPC is generally high

(>) 40MPa which depends on mix design, curing conditions. Fibers (like basalt fibers, graphite, etc.) produce higher strength and ductility by reinforcing the matrix & improving its crack resistance. Geopolymer concrete has excellent resistance to the different types of chemical attack such as acid, sulfate, and chloride attacks due to its strength. It is, therefore, a suitable material for aggressive environments in infrastructure applications such as sewage pipelines and marine structures & is also widely used inside industrial facilities where exposure to corrosive chemicals -acid or base- may occur. Moreover, GPC has good heat-resistant performance and maintains about 600~800 °C temperature without great loss of strength. This has made it usable in fire-proofing and other high temperature environments. Geopolymer concrete also has high resistance to freezing-thawing cycles and low permeability, which makes this material ideal for construction in regions of harsh weather. Mechanical strength, chemical resistance and thermal stability of geopolymer concrete make it a versatile material for many applications in construction industry [17-18]. These include: But although it offers promise, geopolymer concrete use is not widespread. Inconsistency of the performance, varying availability and properties of precursor materials (fly ash, slag) However, production can be difficult to control in alkali-activation and curing processes on a large scale. Work is still underway to develop a standardized mix design, improve workability, and reduce the reliance on elevated curing temperatures. To realize the full potential of geopolymer concrete, ongoing research is focused on several areas: i. Optimization of mix designs: Researchers are exploring different combinations of precursor materials and activators to improve the mechanical and durability properties of GPC while maintaining workability and reducing cost. ii. Ambient curing: Developing geopolymer systems that cure at ambient temperatures will simplify the manufacturing process and reduce energy consumption. iii. Recycling of additional waste materials: The incorporation of other waste products, such as waste marble powder, recycled glass, or plastic fibers, into geopolymer concrete is being studied to further enhance its sustainability and performance. iv. Long-term performance: Extensive testing on the long-term durability, shrinkage, and creep of geopolymer concrete is necessary to ensure its reliability in real-world applications [19-23].

The aim of this study is to experimentally investigate the effect of using waste materials as fiber reinforcement in environmentally friendly and sustainable GPC on the compressive and flexural strength. For this purpose, four different waste materials, namely yarn, hemp, iron filings and waste plastic, were used as fiber additives in slag and silica fume based GPC. A cube prism with dimensions of 50x50x50 mm was used to determine the compressive strength in which prism samples with dimensions of 40x40x160 mm were used to determine the flexural strength.

## 2. MATERIAL AND METHOD

In the experimental study, granulated blast furnace slag based (GBFS) geopolymer concrete was produced. The mixing ratios are presented in Table 1. In addition to GBFS, silica fume was also used as a binding material. Sand and quartz powder were used as aggregates in the geopolymer concrete mixture. Sodium silicate ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) and sodium hydroxide (NaOH) chemical materials were used as alkali activators.

**Table 1. Proportion of geopolymer concrete ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )**

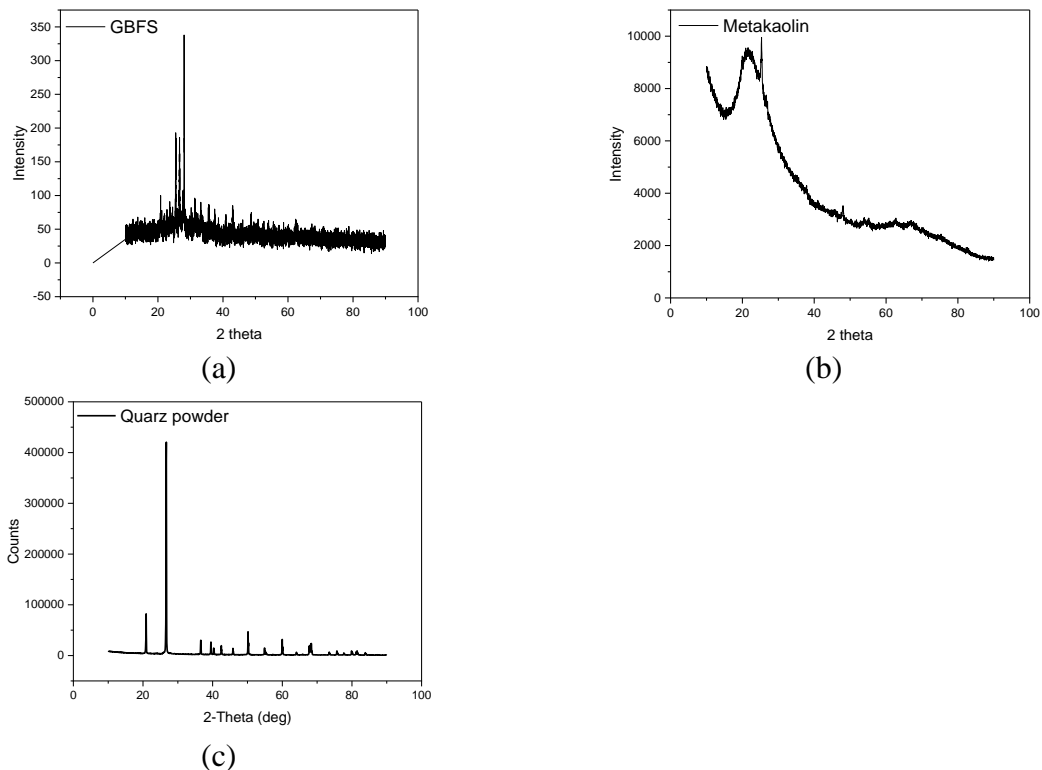
GBFS	Silica fume	Quartz powder	Fine aggregate	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	NaOH
800	150	300	200	475	190

The chemical properties of GBFS, silica fume and quartz materials used in the geopolymer concrete mixture are presented in Table 2. The specific gravity and specific surface area of GGBS are 2,89 gr/cm<sup>3</sup> and 5520, respectively. The specific gravity of silica fume is 2,24 gr/cm<sup>3</sup>. The SiO<sub>2</sub> content of SF is greater than 90% and has the highest specific surface area amongst other binders. The specific gravity of quartz powder and fine aggregate are 2,71 gr/cm<sup>3</sup> and 2,65 gr/cm<sup>3</sup>, respectively.

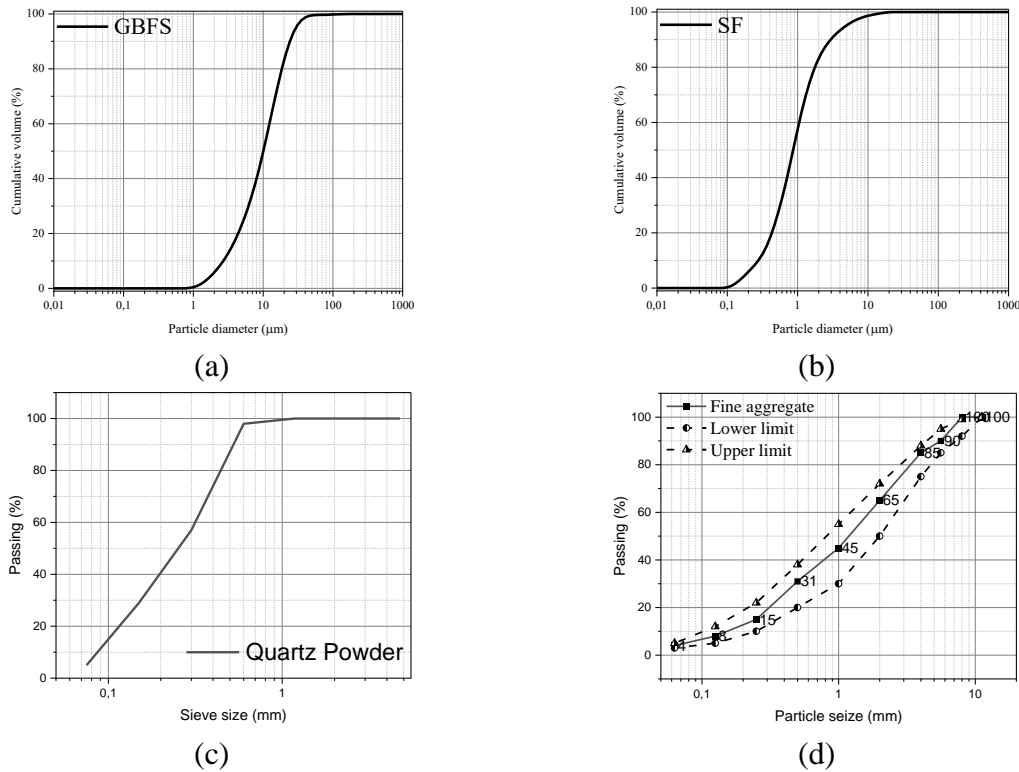
**Table 2. Chemical composition of GGBS, silica fume (SF) and quartz powder (QP)**

%	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	LOI
GGBS	35,5	34,2	18,3	0,6	9,7	0,1	0,3	0,4	0,3
SF	0,3	95,6	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	2,1
QP	53,2	0,4	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	-

The XRD patterns of GBFS, silica fume and quartz powder are shown in Figure 1. Moreover, the particle size analysis of GBFS, silica fume, quartz powder and fine aggregate are shown in Figure 2.



**Figure 1. XRD patterns of (a) GBFS (b) silica fume (c) quartz powder**



**Figure 2. Particle size analysis of (a) GBFS (b) silica fume (c) quartz powder (d) fine aggregate**

The specific gravity of sodium silicate ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) and sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) are  $1,38 \text{ gr/cm}^3$  and  $1,38 \text{ gr/cm}^3$ , respectively. Technical properties of  $\text{NaOH}$  and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  are given in Tables 3 and 4.  $\text{NaOH}$  was prepared as 12M, 24 hours before casting.

**Table 3. Technical properties of NaOH**

NaOH	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Cl	$\text{SO}_4$	Fe	Al
99	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

**Table 4. Technical properties of  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$**

$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SiO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	Fe	Heavy metals
8,8	28,2	63,0	<0,01	<0,01

Four different types of waste fibers were used in the study: yarn, polypropylene-based plastic, hemp and iron powder. Waste yarn was provided as a waste material from the textile industry. Waste hemp was provided as a waste material remaining after the processing of hemp material from the agricultural industry. Waste iron powder is also a waste material provided in powder form from lathe workshops. Finally, waste plastic was provided from a plastic recycling workshop as a polypropylene-based material. Yarn and hemp waste materials were cut to an average of  $10 \pm 1 \text{ mm}$ . Waste plastic was an average of  $3 \pm 0,5 \text{ mm}$  in diameter. Waste iron powder was an average of  $1 \pm 0,2 \text{ mm}$  in diameter. All waste fiber products were used in the geopolymer mixture at a rate of 1% by volume.

Concrete casting process was carried out with a 5 dm<sup>3</sup> capacity mixer. Cube samples with dimensions of 50x50x50 mm were used for determination of compressive strength, while prism



samples with dimensions of 40x40x160 mm were used for determination of bending strength (Figure 3). A total of 15 cube and 15 prism samples were produced, three from each sample. Four different fibrous samples were produced, including yarn, hemp, iron powder and plastic. One sample was also produced without fiber for reference. All samples were subjected to 4 hours of heat cure at 60 C after 2 hours of production. After heat cure, the samples were removed from the mold. Then, the samples were kept in the laboratory environment for 7 days until the experiment day. Compressive strength and flexural strength tests were applied in accordance with TS EN 12390-3 [24] and TS EN 12390-4 [25] standards, respectively (Figure 4).



**Figure 3. Concrete casting phase**



**Figure 4. Experimental setup**

### 3. EXPERIMENTAL RESULTS

The 7-day compressive strength results are presented in Table 5. Studies are conducted to find the effect of waste materials as fiber reinforcements on the compressive and flexural strength properties of environmentally friendly geopolymer concrete (GPC) mixtures. The slag and silica fume based GPC were tested for 7-day compressive strength with waste yarn, plastic, hemp and iron powder are added to the mix. The average compressive strength of the control sample with no waste material reinforcement was 31,30 MPa It is a control parameter used to measure the efficiency of mixing waste materials. The uniformity and stability of the compressive strength results (31,12 to 31,54 MPa) indicate a consistent mix design for reference

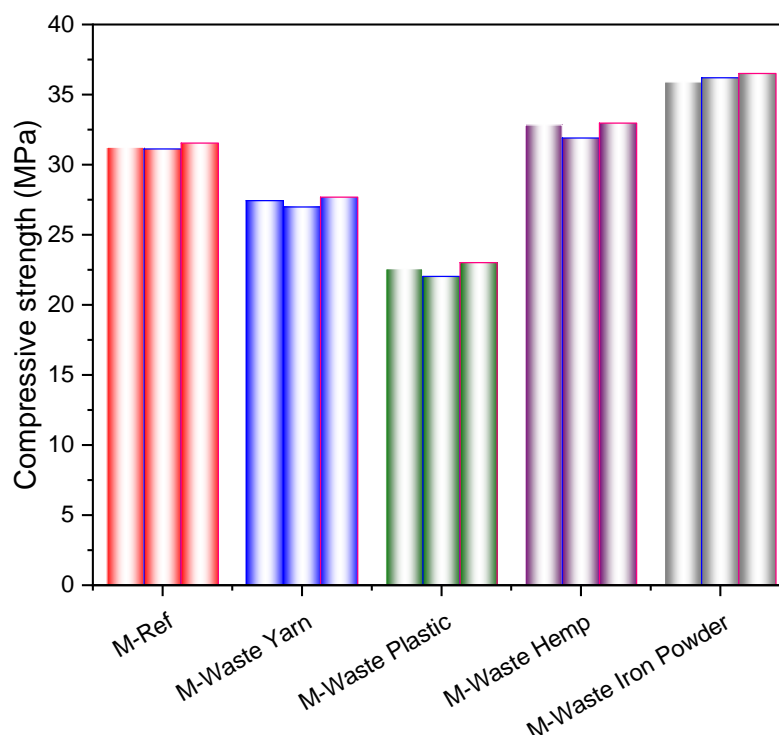
geopolymer concrete Strength values with waste yarn reduced by 27,36 MPa of compressive strength). This number is about 12,6% lower than the reference sample data. Lower strength is due to weaker interlocking of the yarn fibers with the geopolymer matrix. When material is placed in compression, yarn has minimal cozy rude and limited strength to resist compressive load, which limits the ability of its involvement for transmission loads throughout the structural system. Inclusion of waste plastic resulted in further decrease in compressive strength with average value observed as 22,54 MPa, decreased by approximately 28% over the control sample. It is believed that this significant decrease could likely be attributed to the fact that plastic itself as a reinforcement material can rotate and show relatively lower strength, stiffness compared with other reinforcements. Structural integrity of the sample might have been compromised due to more voids or weak zones that might be introduced in between by plastic fibers. The waste hemp reinforcement specimen has an average compressive strength of 32,57 MPa, slightly better than the control sample (reference) with a performance of about only higher by 4 %. This improvement could be attributed to the increased tensile strength and a better bond between hemp fibers which can help in increasing compressive resistance of the matrix. These hemp fibers could be used as crack arrestors that would help delay the propagation of microcracks therefore enhancing compressive strength. The sample that was strengthened with waste Iron powder had the highest compressive strength, and this represented an average of 36,20 MPa which is observed as a higher value by +15.6% than reference specimen (Fig.cm). The better performance may be ascribed to the high-strength and rigidity of iron powders, which possibly served as micro-reinforcements in the matrix. The use of iron powder provides higher mechanical performance in compression due to a possible reinforcement effect, which resulted from the improved load distribution under compressive loads.

**Table 5. Summary of 7-day compressive strength**

	No: 1	No: 2	No: 3	Average
M-Ref	31,25	31,12	31,54	31,30
M-Waste Yarn	27,43	26,98	27,68	27,36
M-Waste Plastic	22,58	22,02	23,01	22,54
M-Waste Hemp	32,84	31,90	32,96	32,57
M-Waste Iron Powder	35,91	36,20	36,50	36,20

Compressive strength results of tested samples have shown in Figure 5. It has an average compressive strength of 31,30 MPa, and corresponds to the conventional GPC mixture without waste reinforcement—the reference specimen—as mentioned before. On the other hand, the sample with waste yarn reinforcement had a mean strength of 27,36 MPa, which is approximately 12,6% below this reference case. The decreased value can be inferred that the use of waste yarn contributes less in improving compressive strength. The primary reason for this may lie in the influence of local loads (supported by yarns) or poor interfacial strength between matrix and yam, combined with fact that fibrous materials are predominantly compressive loaded members. Yarn could also create voids or low spots that essentially break the concrete. The compressive strength of the waste plastic sample is 22,54 MPa, which falls by about 28% compared to the reference value. This drastic decrease emphasizes the role of

plastic fibers in increasing compressive strength, which is claimed by second highest to last efficiency. The concrete matrix may not connect quite as well with plastic — which is a lot stiffer and less flexible. Moreover, the low compressive load-bearing capacity of plastic possibly results in suboptimal performance under applied compression. It also might have led to non-compactible or over-porousness of the mix. Surprisingly, the average compressive strength of the waste hemp sample was 32,57 MPa (which is a gain of about 4% over reference). Increase in strength observed may be attributed to fiber-matrix interfacial behavior between waste hemp fibers and the matrix leading to improved bonding aspect as well tensile action of them could assist crack arresting and stress redistribute. Natural fibres, such as hemp, are stronger and stiffer than plastic or yarn similar to a reinforcing bar that would be used in reinforced concrete systems. The average strength of the waste iron powder sample was 36,20 MPa, which is about 15,6% higher than that of reference beams; The success of the waste iron powder sample can be due to strength and rigidity from Iron particles. The iron powder probably serves as micro-reinforcements in the matrix, which might contribute to improving load-bearing capacity and stress distribution. This indicates that the use of iron powder in waste not only improves concrete but also has a better compressive resistance than the other types from this type of material. In the case of comparing between two organic waste materials, potentially due to its polyester nature, it was found that Waste yarn (27,36MPa) is higher than Waste plastic 22–54I%. with approximately a difference in 4-82 MPa. Waste yarn provides better structural integrity than plastic even if not a lot.



**Figure 5. Compressive strength results of tested samples**

In the case of compressive strength, waste hemp had an overage 5,21 MPa compression higher than the maximum from waste yarn with value 32,57 MPa and followed by a density fiber

which is at its best results for mechanical resistance property testing. This shows the ability of hemp to be a more substantial level reinforcement than yarn. Given hemp's improved bonding with the concrete matrix and its higher tensile strength, it probably has a more beneficial contribution to make towards the compressive performance than yarn, which being flexible is not fully effective in reinforcement. Furthermore, the waste iron powder sample (36,20 MPa) is obviously higher than the average value of 22,54 MPa for all plasticizers and additives by a maximum of 13,66MPa, where all factors were more or less contributing as pressure increases without one played up alone dominant path with ~10% error rate between purely additive performance versus commercial samples (Table I). The large difference in compressive strength displays the somewhat inverse qualities of these materials. Although the fibers are inherently weak and flexible but adding iron powder increase structural strength as it is rigid & strong in itself leading to higher compressive strength. Because both waste hemp (32,57 MPa) and waste iron powder (36,20 MPa) improved the compressive strength, but with a difference of 3,63MPa in favor for the latter one Though hemp fibres also have advantages of their own, they are not as effective in reinforcing the concrete due to strength or denseness factors that most iron particles. Iron powder, being more rigid and able to support compression loads better than hemp offers a preferential mechanical enhancement.

Since waste yarn is filamentous, it may also function as a reinforcement in the concrete matrix by delaying the onset of crack formation. Nevertheless, yarn fibers will not be able to take the compressive loads effectively, attributed to their inherent flexible and low stiffness. The lack of reinforcement flexibility also means the stresses cannot be distributed throughout a matrix. Insufficient bonding with the geopolymer matrix of yarn may additionally lead to micro voids or low resistance zone, which negatively influences the unconfined compressive strength. The fiber may also tend to bend or deform under load, leading to internal stress concentrations that can weaken the matrix. Internal structure: The waste plastic fibers have poor rigidity, which can easily make the internal structures unsound. Plastics, on the other hand, automatically open up empty or a poorly compacted spots in concrete matrix which increases porosity and reduces compressive strength. However, the fibers do not bond well with its surrounding material where they instead form clumps of reinforcement separated from each other by lengths of matrix. These weak bonds result in micro-defects that reduce the ability of concrete to withstand compressive forces. In addition, the fact that plastic fibers are bendable will have more serious stress conditions over their lengths when they lay under compressive loads. Compared with plastic and yarn, waste hemp fibers are stiffer and they bond better to the geopolymer matrix. Hemp fibers strengthen the internal make-up by serving as crack arrestors that inhibit microcrack growth which causes structural failure. The rigidity of the fibers is such that they are able to distribute more evenly compression forces throughout the matrix and thereby strengthen its entire configuration. The fiber-matrix adhesion in hemp fibers, which may be the unit responsible for improving load transfer across interfaces that minimize internal defects and therefore increase mechanical behavior. That results in more bonded and ductile interior, as shown by the increased compressive strength. The reaction of the attrition waste iron powder shows most significant improvement in geopolymer concrete internal structure. As iron particles are strong, stiff elements, these act as micro-reinforcements that enhance the

compressive load carrying ability of the material. The presence of iron powder, which increases the matrix density and improves load distribution, leads to fewer microcracks and voids. The good bond between iron particles and the surrounding geopolymers matrix results in an internal structure that is homogeneous, well compacted and solid hence producing high compressive strength. Furthermore, the iron particles can fill up nanoscale holes on in-between spaces of matrix minimizing porosity and thereby strengthening over all life span. The Waste Yarn and Plastic both add flexible parts within the matrix, where poor bonding or stress concentration can weaken it. The internal structure of the concrete containing these inclusions is also not as well bonded, which means a decrease in compressive strength. Meanwhile Waste Hemp helps in a stronger internal structure by enhancing the fiber-matrix interaction during reinforced scenario as well as delaying crack formation. It improves the strength and compressive power of concrete. Actually inner structure is rigid and outer material weak: waste Iron Powder provides a powerful way to strengthen the internal frame as it acts with rigidity, fill voids in contact with thick shell while transferring load more effectively across that matrix. Their contribution results in the largest increase of compressive strength, proving to be effective when it comes to building resistant and denser interior.

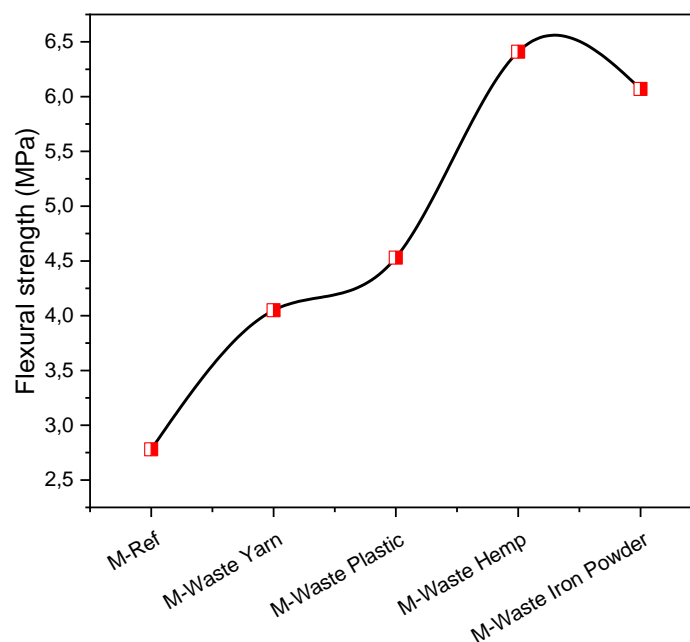
The flexural strength data in Table 6 shows how various waste materials—like yarn, plastic, hemp, and iron powder—affect geopolymers concrete (GPC) performance when bending. The reference sample (M-Ref), which contains no waste material, has an average flexural strength of 2,78 MPa. This serves as a baseline for assessing the effectiveness of the waste materials as reinforcements. All samples with waste showed better results than the reference, which means that adding waste fibers boosts the flexural strength of GPC. The average flexural strength with waste yarn reached 4,05 MPa, an increase of about 45,7% over the reference. This significant rise indicates that yarn fibers, though they may not be as strong in compression, positively influence flexural strength. Yarn fibers likely help the concrete handle bending stresses by bridging cracks, slowing their growth. This bridging is important for making the material tougher and better at handling flexural loads. The sample with waste plastic showed an average flexural strength of 4,53 MPa, which is about a 63% rise compared to the reference. Plastic fibers, even though they are flexible, appear to improve GPC's ability to bend. This is likely due to plastic fibers soaking up energy and spreading stress throughout the material. Their inclusion might increase the toughness of the material by delaying crack creation and growth during flexural loads. The higher flexural strength compared to the waste yarn sample suggests that plastic fibers might provide better stress distribution or a more uniform dispersion within the matrix. Waste hemp fibers resulted in the highest flexural strength, with an average of 6,42 MPa, which is an impressive 131% higher than the reference sample.

**Table 6. Summary of 7-day flexural strength**

	No: 1	No: 2	No: 3	Average
M-Ref	2,8	2,7	2,85	2,78
M-Waste Yarn	4,05	4	4,11	4,05
M-Waste Plastic	4,52	4,45	4,63	4,53
M-Waste Hemp	6,43	6,24	6,58	6,42

M-Waste Iron Powder	6,07	5,97	6,18	6,07
---------------------	------	------	------	------

Average flexural strength of tested samples is shown in Figure 6. Hemp fibers have high tensile strength and good bonding properties with cementitious materials. Hemp fibers increased flexural strength in a significant way, meaning that hemp can reinforce concrete improving ductility and toughness of the material. They would presumably significantly reinforce effectively near the potential crack zones, thus leading to more desirable overall flexural behavior. The crack bridging capability of hemp makes the internal structure stiffer and better able to resist flexural stresses. The waste iron powder sample gave an average flexural strength of 6,07 MPa which was about 118% higher than the reference specimen. The iron particles in the sample confer a high flexural strength due to their relatively rigid and inflexible nature. These particles most likely to improve the internal structure of concrete presence a better bending stress resistance. These particles likely enhance the internal structure of the concrete, providing better resistance to bending stresses. The iron powder may act as a reinforcement at the micro-level, improving load distribution and increasing the stiffness of the material under flexural loads. Although not as effective as hemp fibers, iron powder still demonstrates significant improvement in the concrete's ability to resist flexural failure.



**Figure 6. Average flexural strength of tested samples**

However, the flexural strength of waste plastic (4,53 MPa) was higher than that of yarn (4,05 MPa). It may be due to the difference of 12%, that plastic fibres are better than others at energy absorption and stress redistribution. This plasticity — the ability to stretch and deform under load — is likely part of what enables plastic scars to be tougher in bending than more brittle yarns. In contrast, the tensile strength of waste hemp (6,42 MPa) was higher than that of waste plastic (4,53MP), exceeding it by 41,7%. Thanks to the fact that hemp fibers firmly intermediate, they are both more flexible and harder than plastic so that deformation of them at flexural stress will be less. That means when it comes to toughening GPC, natural fibers such as hemp that have greater bonding and tensile properties are better suited than plastics. Despite

the fact that both waste hemp (6,42 MPa) and iron powder waste (6,07MPa) increased flexural strength significantly, but fiber of hemp was stronger by 5,8%. The use of waste materials in geopolymer concrete showed a considerable increase in flexural strength in contrast to the samples that were not reinforced, with the best performances shown in the samples with waste hemp and waste iron powder for reinforcement. The flexural strength is highest with waste hemp fibers due to their high tensile strength and crack-bridging ability; thus, they would be ideal for any tough and durable applications. Waste iron powder also provides considerable improvements in flexural strength because of its rigidity and strength. Also useful in flexural capacity improvement are waste yarn and waste plastic, though their relative contributions are of lesser value. Based on these results are the positive prospects of using waste materials, which offer a real promise for sustainability- and other similar wastes-in terms of gaining further enhancement in feats of mechanical performance in flexural applications of geopolymer concrete. Using waste materials in geopolymer concrete also permits significant development of the flexural strength of the samples, with the best performance expressed in samples through waste hemp and waste iron powder for reinforcement. Waste hemp fibers give the greatest flexural strength because of their high tensile strength and crack-bridging capability; hence, they are ideally suited for tough and durable applications. Waste iron powder also offers considerable improvement to the flexural strength owing to its rigidity and strength. Of lesser value are waste yarn and waste plastic, which also serve to improve flexural capacity. These results present the possibility of the use of waste materials for sustainability and suggest that, somehow, the use of these same waste materials could enhance the mechanical performance of geopolymer concrete in flexural applications.

#### 4. CONCLUSION

As a result of the study, the following conclusions were reached:

- i. From the outcomes, it is clear that waste materials used in reinforcement have a great impact on compressive strength of geopolymer concrete. Although the compressive strength was decreased by adding organic materials like yarn or plastic, it increased with inorganic additions as hemp and iron powder. These results emphasize the outstanding performance achievable with waste iron powder and hemp as sustainable reinforcements in GPC, which can offer significant environmental sustainability as well improved mechanical properties. Nonetheless, use of waste yarn and plastic might need more optimization - strengthening fibre distribution or surface treatment to ripple the better outcome.
- ii. This comparison showcases the differences in performance of different waste materials utilized as reinforcements in geopolymer concrete. The compressive strength decreases subject to organic waste materials such as yarn and plastic but increases with inorganic waste material like iron powder, hemp etc. This is due to the fact that waste iron powder had shown highest strength increase as reinforcement. In this context, these results indicate that the choice of wastes for reinforcement needs to be carefully made in terms of their preferable mechanical characteristics as well as on their reactivity with a geopolymer matrix which will ensure acceptable levels performance.

- iii. The internal configuration of geopolymers strongly relies on the kind of waste products employed. For other items, like waste yarn and plastic, the flexible material weakens the matrix by introducing voids and stress points whereas stiffer fabrications such as hemp or iron powder actually strengthen helping to create a tighter bond of load distribution. However, waste iron powder was showing greater dominance in the internal structure having a more rigid and ductile geopolymer concrete among the examined materials.

## REFERENCES

- [1] Odeh, A., Al-Fakih, A., Alghannam, M., Al-Ainya, M., Khalid, H., Al-Shugaa, M. A., ... & Aswin, M. Recent Progress in Geopolymer Concrete Technology: A Review. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-24, 2024. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01391-z>
- [2] Huang, B., Bahrami, A., Javed, M. F., Azim, I., & Iqbal, M. A. Evolutionary Algorithms for Strength Prediction of Geopolymer Concrete, *Buildings*, 14(5), 1347, 2024. <https://doi.org/10.3390/buildings14051347>
- [3] Eryilmaz, K., Polat, R. Sustainable Concrete Production: Mechanical and Durability Behaviour of Slag-Based Geopolymer Containing Recycled Geopolymer Aggregate, *Journal of Building Engineering*, 96, 110512. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110512>
- [4] Feng, Y., Xue, Z., Zhong, H., Zhang, B., Yang, J., Xie, J. Improving Geopolymer Concrete Performance with Hazardous Solid Waste Phosphogypsum, *Journal of Building Engineering*, 95, 110333, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110333>
- [5] Lin, Y., Yuan, Y., Wan, S., Ding, B., Yang, C., Zong, Z., ... Cai, J. Flexural Behaviour of Reinforced One-Part Geopolymer Concrete Beams, *Journal of Building Engineering*, 96, 110435, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110435>
- [6] Sharma, U., Gupta, N., Bahrami, A., Özkılıç, Y. O., Verma, M., Berwal, P., ... Islam, S. Behavior Of Fibers In Geopolymer Concrete: A Comprehensive Review, *Buildings*, 14(1), 136, 2024. <https://doi.org/10.3390/buildings14010136>
- [7] Manzoor, T., Bhat, J. A., Shah, A. H. Performance of Geopolymer Concrete at Elevated Temperature— A Critical Review, *Construction and Building Materials*, 420, 135578, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135578>
- [8] Rathnayaka, M., Karunasingha, D., Gunasekara, C., Law, D. W., Wijesundara, K., Lokuge, W. Mix Design Determination Procedure For Geopolymer Concrete Based On Target Strength



- Method, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 24(3), 192, 2024. <https://doi.org/10.1007/s43452-024-01002-8>
- [9] Zheng, Y., Zhang, W., Zheng, L., Zheng, J. Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Geopolymer Concrete After High Temperature Exposure, Construction and Building Materials, 439, 137394, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137394>
- [10] Chen, P., Li, Y., Yin, L., Wang, Z. Review On Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Geopolymer Concrete After High-Temperature Exposure, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 1-23, 2024. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01347-3>
- [11] Zeyad, A. M., Bayagoob, K. H., Amin, M., Tayeh, B. A., Mostafa, S. A., Agwa, I. S. Effect of Olive Waste Ash on The Properties of High-Strength Geopolymer Concrete, Structural Concrete, 2024. <https://doi.org/10.1002/suco.202400035>
- [12] Raza, A., Ahmed, B., El Ouni, M. H., Chen, W. Mechanical, Durability and Microstructural Characterization of Cost-Effective Polyethylene Fiber-Reinforced Geopolymer Concrete, Construction and Building Materials, 432, 136661, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136661>
- [13] Wu, B., Yao, Y. Development of Geopolymer-Based Lightweight High-Strength Concrete and Properties At Different Temperatures, Journal of Building Engineering, 88, 109264, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109264>
- [14] Chanda, S. S., Guchhait, S. A Comprehensive Review On The Factors Influencing Engineering Characteristics Of Lightweight Geopolymer Concrete, Journal of Building Engineering, 108887, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108887>
- [15] Sherwani, A. F. H., Younis, K. H., Arndt, R. W., Pilakoutas, K. Influence of Slag and Recycled Concrete Aggregates Contents On The Performance of Fly Ash Based Self-Compacted Geopolymer Concrete, Innovative Infrastructure Solutions, 9(8), 331, 2024. <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01641-z>
- [16] Gopalakrishna, B., Dinakar, P. Mechanical Performance of 100% Recycled Aggregate Based Geopolymer Concrete at Various Concentrations of NaOH, Interdisciplinary Symposium on Smart & Sustainable Infrastructures, 37-48, 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53389-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53389-1_4)
- [17] Luo, Y., Yang, L., Wang, D., Zhang, Q., Wang, Z., Xing, M., ... Liu, Z. Effect of GGBFS on The Mechanical Properties of Metakaolin-Based Self-Compacting Geopolymer Concrete, Journal of Building Engineering, 96, 110501, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110501>
- [18] Masoud, L., Hammoud, A., Mortada, Y., Masad, E. Rheological, Mechanical, And Microscopic Properties of Polypropylene Fiber Reinforced-Geopolymer Concrete for Additive

Manufacturing, Construction and Building Materials, 438, 137069, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137069>

[19] Rihan, M. A. M., Onchiri, R. O., Gathimba, N., Sabuni, B. Mechanical and Microstructural Properties of Geopolymer Concrete Containing Fly Ash and Sugarcane Bagasse Ash, Civil Engineering Journal, 10(4), 1292-1309, 2024. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-04-018>

[20] Zheng, Z., Deng, P. Mechanical and Fracture Properties of Slag/Steel Slag-Based Geopolymer Fully Recycled Aggregate Concrete, Construction and Building Materials, 413, 134533, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134533>

[21] Gopalakrishna, B., Dinakar, P. An Innovative Approach to Fly Ash-Based Geopolymer Concrete Mix Design: Utilizing 100% Recycled Aggregates, Structures, 66, 106819, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106819>

[22] Sheng, Z., Zhu, B., Cai, J., Han, J., Zhang, Y., Pan, J. Influence of Waste Glass Powder On Printability and Mechanical Properties of 3D Printing Geopolymer Concrete. Developments in the Built Environment, 20, 100541, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100541>

[23] Yu, M., Wang, T., Lin, H., Li, D., Li, L. Y. Experimental Investigation of Transient Strains of GGBS-FA-SF Blended Geopolymer Concrete at Elevated Temperatures, Construction and Building Materials, 419, 135589, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135589>

[24] TS EN 12390-3 (2019). Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens, Ankara, Türkiye.

[25] TS EN 12390-5 (2019). Testing hardened concrete - Part 5: Flexural strength of test specimens, Ankara, Türkiye.

## RIGID VE INDEPENDENT AKSLARIN LF12 ARACIN ÜZERİNDEKİ STATİK ETKİLERİ

**Arge Mühendisi, Ömer AKMAN**

Uludağ Üniversitesi,

omer.akman@ulasim-as.com- 0009-0005-4642-7733

**Arge Analiz Mühendisi, Vural AKTÜRK**

Uludağ Üniversitesi,

vural.akturk@ulasim-as.com- 0009-0006-3148-4855

### ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, otomotiv sektöründeki üreticiler, sürücünün ve yolcuların daha rahat bir şekilde yolculuk yapabilmesi için arge ve inovasyon çalışmalarına büyük önem vermişlerdir. Bu kapsamda firmaların büyük bütçeler ayırdığı Arge birimlerinde yenilikçi projelerin geliştirilmesi ve rekabet avantajı sağlanması hedeflenmektedir. Son zamanlarda ülkemizde bu anlamda binek araçların yanında otobüs, kamyon ve tır gibi ağır vasıtalı araçlarda da bu süreç hız kazanmıştır. Ulaşım sektöründe yenilikçi ve arge çalışmalarının başında akslar ve süspansiyon sistemi gelmektedir.

Bu kapsamda yapılacak çalışmada ULTRA LF12 elektrikli şehir içi otobüsde kullanılacak olan rijit ve bağımsız aksların avantajları, dezavantajları incelenecektir. Bashi geçen aks modelleri ve aracın karkas gövdesinin modeli CATIA V6 ortamında hazırlanmış olup daha sonra SpaceClaim ortamında akslar ve gövde modeli analize uygun hale getirilmiştir. Analize hazırlanmış olan sonlu elemanlar modeli ANSYS çözücüsü ile gerekli sınır koşulları ve yüklemeler yapılarak iki aks modeli için ayrı ayrı olmak üzere toplamda 10 farklı analiz yapılmıştır. Yapılan analizlerde aksların araç gövdesine olan etkileri incelenmiş. Çıkan sonuçlar bize araç modeline göre aks seçiminde yardımcı olan kriterler arasında yer almıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rigid Aks, Bağımsız Aks, Yapısal Analiz, Otobüs Gövdesi,

## 1. GİRİŞ

Süspansiyon sistemi, çukur, kasis ya da engebe bulunan yollar üzerindeki sürüş sırasında araçta meydana gelecek titreşimleri en aza indirmek, sert virajlarda aracın savrulmasını önlemek ve böylelikle hem olası bir kaza riskinin önüne geçebilmek hem de yolcuları, oluşacak sarsıntıdan korumak amacıyla kullanılan sistemlerdir. Aracın trafik kontrolünü sağlamada etkili bir rol üstlenen süspansiyon, gerekli ve dengeli yol tutuşu için önemli bir araç sistemidir. Süspansiyon sistemleri, bir motorlu taşıtta kullanılan diğer komponentler gibi taşıtın en önemli karakteristik yapı elemanlarından biridir. Taşıt tasarımı süreçlerinde de süspansiyon sistemleri düşünülerek gövde karkas tasarımı yapılmaktadır. Taşıtlarda, özellikle ağır vasıtalı araçlarda konfor ve kontrol gereksinimleri sonucunda ortaya çıkan süspansiyon sistemi son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Ergonomik ve kontrol sonucu olarak yaylandırılmamış kütlelerin mümkün olduğunca düşük tutulması, süspansiyon sistemlerinin tasarımdaki temel karakteristiklerindedir. [1]

Günümüzde süspansiyon çeşitleri kullanıldığı araç tipine göre farklılık gösterilmektedir. Otomobiller, otobüsler, hafif ticari araçlar, kamyon ve tır gibi ağır vasıtalı araçlarda farklı süspansiyon tipleri kullanılabilir. En yaygın süspansiyon çeşitleri ise sabit ve bağımsız (serbest) tipleridir

Sabit süspansiyon sistemi, sağ ve sol tekerleklerin rijit bir aks aracılığı ile birbirine bağlandığı bir süspansiyon sistemidir.



**Görsel 1. Rigid Aks**

Bağımsız süspansiyon sistemleri ise, tekerleklerin birbirinden bağımsız olarak farklı yönlerde hareket etmesine sağlayan bir süspansiyon tipidir. Bu tipteki süspansiyon sistemi tekerleklerin birbirinden bağımsız olarak aşağı, yukarı, sola veya sağa hareket ederek sarsıntıların daha iyi emilmesini sağlar. Engelli yolcuların rahat inip binebilmesi için otobüsün sağa yatma özelliği, kaldırılma konumlandırılan engelli rampasının regülasyonlara uygun şekilde 25 cm olacağı göz önüne alınarak yapılmıştır. [2] Bu sistemler bağımsız aks olarak tanımlanan akslar vasıtasıyla araca bağlanmaktadır.



**Görsel 2. Bağımsız Aks**

Süspansiyon sistemlerinde sabit (rijit) aksların seçilmesi sonucu araca aktarılacak titreşimleri, yol şartları göz önüne alındığında meydana gelecek olan gürültüye bağlı olarak da çeşitli konfor problemlerini de beraberinde getirecektir. [3] Bağımsız aksların gövde parçalarının üretim sürecinde çelik imalat kullanılmaktadır. Fakat son yıllarda yapılan inovasyon ve araştırmalar sonucunda bağımsız aksların daha dayanıklı ve hafif olması için sıkıştırılmış grafitli dökme demir, küresel grafitli demir ve magnezyum/alüminyum alaşımları gibi malzemeler kullanılmaktadır. [4] Günümüzde ağır vasıta üreticileri, yolcu otobüslerinin ve kamyonların bağımsız süspansiyon sistemlerini artan bir oranda tercih etmeye başlamışlardır.

Taşıtın yük/ağırlık eğilimi, temel aşırı dönerlik/az dönerlik (oversteer/understeer) karakteristiklerini belirler. [5] Taşıtın ön kısmı, arka kısmından daha ağır olduğunda taşıtın dönüş kabiliyeti azalır ve daha az dönerlik eğilimi gösterir. Bunun tersi durumdaysa, yani arka kısım ön kısımdan daha ağırsa, taşıt aşırı dönerlik eğiliminde olur. Taşıtın ağırlığı ön ve arka akslara eşit şekilde dağıtıldığında, taşıt tarafsız bir yönlendirme sağlar. Bu sürüş özelliklerini belirleyen en önemli faktörler, taşıtın ağırlık dağılımı, süspansiyon tasarımı ve seçilen lastik ile tekerlek boyutlarıdır.

Bu çalışmada, iki akslı, dört tekerlekten yönlendirilen araçlar için kullanılan stratejiler genişletilerek, üç ve dört akslı araçlar için yeni stratejiler elde edilmiştir. [6] İlgili çalışmada, simülasyonlar için hem yaylı hem de yaysız kütle hareketlerini kapsayan ve tekerlek ile lastik dinamiğini içeren lineer olmayan bir sürüş ve yol tutuş modeli kullanılmıştır. Yapılan durum çalışmaları, üç ve dört akslı araçlarda ara akslar üzerindeki tekerleklerin de yönlendirilmesiyle, araçların dönme hızlarının ve yanal ivmelerinin artırılabilmesini, ancak araç yüzme açısının aynı seviyede tutulabileceğini ortaya koymuştur.

İki akslı yol araçları için aktif dönüş kontrol sistemi tasarımı ve kapsamlı benzetim sonuçları vardır. Tasarlanan kontrol sistemi, sürücünün istediği hareketi tahmin etmeyi ve bu hareketi hassas bir şekilde takip etmeyi amaçlamaktadır. [7] Öncelikle, dönüş kontrolü için gerekli yapı, araç davranış parametreleri göz önünde bulundurulmadan oluşturulmuş, daha sonra tasarlanan

kontrol mekanizması araç yüzme açısı gibi diğer parametreleri dikkate alarak iyileştirilmiştir. Sürücünün istediği araç davranışını tahmin etmek amacıyla iki serbestlik dereceli araç modeli (bisiklet modeli) kullanılmıştır. Denetleyici tasarımında, doğrusal olmayan tasarım problemlerini ele almak için genellikle tercih edilen bulanık mantık denetim metodu kullanılmıştır. Bu yöntem, doğrusal olmayan kontrol sorunlarını çözmeye etkili bir araç olarak seçilmiştir. Daha sonrasında ise, tasarlanan denetleyici, araç yüzme açısını da sınırlandıracak şekilde optimize edilmiştir. Bu geliştirme ile, denetleyicinin performansı artırılarak, araç yüzme açısının da kontrol altına alınması sağlanmıştır.

Bu çalışmada Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş. ULTRA LF12 alçak tabanlı elektrikli otobüste kullanılacak sabit (rijit) süspansiyon ile bağımsız (serbest) süspansiyonun araç üzerindeki etkilerine bakılacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada rigid aks ve independent aksın ULTRA LF12 elektrikli bir aracın üzerine etikleri incelenmiştir. Aracın toplam ağırlığı 18000 kg olup emniyette çalışabilmek maksadıyla uygulanan bütün analizlerde tam dolu ağırlığı 19500 kg olarak kabul edilmiştir. Bu yükleme altında iki farklı aks modeli için araca toplamda 10 farklı analiz koşturulmuş olup bunlar iki aks modeli için 1G ve 4 farklı tekerlekten ayrı ayrı uygulanmak üzere burulma analizleridir. Uygulanan analizler arasında en belirleyici olanı 1G analizidir. Burulma analizleri bize aracın çukura düşme ya da bir tümsekten geçme anında araçta yüklemelerin nerelerde toplanabileceği konusunda fikir vermesi amacıyla yapılmıştır.

Bahsi geçen analizlerin yapılabilmesi için tasarımı bitmiş olan aracın CAD modeli Spacecliam ortamında kabuk dataya çevrilmiştir. Bunun başlıca sebebi kompleks olarak tasarlanmış olana aracın sonlu elemanlar analizi koşturulması esnasında herhangi bir sorun yaşamaması ve en doğru çözüme ulaşabilmek amacıyla kontak yüzeylerini olabildiğince azaltmak amacıyla yapılmıştır. Bu yöntem ile Spacecliam programı aracılığı ile iki profilin bağlantı noktaları birleştirilmiş kabul edilip Ansys Mechanical ortamında tek data olarak görmesini sağlamıştır. Bu yöntemin diğer bir avantajı da sonlu elemanlar ağ yapısı oluşturulurken ağ yapısının iki farklı profil arasındaki geçişin de tek düğüm noktası kullanarak doğruluk oranını arttırmış olup daha smooth ve daha az sonlu elemanlar ağ yapısı oluşmasına ve çözümün daha hızlı gerçekleşmesine olanak sağlanmıştır. Bahsi geçen durumlar göz önünde bulundurularak oluşturulan ağ yapısının eleman boyutu 10 mm olarak belirlenmiş olup rigid aks ve independent aks yapısına sahip aracın eleman sayıları ve düğüm noktası sayıları aşağıdaki çizelge 1 de belirtilmiştir.

**Çizelge 1. Farklı Aks Modeline Sahip 12M Elektrikli Aracın Eleman Ve Düğüm Sayıları**

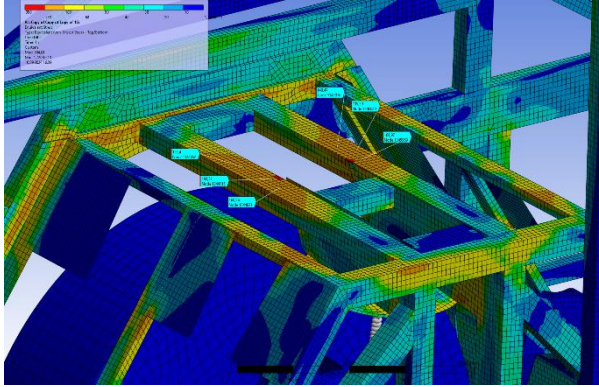
Aks Modeli	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
------------	---------------	--------------



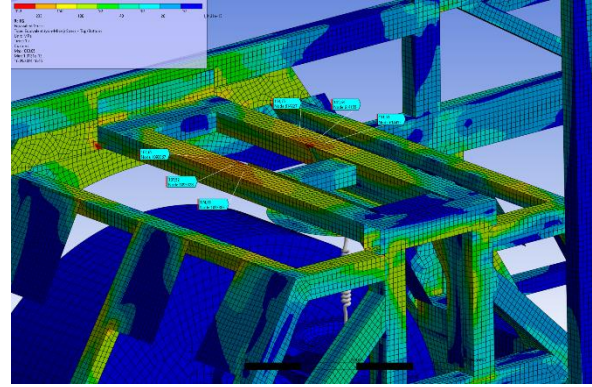
### Görsel 5. Yükleme Durumu

### Görsel 6. Sınır Şartları

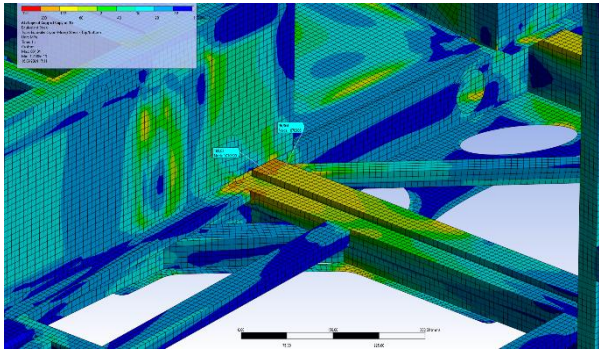
1G analizi sonuçlarında genel olarak yük yoğunluğunun olduğu bölgeler kıyaslanmıştır. Bu durumda söz konusu analizin sonuçlarına bakıldığından yük yoğunluğu genel olarak ön aks körük bağlantı bölgesinde ve aracın havuz bölgesinin ana profilinde çıkmıştır. Kıyaslama yansılarda belirtilmiştir.



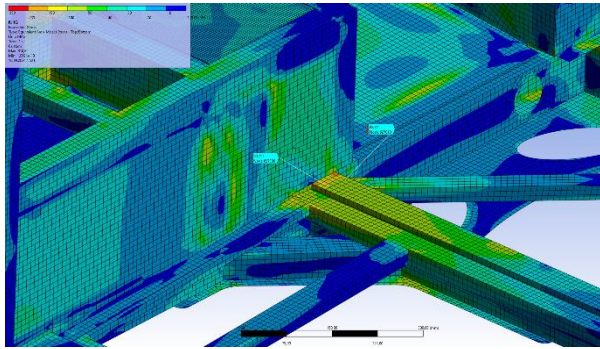
**Görsel 7. Rigid Aks Davlumbaz Bölgesi Stress Dağılımı**



**Görsel 8. Independent Aks Davlumbaz Bölgesi Stress Dağılımı**



**Görsel 9. Rigid Aks Havuz Bölgesi Stress Dağılımı**



**Görsel 10. Independent Aks Havuz Bölgesi Stress Dağılımı**

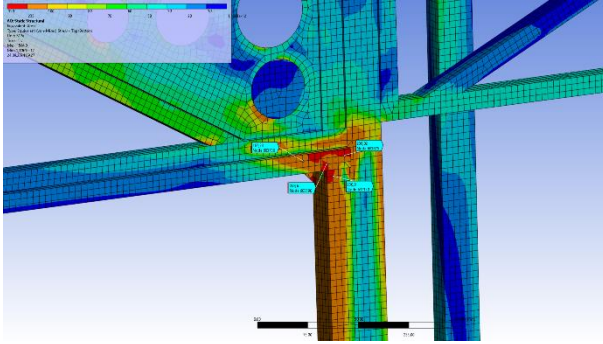
Yapılan 1G analizinde iki farklı aks modelinde de aynı yükler uygulanmıştır. Uygulanan yükler altında aracın üzerinde oluşan yük dağılımları görsel 7, görsel 8, görsel 9 ve görsel 10 yansımalarında verilmiş olup sonuçlar incelenmiştir. Görsel 7’te verilen rigid aks davlumbaz üstü stress sonucunda maksimum gerilme 194 MPa çıkmaktadır. Görsel 8 da verilmiş olan independent aks modelinin davlumbaz üstü stress sonucunda ise maksimum gerilme 187 MPa çıkmıştır. Aynı şekilde görsel 9 ve 10 verilmiş olan sırasıyla rigid ve independent aks modelinin havuz bölgesinde oluşan stress dağılımları sırası ile 109 MPa ve 99 MPa’ dır. Verilmiş olan sonuçlar aynı düğüm noktalarından ölçülmüştür.

## 2.2. Burulma Analizi

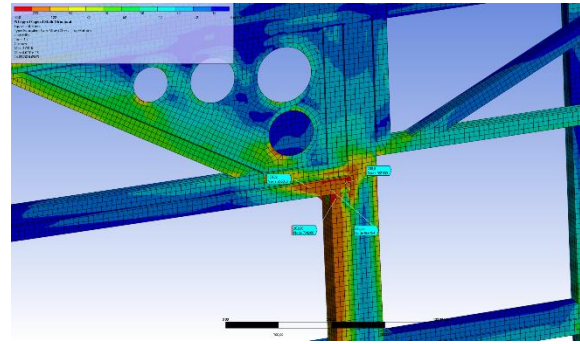
Burulma analizleri Prasad ve Rao tarafından araçların burulma momentinin bulunması yönünde yaptığı çalışmada aracın iki tekerleğinin eğim farkında oluşan momentin araca etkisi incelemesi şeklinde yaptığı çalışmada olduğu gibi iki aks modeli için 4 tekerleğe ayrı ayrı eğim verilerek



yapılmıştır.[9] Bu yöntemle toplamda 8 farklı analiz yapılmış olmakla beraber analizler içerisinde en yüksek değerli sonuçlar karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Bu durumda



**Görsel 11. Rigid Aks Sağ Ön Tekerlek Burulma Analizi Orta Kapı Bölgesi**



**Görsel 12. Independent Aks Sağ Ön Tekerlek Burulma Analizi Orta Kapı Bölgesi**

Burulma analizlerinde en yüksek sonuçlar sağ ön tekerlek burulmasında çıkmıştır. Bu durum göz önüne alınıp sonuçlar incelendiğinde orta kapı bölgesinde yığılmaların olduğu görülmektedir. Bu analizlerde yığılmaların olduğu bölgeler bize aracın gerçek çalışma koşullarında nasıl tepkiler vereceğini göstermektedir. Çıkan sonuçların yüksekliğinden ziyade yük yığılma oranı göz önüne alınmıştır. Sonuçların yüksek çıkmasının diğer sebeplerinden biride emniyette çalışabilmek için aracın geneline yayılmış olan fazla kütle ve burma oranının etkisidir. Orta kapı bölgesi rigid aks ve independent aks modellerine göre incelendiğinde sırasıyla maksimum çıkan değerler 268 MPa ve 226 MPa dır. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde. Arslan ve Solmaz (2018) 12 metre bir araçta yapmış oldukları çalışmada yük altında oluşan gerilmeler, bu çalışmada olduğu gibi genel anlamda profil birleşme noktalarında çıkmıştır.[10] Bu durum araç üretiminde kaynaklama çalışmasının önemini göstermektedir.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

LF 12 Elektrikli bir araçta iki farklı aks modelinin araca etkileri incelenmiştir. Araç tam dolu hali 18000 kg olup emniyette çalışmak amacıyla aracın tam dolu hali 19500 kg kabul edilmiştir. Gerekli sınır koşulları koşulları ve yüklemeler araç karkasına uygulandıktan sonra 1G analizi ve 4 tekerlekten ayrı ayrı uygulanmak suretiyle iki aks modeli için toplamda 10 farklı burulma analizi yapılmıştır. 1G analizi incelendiğinden aks bağlantı bölgesinde rigid ve independent aks modellerinde sırası ile 194 MPa ve 187 MPa gerilme çıkarken aracın havuz bölgesinde sırasıyla 109 MPa ve 99MPa gerilme çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde burulma analizleri yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Analizler arasında en çok yük yığılmasının olduğu bölgel ele alınmıştır. Sonuçlara bakıldığında rigid ve independent aks modelinin stress değerleri sırasıyla 268 MPa ve 226 MPa olduğu görülmüştür. Bütün çıkan sonuçlar değerlendirildiğin independent aks modelinin rigid aks modeline göre gerilmelerin bölgesel olarak %4 ile %15 oranında düştüğü gözlemlenmiştir. Independent aks modelinin konforlu çalışmasının yanı sıra yükleri absorbe etme konusunda rigid aks' a göre daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır.

### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş. tarafından üretilen LF12 Elektrikli otobüslerde kullanılan rijit ve bağımsız aksların ANYS programı yardımıyla araç gövdesi üzerinde oluşturduğu etkilerin analizi yapılmıştır. Bu iki aks modelinin, aracın tam dolu ağırlığının 18.000 kg olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Emniyet amaçları doğrultusunda, aracın dolu hali 19.500 kg olarak kabul edilmiştir. İki farklı aks kullanıldığında aracın belli noktaları oluşan gerilmelere bakılmıştır. 1G analizde aynı yükleme koşulları altında araca toplamda 10 farklı analiz gerçekleştirilmiş olup, bunlardan ikisi 1G analizi, diğer 8 analiz ise tekerleklerden bağımsız olarak uygulanan burulma analizleridir. Uygulanan analizler arasında en kritik olanı 1G analizdir. Burulma analizleri sonucunda, aracın çukura düşme veya bir tümsekten geçiş anında yüklerin araç üzerinde nerelerde yoğunlaşabileceği konusunda bilgi sağlanmıştır. Geçmişten günümüze teknolojinin gelişimi ile ulaşım sektörü kendini geliştirmiş ve bu alanda ciddi çalışmalar yapılmıştır. Toplu taşıma araçlarında tek amaç insanı bir yerden bir yere götürmek değil araç güvenliğini ve yolcu konforunu sağlamaktır. Yapılan analizler sonucunda bağımsız aks modelinin, konforlu bir şekilde çalışmasının yanı sıra araç gövdesine aktarılan yükleri ve titreşimleri sönmüleme kabiliyeti rijit aksa göre daha üstün olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak LF12 Elektrikli araca, bağımsız aks kullanılması daha uygun olduğu ön görülmüştür.

#### KAYNAKÇA

- [1] A.I. Erzin, Motorlu Taşıtlar Ders Notları, İstanbul: İTÜ Makine Fakültesi, 1975, Sayfa1-1
- [2] Ötnü, G., *Bağımsız Süspansiyonlu Halk Otobüsünde Ağırlık Merkezi Değişiminin Dönme Karakteristiğine Etkisinin Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Afyon, 2015.
- [3] Kuralay, N.S., (2008), Motorlu taşıtlar yapı elemanları, Fren çeşitleri frenin taşıt üzerine etkileri. 1. Baskı, İzmir, 40-60
- [4] Živković, V., Nedić, B. ve Durić, S. (2020). Manufacturing specificity of vehicle's independent suspension system parts. *Mobility and Vehicle Mechanics*, 46(1), 31–41.
- [5] Demir, A., Çavdar. A., (2005). *Taşıt Kullanım karakteristikleri açısından az dönerlik 46 (understeer) ve aşırı dönerlik (oversteer)incelenmesi*. Uluslararası Konferans, Marmara Üniversitesi.
- [6] Bayar, K., (2006). Modeling of the Dynamics of multi-axle steered vehicles. The degree of master of science, The graduate school of natural and applied sciences, Mechanical Engineering, Middle East Technical University.
- [7] Tekin, G., (2008). Design and simulation of an integrated active yaw control system for road vehicles. The degree of master of science, The graduate school of natural and applied sciences, Mechanical engineering, Middle East Technical University.
- [8] Aktürk, V., İnal, A., *Akia Ultra LF12 Aracın Koltuk Braketlerinin Topoloji Optimizasyonu ile Hafifletilmesi*, 14th International Conference On Applied Sciences, syf 86-94, 2024.

[9] K.S.R.K Prasad, M.V. Subba Rao, Analysis of Torsion Loads on Vehicle Structures and Suspension Systems by Simplified Elastic Models, Int. Journal of Vehicle Desing, Vol.10, No.6, pp. 687-702, (1989)

[9] K.S.R.K Prasad, M.V. Subba Rao, Analysis of Torsion Loads on Vehicle Structures and Suspension Systems by Simplified Elastic Models, Int. Journal of Vehicle Desing, Vol.10, No.6, pp. 687-702, (1989)

[10] Arslan, T.A., Solmaz, H. 2018. M3 Kategorisi Bir Otobüs Tasarımı ve Yapısal Analizleri. In Proceedings on International Conference on Technology and Science, Antalya, 343-351.

### **İnternet Siteleri**

<https://www.zf.com/> (Erişim Tarihi: 03.10.2024)

<https://www.ulasim-as.com> (Erişim Tarihi: 03.10.2024)

<https://.oven.com.tr/tr> (Erişim Tarihi: 03.10.2024)

## GES TAŞIYICI SİSTEMLERİ

**İnşaat Mühendisi, Mutluhan KORKMAZ**

Amasya Üniversitesi

mutluhankorkmaz@hotmail.com – 0009-0008-6016-8055

### ÖZET

GES taşıyıcı sistemlerini incelerken öncelikle başlangıcımız olan zemin durumunu incelememiz gerekir. Zemin durumlarını incelerken dikkat etmemiz gereken şeylerden birincisi zeminin sağlamlığıdır. Sağlam zeminden gevşek zemine doğru ankraj yöntemlerimiz değişmektedir. Ankraj yönteminin yanı sıra sağlam ve gevşek zeminler için ilave önlemler almamız gerekir. Bu önlemlerin sebebi yağışlar ve rüzgar durumlarıdır. Yağışlar sağlam zeminlerde sorun yaratmaz iken, gevşek zeminlerde büyük problemlere yol açabilir. Gevşek zeminlerde ilave olarak jet grout yöntemi ve fore kazık yöntemi öne çıkmaktadır. Zemin analizine göre bu yöntemlerin kullanılıp kullanılmayacağına karar verilebilir. Sonraki aşamada zemin durumlarına bağlı olarak uygun temel seçiminin yapılması gerekir. Bu temel seçimleri de betonarme ve çelik olarak değişiklik göstermektedir. Betonarme yöntemler sürekli temel, tekil temel ve radye temel olarak ayrılır. Bu yöntemler zemin durumu parametreleri ve statik analize göre seçilebilir. Çelik yöntemler ise zemine çakma ve zemine vidalama olarak ikiye ayrılır. Betonarme ve çelik birleşiminin olduğu sistemler de bulunmaktadır. Ankraj yöntemleri ve temel seçiminden sonra taşıyıcı sistemlerin devamı ele alınır. Taşıyıcı sistemlerin devamında kullanılacak olan çelik profillerin seçimi için panellerin yönleri de etki etmektedir. Panellerin yönleri dikey ve yatay olarak değişebilir. Ahşap kiremitli çatılarda da imalat yapılmaktadır. Taşıyıcı sistemlerde uygunsuz imalat nedeniyle karşılaşılan sorunlar; dolgu zemine inşa, deprem ötelemesinden kaynaklı hasar, drenaj yapılmaması ve kar yükleri gibidir. Uygunsuz yapılan imalatlar ve alınmayan önlemler bu gibi sorunlara yol açmaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** ankraj, jet grout, fore kazık

### 1. GİRİŞ

GES taşıyıcı sistemlerini incelerken öncelikle başlangıcımız olan zemin durumunu incelememiz gerekir. Zemin durumlarını incelerken dikkat etmemiz gereken şeylerden birincisi zeminin sağlamlığıdır. Sağlam zeminden gevşek zemine doğru ankraj yöntemlerimiz değişmektedir. Ankraj yönteminin yanı sıra sağlam ve gevşek zeminler için ilave önlemler almamız gerekir. Bu önlemlerin sebebi yağışlar ve rüzgar durumlarıdır. Yağışlar sağlam zeminlerde sorun yaratmaz iken, gevşek zeminlerde büyük problemlere yol açabilir. Gevşek zeminlerde ilave olarak jet grout yöntemi ve fore kazık yöntemi öne çıkmaktadır. Zemin analizine göre bu yöntemlerin kullanılıp kullanılmayacağına

karar verilebilir. Sonraki aşamada zemin durumlarına bağlı olarak uygun temel seçiminin yapılması gerekir. Bu temel seçimleri de betonarme ve çelik olarak değişiklik göstermektedir.

## 2. ANKRAJ YÖNTEMLERİ

### 2.1. Kimyasal Ankraj Yöntemi

Enjeksiyon epoksi ankraj, yüksek sıcaklık ve şiddetli rüzgar koşullarında uzun süreli kurulum için uygundur. Yüksek mukavemetli sabitlemeye ulaşmak için herhangi bir delik delmeden beton ve çelik profili bağlamak için enjeksiyon epoksi dübelleri kullanılabilir. Epoksi yapıştırıcı kullanılması kurulumu daha hızlı hale getirir.

### 2.2. Beton Ankraj Yöntemi

Zemin durumuna göre hazırlanan projeler doğrultusunda tekil, sürekli ve radye temel olarak temel tasarımı yapılabilir. Bu yöntemi sağlam olmayan zeminlerde ges panellerinin taşıyıcı sisteminin yükünü betona aktarılması ve betondan da sağlam olmayan zemine geniş bir şekilde yük aktarımı sağlanabilir. Bu ankraj yöntemleri zemin durumuna göre değişmekte olup sağlam olmayan zeminlerde radye temel kullanılabilir. Maliyet açısından bakmak gerekirse sürekli temel uygulanabilir. Tekil temel ise temellerin birbirlerine bağlanması kaydıyla uygulama yapılabilir.

### 2.3. Fore Kazık Yöntemi

Daha çok sağlam olmayan zeminlerde betonarme binaların temellerinde de kullanılan bu yöntem panellerin taşıyıcı sistemlerinin büyüklüğüne göre tercih edilebilir bir yöntemdir. Daha çok gevşek zeminlerde kullanılmaktadır. Sağlam zeminlerde de kullanılabilir ancak maliyeti artıracığı için kullanılması pek önerilmez. Gevşek zeminlerde bu yöntem ile sağlam zemine ulaşıp sağlam zeminle mevcut temelimiz arasında bağlantı oluşturmak amaçlanmaktadır.

### 2.4. Jet Groud Yöntemi

Daha çok sağlam olmayan zeminlerde betonarme binaların temellerinde de kullanılan bu yöntem panellerin taşıyıcı sistemlerinin büyüklüğüne göre tercih edilebilir bir yöntemdir. Daha çok gevşek zeminlerde kullanılmaktadır. Sağlam zeminlerde de kullanılabilir ancak maliyeti artıracığı için kullanılması pek önerilmez. Gevşek zeminlerde bu yöntem ile sağlam zemine ulaşıp sağlam zeminle mevcut temelimiz arasında bağlantı oluşturmak amaçlanmaktadır.

## 3. TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ

Taşıyıcı sistem tipleri GES kurulacak olan araziye ve yapıya göre değişmektedir. Bunların yanı sıra zemin durumu da sistem tipinin seçilmesinde etkilidir. Günümüzde kullanılan sistemlerden bazıları şunlardır;

- Zemine çakma çelik montaj sistemi
- Zemin vidalama çelik montaj sistemi
- Beton temel üzeri ankrajlı çelik montaj sistemi
- Betona gömülü kolon çelik montaj sistemi
- Zemine çakma tek kolon çelik montaj sistemi
- Beton temel üzeri ankrajlı çelik otopark montaj sistemi
- Düz çatı çelik montaj sistemi
- Trapez tipi çatı paslanmaz alüminyum ve çelik montaj sistemi

- Kiremit çatı çelik montaj sistemi

#### 4. KARŞILAŞILABİLECEK SORUNLAR VE ÖNLEMLER

Taşıyıcı sistemlerimizi kurmadan önce karşılaşılabilecek sorunlar için önlemler almamız gerekmektedir. Bu sorunlardan ilki drenaj sorunudur. Drenaj sorunu yağış alan bölgelerde yaşanmaktadır. Yağış alan bölgelere drenaj hattı döşenmeyen sistemlerde maddi hasarlar meydana gelebilir. İkinci olarak dolgu zemin deformasyonu sonucu oluşan hasarlar vardır. Sağlam olmayan gevşek zeminlerde uygun ankraj yöntemi ve taşıyıcı sistem seçilmemesi durumunda maddi hasarlara yol açabilir. Üçüncü olarak kar yükleri sonucu oluşan hasarlar vardır. Bu hasarlar kar yağışı alan bölgelerde sıkça rastlanmaktadır. Uygun panel meyili ve uygun taşıyıcı sistem seçilmemesi sonucu bu hasarlar meydana gelebilir. Dördüncü olarak uygunsuz imalat sonucu oluşan hasarlar vardır. Bu hasarlar tüm taşıyıcı sistem tiplerinde meydana gelebilir. Bu hasarlar projelendirme ve imalat sırasında dikkat edilmediği takdirde can ve mal kaybına sebep olabilir. Beşinci olarak çelik sistemlerde uygunsuz çelik birleşimi sonucu oluşan hasarlar vardır. Bu sistemlerde de uygunsuz imalat sonucu can ve mal kayıpları meydana gelebilir.

#### 5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

GES maksimum verimi elde edebilmek, zamanla sistemde oluşabilecek deformasyonu minimuma indirmek ve işi daha ekonomik bir boyuta taşımak için bahsedilen problemlerin önüne geçilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Sisteme etki edilen yükler bahsedilen yönetmelikler dahilinde yapılmalı, yüklerin hesaplanması sırasında sahanın veya çatının bulunduğu konum, yapının şekli, yapı çevresinde oluşan ısı miktarı, yapının komşu binalara yakınlığı, çevre arazi yapısı ve yerel meteorolojik iklim özellikleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Güneş paneli taşıyıcı sistemlerinin imalatı ve montajı sırasında projeye bütünüyle uyulmalı, montaj sırasında varsa tespit edilen eksik detaylar tamamlanmalıdır. Güneş paneli taşıyıcı sistemleri sahaya yerleştirilmeden önce düzgün yapılan araştırma çukuru ve SPT testi (Standart penetrasyon testi) yapılmalı uygulamaya başlamadan önce ön-delgi gerektiren bölgeler raporda verilmelidir. Sahaya yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için varsa sahaya yapılan dolgu zemin kontrol edilmeli, oluşabilecek deformasyonlar önlenmelidir. Zeminde oluşabilecek su birikintilerinin önüne geçebilecek drenaj sistemleri kurulmalıdır. Çelik yapı çatısına yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için çatı kiriş ve aşıklarının taşıma kapasitesi, birleşim detayları, malzeme ve kaynak kaliteleri kontrol edilmelidir. Çelik yapının yetersiz kalması sonucunda ise açıklık ortasına kolon koyma, kolonları uzun yönde bağlama, birleşimlerin desteklenmesi, aşık ekleme/değiştirme gibi önlemlerden yapı için en uygun olanı tercih edilip çelik yapı güçlendirilmelidir. Betonarme yapılara yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için ise beton ve donatı kalitesi, yapının taşıma kapasitesi hesaplanmalı ve hesaplamalar sonucunda panel yerleşimi tamamlanmalıdır. Prefabrik yapılara yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için yapının analizi yapılmalı, analiz sonucunda yanal ötelenme sınır değerleri aşıyorsa makasın düşmesini önleyici her iki taraftan da çelik guse takviyesi yapılmalıdır. Sonuç olarak gerek güneş paneli taşıyıcı sistemi gerekse sistemin üzerine yerleştirildiği çatının veya sahanın gerekli bütün analizleri ve hesaplamaları, hali hazırda geçerli metod ve yapı yönetmeliklerine uygun yapılmalıdır. Bu hesaplar doğrultusunda yapı için en ideal ve en ekonomik yöntem tercih edilerek uygun tesisler inşa edilmelidir.

## KAYNAKÇA

### (Tez Örneği )

- [1] Genç M, *Güneş Paneli Taşıyıcı Sistemlerinde Sık Karşılaşılan Problemler*, Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Programı, İzmir

### (Yalnızca İnternet Ortamında Yer Alan Kaynaklar)

- [2] <https://www.kiracmetal.com>

(Erişim tarihi: 04.10.2024)

- [3] <https://www.sistembirsondaj.com/jet-grouting-yontemi/>

(Erişim tarihi: 04.10.2024)

- [4] <http://www.ftszein.com/?pnum=8&pt=Jet+Grout>

(Erişim tarihi: 04.10.2024)

- [5] <https://www.yenienerji.com/dosya/ges-lerde-konstruksiyon-tasiyici-sistemler-ges-lerin-ayaklari-yere-ne-kadar-saglam-basiyor>

(Erişim tarihi: 04.10.2024)

- [6] <https://soilteknik.com/index.php/services/forekazik-yapim-metodu/>

(Erişim tarihi: 04.10.2024)

## EVCİL KEDİLERDE SIK KARŞILAŞILAN MEME NEOPLAZİLERİ

**Doç.Dr. NİHAT YUMUŞAK**

Harran Üniversitesi,

[nihatyumusak@harran.edu.tr](mailto:nihatyumusak@harran.edu.tr) - ORCID ID: 0000-0002-9299-2902

### ÖZET

Meme tümörleri evcil dişi kedilerde deri ve lenfoid tümörlerinden sonra en sık karşılaşılan üçüncü yaygın tümörlerdir. Dişi kedilerde karşılaşılan tümörlerin %12 gibi önemli bir kısmını oluştururlar. Kedilerde karşılaşılan meme tümörlerinin yaklaşık %85'i oldukça agresif özellikler gösteren kötü huylu tümörlerdir. Çoğunlukla epitelyal kökenli olan kötü huylu tümörler başta bölge lenf yumruları olmak üzere akciğer, karaciğer, böbrek ve plöra gibi birçok organa metastaz yapar. Bu tümörlerin etiyojileri henüz tam olarak aydınlatılamamış olsada yaş, ırk ve progesteron-östrojen hormonlarına maruziyetin tümörlerin oluşumunu tetiklediği bildirilmektedir. Irk yatkınlığının, ilk gebeliğin, gebelik sayısının, yalancı gebeliğin ve östrus siklusundaki düzensizliğin meme tümörlerin oluşumuna neden olabileceği düşünülmektedir. Yaşlı ve genç her yaştaki kedide meme tümörleri ile karşılaşılabilir. 7-9 yaşlı kedilerde yaygın olarak görülsede yaşın ilerlemesi ile tümör görülme sıklığı artar. 12 ile 14 yaşlı kedilerde ise bu tümörlerle karşılaşma oranı oldukça yüksektir. Kedilerde meme tümörleri Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından histomorfolojik yapılarına göre meme hiperplazisi/displazisi, benign tümörler, malign tümörler ve sınıflandırılmayan tümörler olarak dört ana başlıkta sınıflandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kedi, meme, neoplazi



## 1. EVCİL KEDİLERDE SIK KARŞILAŞILAN MEME NEOPLAZİLERİ

Dişi kedilerde meme tümörleri ile yaygın olarak karşılaşılır. Bu tümörler kedilerde görülen tümörlerin toplam %12'sini oluşturur. Erkek kedilerde nadir olarak karşılaşılır. Dişi evcil kedilerde çoğunlukla malign karakterdeki tümörler daha sık görülür. Hemen hemen her yaş grubundaki kedide karşılaşılsada 12-14 yaşlı kedilerde görülme sıklığı artar. Yapılan çalışmalarda kısa tüylü ırklarda tümör görülme sıklığının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca siyam ırklı kedilerde malign tümörlerin görülme oranının diğer ırklara göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Dorn ve ark., 1968; Misdorp, 2002; Skorupski ve ark., 2005; Sorenmo ve ark., 2020; Hayes ve ark., 1981; Moris ve ark., 2013; Von Euler, 2011)..

Kedilerde meme tümörlerinin etiopatogenezi tam olarak bilinmemektedir. Fakat gebelik sayısının, döngü düzensizliği, özellikle progesteron ve östrojen hormonlarına olan maruziyetin bu tümörlerin oluşma riskini artırdığı bildirilmektedir. Gebeliği ve agresif davranışları baskılamak amacıyla uzun süre kullanılan bu hormonlar tümör oluşumunu tetikler (Overley ve ark., 2005; Sorenmo ve ark., 2013; Misdorp ve ark., 1991; Moris, 2013). Yapılan çalışmalarda erken ovariohisterektomi yapılan kedilerde tümör görülme sıklığının yapılmayanlara oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Fakat aynı çalışmada yaşın ilerlemesi ile yapılan kısırlaştırma işleminin erken dönemde yapılan işleme göre daha az başarılı olduğu ve tümör oluşma riskinin geç dönemde yapılanlarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Overley ve ark., 2005; Hayes ve ark., 1981; Overley ve ark., 2005). Ayrıca yüksek kalorili beslenen kedilerde meme tümörü görülme sıklığının arttığı belirlenmiştir. Yine FeLV virüsünün meme tümörlerinin oluşumunda rol aldıkları tespit edilmiştir. Kedilerde malign meme tümörleri lenfojen ve hematojen yollarla bölge lenf yumrularına, karaciğere, akciğere, böbreğe ve dalağa metastazlar yapabilirler (Calafat ve ark., 1977; Feldman ve Gross, 1971; Nunes ve ark., 2011; Weijer ve ark., 1974). Histomorfolojik yapılarına göre yapılan sınıflandırmada kedi meme tümörleri, malign tümörler, benign tümörler, hiperplazik değişiklikler ve tanımlanmamış tümörler olarak dört başlıkta değerlendirilirler (Misdorp ve ark., 1999).

## 2. BENİGN MEME TÜMÖRLERİ

Evcil kedilerde benign meme tümörleri ender görülür (Hampe ve Misdorp, 1974; Sorenmo ve ark., 2013). Bu tümörlerden fibroadenomlar, duktal papillomlar ve benign mikst tümörler başlıca karşılaşılan benign tümörlerdir. Bu tümörlerin morfolojik ortak özellikleri geniş bir bağdokusundan stromaya sahip olmalarıdır. Tubullerin ve kanal yapılarının çevresinde geniş alanlar halinde bağdokusu mevcuttur. Tubul hücrelerinden tümörlerde proliferatif değişiklikler dikkati çeker. Genellikle sert kıvamlı olup boz beyaz kesit yüze sahiptirler. Histolojik olarak ise benign kedi meme tümörlerinin malign tümörlerden ve hiperplazik değişikliklerden ayrımını yapmak oldukça güçtür (Cassali ve ark., 2018; Torrigiani ve ark., 2022; Misdorp, 2002; Mayayo ve ark., 2018; Pinto, 2009).

## 3. MALİGN MEME TÜMÖRLERİ

Benign tümörlere oranla daha yaygın olarak karşılaşırlır. Evcik kedilerde karşılaşılan meme tümörlerinin yaklaşık %85'ini malign tümörler oluşturur (Hasan ve ark., 2017). Her yaşta görülebilen bu tümörler 11 yaş üzeri kedilerde daha sık görülür. Karaciğer, böbrek, bölge lenf yumruları ve beyine metastazlar yapabilirler. Yapılan tedavilere genellikle yanıt vermezler ve mortalite oranı oldukça yüksektir. Bu tümörlerden yassı hücreli karsinosarkomlar ve musinöz karsinomlar yaygın olarak görülen türleridir. Makroskopik olarak genellikle tek meme lobunda tek veya birkaç kitleden oluşan solid yapılardır. Yüzeyleri ödemli, ülserli ve yer yer kanamalı olabilir (Antunes, 2014; Misdorp, 2002; Overley ve ark., 2005; Sorenmo ve ark., 2013; von Euler, 2011; Zappulli ve ark., 2005).

#### 4. MEME HİPERPLAZİLERİ

Uzun süre progesterona maruz kalan evcil erkek ve dişi kedilerin meme dokularında hiperplazik değişikliklerle karşılaşılabılır. Bir veya birkaç meme lobunda sert kıvamlı farklı büyüklüklerde kitleler şeklinde görülebilir. Çoğunlukla 2-3 cm büyüklüklerinde iyi sınırlanmış, kapsülle çevrili, multilobuler yapılardır. Yüzeyleri ülserli bazen apseye dönüşebilirler. Kesit yüzleri gri-beyaz renkte ve homojen bir yapıdadır. Histolojik olarak ise loblar arasında ve kanal yapılarında belirgin proliferasyon vardır. Bu yapıların çevresinde ise geniş alanlar şeklinde fibroepiteyal dokuda proliferasyonlar ve ödem mevcuttur (Amorim ve ark., 2006; Antunes, 2014; Mayayo ve ark., 2018; Burstyn, 2010; Gimenez ve ark., 2010; Payan-Carreira, 2013; Simeonov ve Grozeva, 2023).

#### KAYNAKLAR

- [1] Amorim, F. V., Souza, H. J., Ferreira, A. M., & Fonseca, A. B. (2006). Clinical, cytological and histopathological evaluation of mammary masses in cats from Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(6), 379-388.
- [2] Antunes S. C. S. (2014). *Feline Mammary Tumours: A Literature Review*. (Tesis). Coimbra: Universit ria Vasco Da Gama.
- [3] Burstyn, U. (2010). Management of mastitis and abscessation of mammary glands secondary to fibroadenomatous hyperplasia in a primiparturient cat. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 236(3), 326-329.
- [4] Calafat, J., Weijer, K., & Daams, H. (1977). Feline malignant mammary tumors. III. Presence of C-particles and intracisternal A-particles and their relationship with feline leukemia virus antigens and RD-114 virus antigens. *International Journal of Cancer*, 20(5), 759-767.
- [5] Cassali, G. D., Campos, C. B. D., Bertagnolli, A. C., Lima, A. E., Lavallo, G. E., Damasceno, K. A., & Nakagaki, K. Y. R. (2018). Consensus for the diagnosis, prognosis and treatment of feline mammary tumors. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, S o Paulo, 55 (2), 1-17.
- [6] Dorn, C. R., Taylor, D. O. N., Schneider, R., Hibbard, H. H., & Klauber, M. R. (1968). Survey of animal neoplasms in Alameda and Contra Costa Counties, California. II.

- Cancer morbidity in dogs and cats from Alameda County. *Journal of the National Cancer Institute*, 40(2), 307-318.
- [7] Elston, C. W., & Ellis, I. O. (1998). Assessment of histological grade. *The breast*, 13, 356-384.
- [8] Feldman, D. G., & Gross, L. (1971). Electron microscopic study of spontaneous mammary carcinomas in cats and dogs: virus-like particles in cat mammary carcinomas. *Cancer Research*, 31(9), 1261-1267.
- [9] Giménez, F., Hecht, S., Craig, L. E., & Legendre, A. M. (2010). Early detection, aggressive therapy: optimizing the management of feline mammary masses. *Journal of feline medicine and surgery*, 12(3), 214-224.
- [10] Hampe, J. F., & Misdorp, W. (1974). Tumours and dysplasias of the mammary gland. *Bulletin of the World Health Organization*, 50(1-2), 111.
- [11] Hassan, B. B., Elshafae, S. M., Supsavhad, W., Simmons, J. K., Dirksen, W. P., Sokkar, S. M., & Rosol, T. J. (2017). Feline mammary cancer: novel nude mouse model and molecular characterization of invasion and metastasis genes. *Veterinary pathology*, 54(1), 32-43.
- [12] Hayes Jr, H. M., Milne, K. L., & Mandell, C. P. (1981). Epidemiological features of feline mammary carcinoma. *The Veterinary Record*, 108(22), 476-479.
- [13] Mayayo, S. L., Bo, S., & Pisu, M. C. (2018). Mammary fibroadenomatous hyperplasia in a male cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 4(1), 2055116918760155.
- [14] Misdorp, W. (1999). Histological classification of the mammary tumors of the dog and the cat. *World Health Organization International histological classification of tumors of domestic animals second series*, 7, 1-59.
- [15] Misdorp, W. (2002). Tumors of the mammary gland. *Tumors in domestic animals*, 575-606.
- [16] Misdorp, W., Romijn, A., & Hart, A. A. (1991). Feline mammary tumors: a case-control study of hormonal factors. *Anticancer research*, 11(5), 1793-1797.
- [17] Morris, J. (2013). Mammary tumours in the cat: size matters, so early intervention saves lives. *Journal of feline medicine and surgery*, 15(5), 391-400.
- [18] Nunes, G. D. L., Filgueira, F. G. F., de Paula, V. V., da Costa Reis, P. F. C., & Filgueira, K. D. (2011). Neoplasias mamárias em gatas domésticas: possível influência da dieta na etiologia. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA*, 5(2), 11-18.
- [19] Overley, B., Shofer, F. S., Goldschmidt, M. H., Sherer, D., & Sorenmo, K. U. (2005). Association between ovariectomy and feline mammary carcinoma. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 19(4), 560-563.
- [20] Payan-Carreira, R. (2013). Feline mammary fibroepithelial hyperplasia: a clinical approach. *Insights from Veterinary Medicine*, 215-232.
- [21] Pinto, R. M. M. D. O. (2009). Neoplasias mamárias em cadelas e gatas (Bachelor's thesis, Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária).
- [22] Simeonov, R., Grozeva, I. (2023). Epidemiological Retrospective Studies of Feline Mammary Gland Tumours in Bulgaria. *Bulgarian Journal Of Veterinary Medicine*, 2023.

- [23] Skorupski, K. A., Overley, B., Shofer, F. S., Goldschmidt, M. H., Miller, C. A., & Sørenmo, K. U. (2005). Clinical characteristics of mammary carcinoma in male cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 19(1), 52-55.
- [24] Soremno K.U., Worley D.R., Zappulli V. (2020). Tumors of the Mammary Gland. In: Vail D.M., Thamm D.H., Liptak J.M., editors. *Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology*. 6th ed. Elsevier; St. Louis, MO, USA. pp. 604–625.
- [25] Torrigiani, F., Moccia, V., Brunetti, B., Millanta, F., Valdivia, G., Peña, L., ... & Zappulli, V. (2022). Mammary fibroadenoma in cats: a matter of classification. *Veterinary sciences*, 9(6), 253.
- [26] von Euler, H. (2011). Tumours of the mammary glands. In *BSAVA manual of canine and feline oncology (237-247)*. BSAVA Library.
- [27] Weijer, K., Calafat, J., Daams, J. H., Hageman, P. C., & Misdorp, W. (1974). Feline malignant mammary tumors. II. Immunologic and electron microscopic investigations into a possible viral etiology. *Journal of the National Cancer Institute*, 52(3), 673-679.
- [28] Zappulli, V., De Zan, G., Cardazzo, B., Bargelloni, L., & Castagnaro, M. (2005). Feline mammary tumours in comparative oncology. *Journal of dairy research*, 72(S1), 98-106.

## EVCİL KEDİ VE KÖPEKLERDE PYOMETRANIN PATOMORFOLOJİSİ

**Dr. NİHAT YUMUŞAK**

Harran Üniversitesi,

[nihatyumusak@harran.edu.tr](mailto:nihatyumusak@harran.edu.tr) - ORCID ID: 0000-0002-9299-2902

### ÖZET

Pyometra, uterusun akut ya da kronik irinli yangısıdır. Kısırlaştırılmamış 5-7 yaşlı evcil köpek ve kedilerde yaygın olarak karşılaşılr. Endometrial hiperplazi ve kistik dilatasyonlar ile birlikte uterus lumeninde yoğun irinli eksudat birikimi ile karakterizedir. Özellikle uterusun yoğun progesteron salınımına maruz kaldığı diöstrusta ya da yalancı gebeliğe bağlı yüksek progesteron salınımının olduğu dönemde pyometra şekillenir. Ayrıca uzun süre tedavi amacıyla kullanılan progesteron içeren ilaçların kullanılması pyometra riskini arttırmaktadır. Progesteron uterus stromasını ve bez epitelini uyararak uterus içi sağlığının artmasına neden olur. Bu salgı sağlıklı gebeliğin şekillendiği erken dönem embiryonun gelişimini ve beslenmesini sağlarken aynı zamanda bakterilerin üremelerini engeller. Fakat hiperplazik ve kistik değişikliklerin şekillendiği uterusu bu salgı aynı zamanda bakterilerin üremeleri için uygun besi yeri görevi görür. Siklusta gebe kalamayan hayvanlarda açık olan serviksten giren bakteriler pyometra için önemli risk kaynağıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kedi, köpek, pyometra

## PYOMETRA

Pyometra, kısırlaştırılmamış kedi ve köpeklerde yaygın olarak karşılaşılan, akut ya da kronik olabilen ve uterus lumeninde irin birikimi ile karakterize uterusun irinli enfeksiyonudur (Agudela, 2005; Cox, 1970; Fontbonne, 2022). Her yaşta görülebilse de genellikle 6-8 yaşlı kısırlaştırılmamış hayvanlarda karşılaşılr. Hastalığın etiopatogenezi tam olarak bilinmemektedir fakat hormonal değişiklikler, bakteriyel enfeksiyonlar, genetik yatkınlık ve uterus lezyonları pyometranın oluşumunda etkili faktörlerdir. Enfeksiyonun oluşumunda hormonlarının önemli rolü vardır (Agudela, 2005; Cox, 1970; Fontbonne, 2022; Johnson, 2022; Kenny ve ark., 1987). Özellikle uterusun yoğun progesteron salınımına maruz kaldığı diöstrus döneminde ya da yalancı gebeliğe bağlı yüksek progesteron salınımının olduğu dönemde pyometra şekillenebilir. Ayrıca uzun süre tedavi amacıyla kullanılan progesteron içeren ilaçların kullanılması pyometra riskini arttırmaktadır. Östrus döngüsü döneminde uterustan salgılanan progesteron uterusun gebeliğe hazırlanması için uterusun kalınlaşmasını ve uterus bezlerinden salgı artışına neden olur. Bu salgı sağlıklı gebeliğin şekillendiği erken dönem fötüsün gelişimini ve beslenmesini sağlarken aynı zamanda bakterilerin üremelerini engeller (De Bosschere ve ark., 2001; Garcia ve ark., 2014; Hagman, 2018; Hagman ve ark., 2014). Fakat tekrarlayan ve gebeliğin şekillenmediği siklus sonrası progesteron etkisi altında kalan uterusta hiperplazik ve kistik değişikliklerin şekillenebilir. Aynı zamanda artan uterus içi sıvı bakterilerin üremesi için uygun ortam hazırlar. Özellikle bu dönemde serviksin açık olması uterusu bakterilerin girişini kolaylaştırır. Kedi ve köpeklerde yapılan araştırmalarda pyometraya en yaygın olarak E. Koli bakterilerinin neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Streptokoklar, Psödomonaslar, Stafilokoklar, Proteuslar, Enterobakteriler ve Klebsialar pyometraya neden olabilirler (De Bosschere ve ark., 2001; Garcia ve ark., 2014; Hagman, 2018; Hagman ve ark., 2014; Hollinshead ve Krekeler, 2016; Johnson, 1994; Nak ve ark., 2005; Verstegen ve ark., 2008).

Pyometra genellikle siklus sonrası 2. veya 4. ayda sistemik ya da lokal klinik belirtiler gösterir. Lokal klinik bulgular serviksin açık ya da kapalı olmasına göre farklılıklar gösterir. Açık serviks durumunda mukopurulent karakterde bazen kanamalı vajinal akıntı görülür (Hagman ve ark., 2006; Jhonson, 1994). Hafif olgularda kedilerin kendilerini yalamaları sonucu bu belirti gözden kaçarak enfeksiyon kronik aşamaya geçebilir. Kapalı serviks durumunda ise uterusta biriken irinden dolayı karında şişkinlik dikati çeker. Sistemik klinik bulgular ise nonspesifik olup, halsizlik, İştahsızlık, solunum güçlüğü, kusma, polidipsi, poliüri, kilo kaybı ve taşikardi görülebilir. Şiddetli enfeksiyonlarda uterusun yırtılması, böbrek yetersizliği, peritonitis ve özellikle uterus lumeninde biriken bakteri toksinlerinin kana karışması ile endotoksemiye bağlı ölüm şekillenebilir (Hagman ve ark., 2006; Jhonson, 1994; Nath ve ark., 2009; Potter ve Gallina, 1991).

Pyometranın patomorfolojik bulguları tipiktir. Servisin kapalı olduğu durumlarda makroskobik olarak uterus fluktuan kıvamlı, kornular irinle doludur. Uterus duvarı kalınlaşmış, damarlar dolgun ve hiperemiktir. Lumeni açıldığında koyu akışkan kıvamlı ve bazen kan içeren mukopurulent içerik bulunur (Al-Zubaidi ve ark., 2023; Deniz ve ark., 2005; Dow, 1959). Endometriumda kistik endometrial değişiklikler görülebilir. Serviksin açık olduğu durumlarda

ise uterus duvarı kalınlaşmış ve hiperplazik değişiklikler görülür. Uterus lumeninde eksudat ya görülmez ya da çok az miktarda görülür. Histopatolojik olarak pyometrada endometriyumda kistik ve hiperplazik değişiklikler belirgin olarak görülür. Endometriumdaki epitel hücrelerinde dejenerasyonlar, nekroz ve vakuolleşmeler görülebilir. Uterusun birçok katmadan ödem ve nötrofil birikimi vardır (Al-Zubaidi ve ark., 2023; Deniz ve ark., 2005; Dow, 1959; Greene ve ark., 1998; Hasan ve ark., 2021; Nelson ve Feldman, 1986; Misk ve El-Sherry, 2020).

## GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Önemli sonuçları olmasına rağmen kedi ve köpeklerde pyometranın etiopatogenezi hakkında yeterli bilgi henüz tam olarak bulunmamaktadır. Çok faktörlü sebeplere bağlı olarak oluşan pyomerta siklusu takip eden dönemde oluştuğu bilinmektedir. Gebelik önleyici ilaçların kullanımını önemli sebepler arasında yer alır. Kesin tedavi olarak ovariohisterektomi yöntemi yaygın olarak tercih edilmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Agudelo, C. F. (2005). Cystic endometrial hyperplasia-pyometra complex in cats. A review. *Veterinary quarterly*, 27(4), 173-182.
- [2] Al-Zubaidi, S. F., Alneamah, G. A. A., Mahdi, A. S., & Wali, A. A. (2023). Pyometra in the queen: evaluation of different methods of treatment. *International Journal of Veterinary Science*, 1-5.
- [3] Da Silva Flores, F., Braga, D. N., Costa, E. P., da Rosa, C. C., & Corrêa, L. F. D. (2023). Infectious diseases linked to the reproduction of canids and felids. *Seven Editora*.
- [4] De Bosschere, H., Ducatelle, R., Vermeirsch, H., Van Den Broeck, W., & Coryn, M. (2001). Cystic endometrial hyperplasia-pyometra complex in the bitch: should the two entities be disconnected? *Theriogenology*, 55(7), 1509-1519.
- [5] Deniz, N., Deniz, M., Yavuz, N., & Abdülkadir, K. (2005). Cytology and pathology in a controlled study of pyometra in cats. *Australian Veterinary Practice* 35 (1): 10-14.
- [6] Dow, C. (1959). The cystic hyperplasia-pyometra complex in the bitch. *Journal of comparative pathology* 69: 237-250.
- [7] Fontbonne, A. (2022). Infertility in queens: clinical approach, experiences and challenges. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(9), 825-836.
- [8] García Mitacek, M. C., Stornelli, M. C., Tittarelli, C. M., Nuñez Favre, R., de la Sota, R. L., & Stornelli, M. A. (2014). Cloprostenol treatment of feline open-cervix pyometra. *Journal of feline medicine and surgery*, 16(2), 177-179.
- [9] Graham, E. M., & Taylor, D. J. (2012). Bacterial reproductive pathogens of cats and dogs. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 42(3), 561-582.
- [10] Greene, C.E., Miller, M.A., & Brown, C.A. (1998). Pyometra in bitches induces elevated plasma endotoxin and cystic endometrial hyperplasia complex. *Infectious Diseases of Dog and Cat*. Philadelphia, London: 623-626.

- [11] Hagman, R. (2018). Pyometra in small animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 48(4), 639-661.
- [12] Hagman, R., Holst, B. S., Möller, L., & Egenvall, A. (2014). Incidence of pyometra in Swedish insured cats. *Theriogenology*, 82(1), 114-120.
- [13] Hagman, R., Kindahl, H., & Lagerstedt, A. S. (2006). Pyometra in bitches induces elevated plasma endotoxin and prostaglandin F 2 $\alpha$  metabolite levels. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 47, 1-14.
- [14] Hasan, T., Hossain, M. M., Tahsin, N., Hossain, M. A., & Uddin, A. M. (2021). Pyometra in a cat: a clinical case report. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 37(5), 29851-29856.
- [15] Hollinshead, F., & Krekeler, N. (2016). Pyometra in the queen: to spay or not to spay?. *Journal of feline medicine and surgery*, 18(1), 21-33.
- [16] Johnson, A. (2022). Diagnosis and medical treatment of pyometra in the queen. *Clinical Theriogenology*, 14(3), 151-154.
- [17] Kenney, K. J., Matthiesen, D. T., Brown, N. O., & Bradley, R. L. (1987). Pyometra in cats: 183 cases (1979-1984). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 191(9), 1130-1132.
- [18] Misk, T. N., & EL-sherry, T. M. (2020). Pyometra in cats: Medical versus surgical treatment. *Journal of Current Veterinary Research*, 2(1), 86-92.
- [19] Nak, D., Misirlioglu, D., Nak, Y., & Keskin, A. (2005). Clinical laboratory findings, vaginal cytology and pathology in a controlled study of pyometra in cats. *Aust Vet Pract*, 35(1), 10-14.
- [20] Nath, K., Tiwari, S. K., & Osamah Kalim, M. (2009). Physiological and haematological changes in bitches with Pyometra. *Indian veterinary journal*, 86(7), 734-736.
- [21] Nelson, R. W., & Feldman, E. C. (1986). Pyometra. *Veterinary clinics of North America: Small animal practice*, 16(3), 561-576.
- [22] Potter, K., Hancock, D. H., & Gallina, A. M. (1991). Clinical and pathologic features of endometrial hyperplasia, pyometra, and endometritis in cats: 79 cases (1980-1985). *Journal of the American veterinary medical association*, 198(8), 1427-1431.
- [23] Verstegen, J., Dhaliwal, G., & Verstegen-Onclin, K. (2008). Mucometra, cystic endometrial hyperplasia, and pyometra in the bitch: advances in treatment and assessment of future reproductive success. *Theriogenology*, 70(3), 364-374.



## KAPLANMIŞ VE KAPLANMAMIŞ YONCA TOHURLARININ EKİMİNDE VERİM VE VERİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

**Aslı AKSAKAL OĞUZGÖKSU**

Ziraat Mühendisi

[aslnaksklfb@gmail.com](mailto:aslnaksklfb@gmail.com) - <https://orcid.org/0009-0004-6157-7505>

**Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU**

Selçuk Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

[marakoglu@selcuk.edu.tr](mailto:marakoglu@selcuk.edu.tr) - <https://orcid.org/0000-0002-2824-116X>

### ÖZET

Bu araştırmada kaplanmamış ve farklı oranlarda kaplanmış yonca tohumlarının tek dane hassas ekim makinesi ve klasik tahıl ekim makinesi ile ekilmesinin verim ve verim parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Denemeler Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar Araştırma ve Üretim Çiftliği'nde yapılmıştır. Denemelerde, klasik ekim makinesi ile kaplanmamış yonca tohumları ve 1-1,5 oranda kaplanmış yonca tohumları ve pnömatik ekim makinesi ile 1-4 oranında kaplanmış yonca tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek yaş ot verimi dekara 3257 kg ile pnömatik ekim makinesi olan uygulamadan (U3) ve bunu sırasıyla 2879 kg/da ile klasik ekim makinesinin 1-1,5 oranda kaplanmış yonca tohumları uygulaması (U2), 2579 kg/da ile klasik ekim makinesinin kaplanmamış yonca tohumları uygulamasından (U1) elde edilmiştir. En yüksek kuru ot verimi 964 kg/da ile U3 uygulamasından, bunu sırasıyla 850 ve 770 kg/da ile U2 ve U1 uygulamasından elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekim, Kaplanmış tohum, Verim, Yonca

### DETERMINATION OF YIELD AND YIELD PARAMETERS IN SOWING OF COATED AND UNCOATED ALFALFA SEEDS

### ABSTRACT

In this study, the effects of sowing uncoated and coated alfalfa seeds at different rates with single grain precision seeder and conventional grain seeder on yield and yield parameters were investigated. The experiments were conducted at Selçuk University, Faculty of

Agriculture, Sarıcalar Research and Production Farm. In the experiments, uncoated alfalfa seeds and alfalfa seeds coated at 1-1,5 ratio were sown with conventional seeder and alfalfa seeds coated at 1-4 ratio were sown with pneumatic seeder.

According to the results of the research; the highest fresh herbage yield was obtained from the pneumatic seeder application (U3) with 3257 kg per decare, followed by the clover seed application (U2) with 2879 kg/ha and the clover seed application (U1) with 2579 kg/ha. The highest dry grass yield was obtained from U3 treatment with 964 kg/da, followed by U2 and U1 treatments with 850 and 770 kg/da, respectively.

**Keywords:** Sowing, Coated seed, Yield, Alfalfa

## 1. GİRİŞ

Toplum için sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik, ülke insanların yeterli beslenmesi sağlayan bir tarım sektörünün oluşturulabilmesiyle mümkün olacaktır. Bu amaç doğrultusunda en önemli unsurlardan biri ise yem bitkileri ve hayvansal üretimde meydana gelebilecek artışlardır. Yem bitkileri, hayvancılık işletmelerinin teminatı ve en önemli girdi kaynaklarıdır (yaklaşık %70) (Özkan, 2020). Ana veya ikincil ürün olarak ülkemizin her kesiminde yem bitkileri yetiştirilmektedir. İnsan beslenmesinde kullanılan bitkiler haricinde, kırmızı etin sofralarımıza gelebilmesi için yem bitkileri ve çayır meralarının etkinliği ilk sıradadır. Bu bakımdan yem bitkilerinin ekim alanlarının genişletilmesi, uygulanan yöntemlerin iyileştirilmesi ve gerekli tohum ıslahlarının yapılması yem bitkileri tarımı için faydalı olacaktır (Açıkgöz & Demirel, 2021). Ülkemizde yonca ekimi, genel olarak yonca tohumları gübre veya kum ile belirli oranlarda karıştırılarak kombine hububat ekim makinesi ile yapılmaktadır. Ancak yine de tohum boyutunun çok küçük olması nedeniyle kullanılacak tohum miktarı artmakta, ekim sırasında homojen bir dağılım sağlanamamaktadır.

Türkiye'nin yıllara göre büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları ile Türkiye'nin yıllara göre yonca ekim alanı ve üretim miktarındaki değişim Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir (Anonim, 2023a, 2023b).

**Çizelge 1.** Türkiye yıllara göre büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları (Anonim, 2023a)

Yıllar	Büyükbaş	Küçükbaş	Toplam
2019	17 872 331	48 481 479	66 353 810
2020	18 157 971	54 112 626	72 270 597
2021	18 036 117	57 519 204	75 555 321
2022	17 023 791	56 265 750	73 289 541
2023	16 583 005	52 363 410	68 946 415

**Çizelge 2.** Türkiye'nin yıllara göre yonca ekim alanı ve üretim miktarındaki değişim (Anonim, 2023b)

Yonca Ekimi		
Yıllar	Ekim Alanı (da)	Yeşil ot (ton)
2019	6 412 128	17 949 264
2020	6 628 887	19 290 519
2021	6 730 474	19 310 959
2022	6 435 927	19 064 213
2023	6 004 043	18 296 282

Tarımsal üretimin kaliteli ve başarılı olabilmesi ekilen tohumun üniform bir şekilde ekilebilmesi, eksiksiz şekilde çimlenerek istenilen bitki sıklığının sağlanabilmesi, üretilen bitkiden yüksek verimin elde edilebilmesi ile mümkün olmaktadır (McDonald, 2000). Bu bağlamda tohum büyüklüğünün üniform olmaması çimlenme ve çıkış hızlarından farklılıklar meydana getirmekte ya da çimlenmeyi engellemektedir. İyi bir çimlenmeyi sağlamak, bitkiyi hastalık ve zararlılara karşı korumak, orijinal halinden daha büyük ve belirgin şekilde olmasını sağlamak amacıyla tohum kaplama yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. 1930'lu yıllarda ilk olarak Almanlar tarafından buğdaygiller familyasında uygulanmaya başlanmış olan bu yöntem ile tohumların birçok ekim makinesi ile istenen sıra arası mesafe ve derinliğe ekilebilmesi mümkün kılınmaktadır. Yaygın kullanımı ise 1960'lı yıllarda sera endüstrisinde kullanılan tohumların kaplanarak sıraya ayrı ayrı tohum ekilmesi ile başlamıştır. Tohum kaplama işlemlerinin uygulandığı bitkiler arasında yonca bitkisi ilk sıralarda yer almaktadır ((Kurosawa, 1976; Valdes et al., 1985); (Taylor et al., 1998) ;(Bradford, 1986)).(Kim et al., 2005), Pnömatik ekim yöntemi ile kaplanmış yonca tohumlarının meralarda yüzeysel ekimlerde başarı oranını arttırarak iyi bir çimlenme ve fide gelişimi sağladığını bildirmektedir. Geleneksel ekim yöntemlerine göre daha az tohum kullanılması maliyeti azaltmaktadır. Günümüzde sıraya ekim sistemi pnömatik hassas

ekim makineleri ile tek dane ekim şeklinde uygulanmaktadır (Uygan ve Güler, 2005). Ancak, tek dane ekim yapılabilmesi için nispeten daha büyük çaplı tohumlara ihtiyaç duyulmaktadır (Valdes et al., 1985).

Pnömatik hassas ekim makinesi ile ekim yönteminde yonca tohumları hassas bir şekilde tohum yatağına yerleştirilir. Bu durumla tohumların doğru derinliğe ve doğru aralıkta ekildiği garantilenmekte aynı zamanda tohum tasarrufu da sağlanmış olmaktadır. Dekara atılan tohum miktarları kıyaslandığında serpme ekimde ki tohumluk sarfiyatının ekim makinesine kıyasla 2 kattan fazla olduğu görülmektedir (Serpme ekimde 4-5 kg/da makineli ekimde 2-2,5 kg/da).

Çalışmamızda; klasik hububat ekim makinesi ve pnömatik hassas ekim makinesi ile kaplanmış ve kaplanmamış yonca tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiş, yaş ve kuru ot verimlerinin kıyaslanması yapılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal ve Metod

Denemeler 2023 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde gerçekleştirilmiştir.

5 dekar alanlık bölge kenarlardan 1'er metre ekim yapılmayacak şekilde boş bırakılarak 3 parçaya ayrılmıştır. Deneme alanının şeması Görsel 1'de gösterilmiştir.

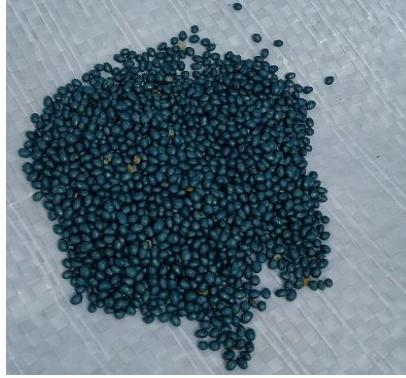


Görsel 1. Deneme Alanı

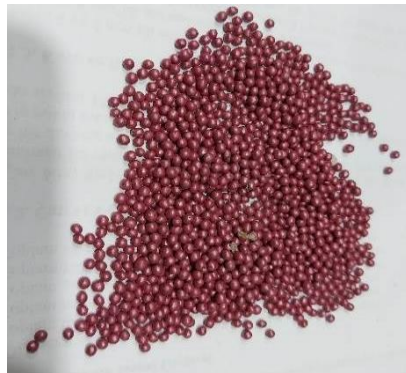
Denemede kullanılan kaplanmamış yonca tohumları Bilensoy-80 çeşididir ve Görsel 2’ de verilmiştir. Kaplanmış yonca tohumları sırasıyla 1-1.5 kaplı tohum (Görsel 3) (1 kg çıplak tohum + 1.5 kg kaplama malzemesi) bin dane ağırlığı 5.62 gr, 1-4 kaplı tohum (Görsel 4) (1 kg çıplak tohum + 4 kg kaplama malzemesi) bin dane ağırlığı 11.80 gr’dır. Kaplanmamış yonca tohumunun ise bin dane ağırlığı 2.12 gr’dır.



**Görsel 2. Kaplanmamış Yonca Tohumları**



**Görsel 3. 1-1.5 Oranda Kaplanmış Yonca Tohumu**



**Görsel 4. 1-4 Oranda Kaplanmış Yonca Tohumu**

Denemelerde kaplanmamış ve 1-1.5 oranında kaplanmış yonca tohumlarının ekiminde kombine hububat mibzeri kullanılmıştır. Çıplak tohumlarda ekim normu 6 kg/da,

1-1.5 oranda kaplanmış yonca tohumlarında ise ekim normu 3 kg/da olacak şekilde ayarlanmıştır.

1-4 kaplama oranlı yonca tohumlarının ekim işleminde sıra arası mesafeleri 22 cm ve sıra üzeri mesafesi 1.5 cm olan, ekici disk üzerinde 1.5 mm çapında 138 adet delik bulunan, 6 sıralı hassas ekim makinesi kullanılmıştır. Pnömatik hassas ekim makinesinin ekim normu metre kareye 302 adet olacak şekilde ayarı yapılmıştır.

Denemede kullanılan uygulamalar aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. Uygulamalar;

**U1:** Kombine hububat mibzeri ile çıplak yonca tohumlarının ekilmesi. Sıra arası 14 cm olan kombine hububat ekim makinesi kullanılmıştır.

**U2:** Kombine hububat mibzeri ile 1-1.5 oranında kaplanmış yonca tohumlarının ekilmesi. Sıra arası 14 cm olan kombine hububat ekim makinesi kullanılmıştır.

**U3:** Pnömatik hassas ekim makinesi ile 1-4 oranında kaplanmış tohumların ekilmesi. 21 cm sıra arası, 1.5 cm sıra üzerine sahip pnömatik hassas ekim makinesi kullanılmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

#### 3.1.Yaş Ot Verimi Sonuç ve Değerlendirmesi

Biçim öncesinde 3 farklı uygulamanın yapıldığı her bir parselden 5'er tekerrür olacak şekilde 1 m<sup>2</sup>'lik alan rastgele seçilerek, yıl içerisinde 3 kez biçim yapılmıştır. Biçilen yeşil otlar el kantarı ile tartılarak 1 m<sup>2</sup>'deki yeşil ot verimleri saptanmıştır. Daha sonra dekara tahvil edilerek yeşil ot verimi kg/da cinsinden hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Denemeye ait yaş ot değerleri

Biçim Sayısı	Tekerrür Sayısı	U1 (kg/da)	U2 (kg/da)	U3 (kg/da)
1.	T1	856	932	1061
	T2	880	938	1075
	T3	873	927	1080
	T4	880	932	1065
	T5	853	945	1055
<b>Ort.</b>		<b>868.4</b>	<b>934.8</b>	<b>1067.2</b>
2.	T1	900	1015	1050
	T2	877	1020	1136
	T3	889	1045	1213
	T4	868	1026	1120

	T5	876	1055	1250
<b>Ort.</b>		<b>882</b>	<b>1032.2</b>	<b>1153.8</b>
<b>3.</b>	T1	813	920	992
	T2	835	904	1009
	T3	825	927	1060
	T4	837	915	1080
	T5	835	894	1039
<b>Ort.</b>		<b>829</b>	<b>912</b>	<b>1036</b>
<b>Toplam</b>		<b>2579.4</b>	<b>2879</b>	<b>3257</b>

Çizelge 3’de görüldüğü üzere en yüksek yaş ot verimi U3 uygulaması olan 1-4 oranında kaplanmış yonca tohumlarının ekildiği parselden alınmıştır. Bu alandaki yaş ot verimi toplam üç biçim sonrası dekardan 3257 kg olarak hesaplanmıştır. Diğer alanlardaki verimler ise sırasıyla U1’de U2’de 2579.4 kg/da ve 2879 kg/da olarak hesaplanmıştır. Denemelerde U1, U2 ve U3 uygulamalarına ait yaş ot verimi değeri üzerinde yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.** U1, U2 ve U3 uygulamalarına ait yaş ot verimi değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	F	P
Makine	2	158.59**	0.000
Hata	12		
Genel	14		

\*\*p<0,05

Uygulamalar	Yaş Ot Verimi Değeri (kg/da)
U1	2579c
U2	2879b
U3	3257a

Varyans analizi sonuçlarına göre uygulamalar arasında en yüksek yaş ot verimi 3257 kg/da ile U3 uygulamasından elde edilmiştir. U1 ve U2 uygulamalarında ise verim değerleri sırasıyla 2579 ve 2879 kg/da olarak bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Yapılan araştırmalara göre; Öztürk (2022) 4939-6606 kg/da, (Benği, 2022) 5351-8501, Aksoy (2023) kaplanmış tohumlarda 8501 kg/da, çıplak tohumlarda 8595 kg/da yeşil ot verimleri elde etmişlerdir.

### 3.2. Kuru Ot Verimi Sonuç ve Değerlendirmesi

Biçilen yeşil otlar kurutulmak üzere güneşe serilmiştir. 8 gün sonrasında tam kuruma sağlandığında her bir bölgeden alınan numuneler el kantarı ile tartılmıştır. Daha sonra dekara tahvil edilerek ot verimi hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Denemeye ait kuru ot değerleri

Biçim Sayısı	Tekerrür Sayısı	U1 (kg/da)	U2 (kg/da)	U3 (kg/da)
1.	T1	232	236	305
	T2	215	256	320
	T3	268	281	315
	T4	275	285	335
	T5	247	301	305
<b>Ort.</b>		247.4	277.2	316
2.	T1	297	320	378
	T2	296	321	326
	T3	297	339	350
	T4	302	345	356
	T5	293	330	350
<b>Ort.</b>		297	331	352
3.	T1	210	232	300
	T2	235	240	289
	T3	230	252	300
	T4	227	244	290
	T5	230	242	305
<b>Ort.</b>		226.4	242	296.8
<b>Toplam</b>		770.8	850.2	964.8

Çizelge 5 incelendiğinde en fazla kuru ot verim değerlerinin 964.8 kg/da ile 1-4 oranında pnömatik hassas ekim makinesi ile ekilmiş kaplanmış yonca tohumlarında olduğu görülmektedir. Denemelerde U1, U2 ve U3 uygulamalarına ait kuru ot verimi değeri üzerinde yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. U1, U2 ve U3 uygulamalarına ait kuru ot verimi değeri üzerinde yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	F	P
Makine	2	65.43**	0.000
Hata	12		
Genel	14		

\*\*p<0,05

Uygulamalar	Kuru Ot Verimi Değerleri (kg/da)
U1	770.80c
U2	850.20b
U3	964.80a



Varyans analizi sonuçlarına göre uygulamalar arasında en yüksek kuru ot verimi 964.8 kg/da ile U3 uygulamasıdır. U1 ve U2 uygulamalarında ise verim değerleri sırasıyla 770.8 ve 850.2 kg/da olarak bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Diğer araştırmalarda kuru ot verimlerinin Kökten et al. (2011) 1136.3 kg/da, Mutlu (2019) tam çiçeklenme döneminde 1227.1 kg/da, bakla bağlama döneminde 1187.2 kg/da, Öztürk (2022) 1426-1715 kg/da olduğunu bildirmişlerdir.

Kuru ot verimlerinin yapılan diğer araştırma sonuçlarından daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi İç Anadolu bölgesinde TMO'nun Aralık 2023 Raporu'na göre, yağışların geçen yıla kıyasla artmasına karşılık sıcaklıkların mevsim ortalamalarının üzerinde gerçekleşmiş olmasıdır. Sıcakların yükselmesine bağlı olarak ise fare popülasyonunda artış gözlemlenmiştir. Tarla fareleri çayır mera bitkileri, tohum ve meyveleri yemek, kemirmek ve kesmek suretiyle ürünlere zarar vermektedir (Anonim, 2023d).

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sonuç olarak denemelerde her üç uygulama için (U1-U2 ve U3) yıl içerisinde yapılan biçimler sonucu elde edilen toplam yaş ot verim değerleri sırasıyla; 2579.4 kg/da, 2879 kg/da, 3257 kg/da, kuru ot verim değerleri ise sırasıyla; 770.8 kg/da, 850.2 kg/da, 964 kg/da bulmuşlardır. En yüksek kuru ve yaş ot verimlerinin pnömatik hassas ekim makinesi ile U3 uygulamasından elde edildiği görülmektedir.

Yapılan benzer çalışmalarda kuru ot verimlerini Kökten et al. (2011) 1136.3 kg/da, Turan and Çelen (2017) 737.5 kg/da, Mutlu (2019) tam çiçeklenme ve bakla bağlama döneminde 1227.1 kg/da, 1187.2 kg/da, Aksoy (2023) kaplanmış tohumda 1954 kg/da, çıplak tohumda 1977.3 kg/da olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır. Yonca ekiminde en uygun uygulamanın, pnömatik hassas ekim makinesi ile 1-4 oranında kaplanmış yonca tohumun olduğu ekim işleminden yapılan araştırmamız sonucunda elde edilmiştir.

Sonuç olarak; Tarımda verim artışı elde edebilmek için öncelikle tarımda kullanılan tarımsal girdilerin azaltılması, iyileştirilmesi ve kalitelerinin artırılması gerekmektedir. Bu girdiler içerisinde birinci sırayı tohum almaktadır ve tohumu da kaliteli olarak kullanmak gerekmektedir. Tohumun kaliteli olması; çimlenmesi yüksek, hastalıktan ve zararlılardan arınmış demektir.

Tohum kalitesini artırmanın başında ise tohum kaplama gelmektedir. Tohum kaplama ile şekli düzgün olmayan tohumların homojen bir hale getirilmesi ve çok küçük olan tohumların ise büyütülmesi ile küçük tohumların ekim makineleriyle istenilen ve yeterli düzeyde ekim normunun sağlanarak tohumdan tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada öne çıkan bu veriler ışığında yonca yetiştiriciliği yapacak üreticiler için kaplanmış tohum kullanmaları tavsiye edilebileceği söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Açıkgöz, E., & Demirel, M. (2021). Van ili İpekyolu ilçesinde üretilen yonca kuru otunun hasattan depolamaya kadar besin madde kompozisyon düzeyindeki değişimin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(1), 121-132.
- Anonim. (2023a). *Türkiye yıllara göre büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları* <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>
- Anonim. (2023b). Türkiye'nin yıllara göre yonca ekim alanı ve üretim miktarındaki değişim. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Anonim. (2023c). *Deneme yılına ait meteorolojik veriler* <https://www.mgm.gov.tr/>
- Anonim. (2023d). *2023 Fenolojik Değerlendirme Raporu*. <https://www.tmo.gov.tr/bilgi-merkezi/fenolojik-degerlendirme-raporu>
- Aksoy, İ. H. (2023). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi iklim şartlarına uygun farklı yonca (Medicago sativa L.) çeşitlerinin adaptasyonu ile ot verim ve kalitelerinin karşılaştırılması* (Publication Number 839813) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ]. tez yük.
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress. *HortScience*, 21(5), 1105-1112.
- Benği, E. (2022). *arklı tohum miktarı ve sıra arası mesafelerin yonca (Medicago sativa L.)'nın ot verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkileri* (Publication Number 717895) Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi ]. tez yük.
- Kim, J., Kwon, C., Kim, S., Kim, J., & Hur, S. (2005). Development of Seed Pelleting Technique for Surface Sowing of Alfalfa. *Journal of Animal Science and Technology*, 47(3), 475-480.
- Kökten, K., Çınar, S., & Hatipoğlu, R. (2011). Çukurova Bölgesinin sulu koşullarında bazı çokyıllık baklagi ve buğdaygil yembitkilerinin ot verimleri ve ot kaliteleri üzerinde araştırmalar.
- Kurosawa, T. (1976). Effect of seed coating with calcium peroxide on seedling-stand in the mechanized direct sowing rice culture on the paddy field. 3. The relationship between seedling-stand and depth of seeding under various water temperature. *Tohoku J. Crop Sci.*, 18, 9-11.
- McDonald, M. B. (2000). Seed priming. *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield, 287-325.
- Mutlu, Z. (2019). Bazı yonca çeşitlerinde farklı biçim zamanı uygulamalarının ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri.
- Özkan, U. (2020). Türkiye yem bitkileri tarımına karşılaştırmalı genel bakış ve değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 29-43.

- Öztürk, T. (2022). *Farklı gelişme dönemlerinde hasat edilen yonca (Medicago sativa L.)'nın verim ve verim özellikleri yönünden değerlendirilmesi* (Publication Number 766650) [Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi].
- Taylor, A., Allen, P., Bennett, M., Bradford, K., Burris, J., & Misra, M. (1998). Seed enhancements. *Seed science research*, 8(2), 245-256.
- Turan, N., & ÇELEN, A. E. (2017). Bazı yonca (Medicago sativa L.) çeşitlerinin farklı ekim zamanlarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 1(1), 7-37.
- Uygan, F., & Güler, İ. E. (2005). Pnömatik tahıl ekim makinalarında farklı tip dağıtma başlıkları, hava hızı ve ekim normunun akış düzgünlüğüne etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 59-67.
- Valdes, V. M., Bradford, K. J., & Mayberry, K. S. (1985). Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. *HortScience*, 20(6), 1112-1114.

## LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND CONDITION FACTOR *Barbus lacerta* Heckel, 1843 IN THE MUNZUR RIVER

**Doç. Dr. Ebru İfakat ÖZCAN**

Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye.  
ebruoz@munzur.edu.tr, 05317409095  
ORCID NO: 0000-0003-2017-6647

**Doç. Dr. Osman SERDAR**

Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye.  
oserdar@munzur.edu.tr, 05056959334  
ORCID NO: 0000-0003-1744-8883

### ABSTRACT

In this study; some features were investigated such as length-weight and condition factor of *Barbus lacerta* Heckel, 1843 were obtained in 2019-2021 from Munzur River. A total of 88 *B. lacerta*, 51 (58.0%) females and 37 (42.0%) males. The female:male ratio was calculated as 1.00/0.73. The total length and weight of all individuals of *B. lacerta* ranged between 9.4-21.6 cm and 7.9-83.3 g and average length was found  $14.41 \pm 0.25$  cm in the Munzur River. It was observed that the most dominant length groups were 13.0-14.9 cm and 15.0-16.9 cm. The length-weight relationship of *B. lacerta* was found as  $W = 0.0109L^{2.94}$  ( $R^2 = 0.93$ ) in females,  $W = 0.0069L^{3.12}$  ( $R^2 = 0.92$ ) in males and  $W = 0.0096L^{2.99}$  ( $R^2 = 0.93$ ) in all individuals from Munzur River. The 95% confidence interval of the b value calculated from all individuals obtained was calculated as 2.94-3.45. In addition, it was determined that the b value was not statistically different from 3 in females, males and all individuals (t-test;  $p > 0.05$ ). The growth of *B. lacerta* was determined isometric ( $b=3$ ) in the Munzur River. The condition factor of *B. lacerta* varies between 0.59-1.33 in female and 0.71-1.18 in male in the Munzur River.

**Keywords:** Length-weight relationship, condition factor, *Barbus lacerta*, Munzur River

### 1. INTRODUCTION

*Barbus lacerta* Heckel, 1843 is a fish endemic to the inland waters of the Eastern Anatolia Region in Turkey and was recorded in the Euphrates and Tigris basin region (Geldiay and Balık, 2007). The body of *B. lacerta* is round-shaped, its head is partially dorso-ventrally flattened, and its tail is flattened laterally. There are fleshy lips in the ventrally located mouth and 2 pairs of thick whiskers around these lips. The last unbranched ray of the single dorsal fin is ossified, and 2/3 of the posterior edge of this ray is saw-shaped. The free edges of the other fins are convex and have scattered black spots. In addition, spots scattered on the back of the body, mostly black and sometimes gray or brown, characteristic features of the species (Dağlı, 2013; Adil, 2018). Various studies have been conducted on *B. lacerta* in different water sources before (Çoban et al., 2013; Dartay and Gül, 2013; Nowferesti et al., 2013; Esmacili et al., 2014; Hasankhani et al., 2014; Dopeikar and Keivany, 2015; Radkhah and Eagderi, 2015; Keivany et al., 2016; Serdar and Özcan, 2018; Özcan, 2019).

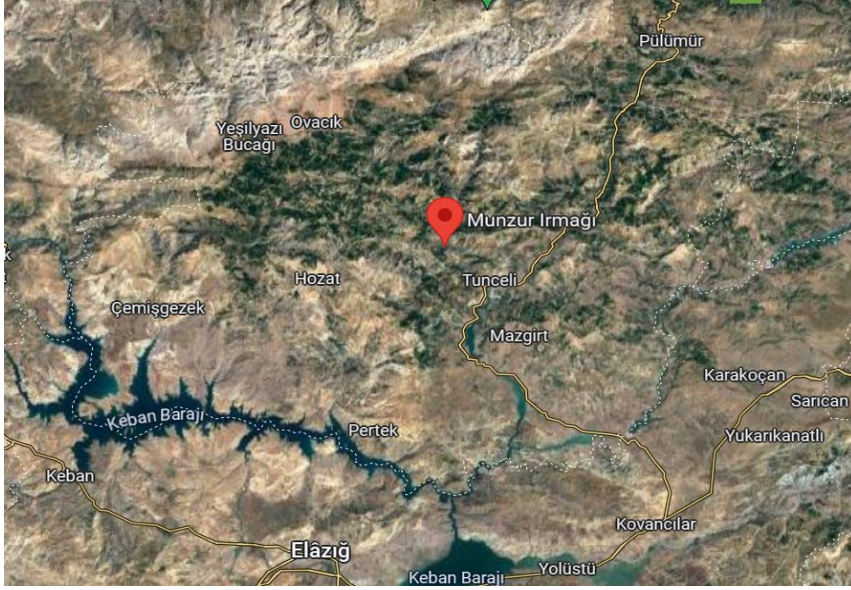
Analyzing the population traits of fish species is essential for effective fisheries management and biological studies. Determining the length-weight relationship parameters in these species is a key aspect enables the estimation of weight based on length, the calculation of condition indices, and comparison of the morphologies and life processes of populations across different habitats emphasizes the importance of these parameters. Such comparisons reveal how environmental variations shape the characteristics and adaptations of fish species, offering valuable insights for ecological studies and fisheries management. (Petrakis and Stergiou, 1995). Additionally, the  $a$  and  $b$  values of the length-weight relationship parameters allow for comparative analyses of the morphological features and life processes of fish populations in diverse environments (Yılmaz et al., 2010). The condition factor in fish, a key indicator of body shape, reflects fitness or relative fatness and primarily indicates the fish's sexual maturity and nutritional status (Le Cren, 1951; Williams, 2000).

This research focused on determining the length-weight relationships and condition factor of *Barbus lacerta* populations in the Munzur River, providing a basis for future comparative studies on *B. lacerta*.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The Munzur River starts from several tributaries on the southern slopes of the central hills of the Munzur Mountains. These tributaries come together in the Ovacık depression, creating the largest plain in the province, before the Munzur River joins the Pülümür River in Tunceli's city center (Saler and Haykır, 2011). The Uzunçayır Dam Lake, built to generate energy on the Munzur River, is also situated in this region (Saler et al., 2014; Bulut et al., 2021).

For this study, 88 specimens of *B. lacerta* were collected from the Munzur River between 2019 and 2021 (Figure 1). Upon collection, the fish were immediately transported to the laboratory. Total length was measured to the nearest millimeter using a measuring board, and weights were recorded with an electronic scale accurate to  $\pm 1$  g. Sex determination was performed by opening the abdominal cavity and examining the gonads: smooth, milky-white gonads indicated male specimens, while granular, greenish-yellow gonads identified female specimens (Lagler et al., 1977).



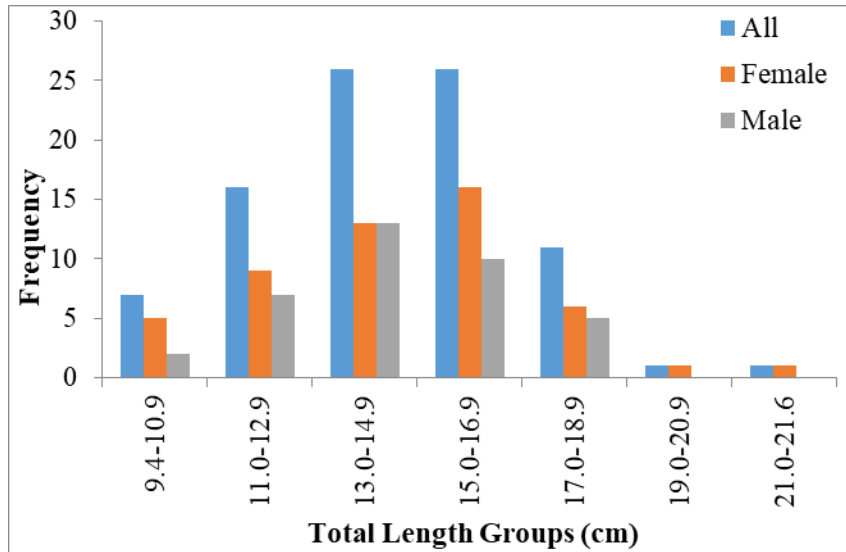
**Figure 1.** Munzur River (URL-1 2023).

The average length and weight values were determined for each sex. The length-weight relationship was determined using the formula  $W=aL^b$  (Bagenal and Tesch, 1978), where  $W$  is the fish's weight in grams,  $L$  is the fish's total length in centimeters, and  $a$  and  $b$  are constants reflecting the relationship. Additionally, the 95% confidence interval (95% CI) for the  $b$  value was calculated for this species (Zar, 1999).

The condition factor, which reflects the nutritional quality of the habitat, was determined using the formula: Condition factor =  $(W/L^3) \times 100$  (Le Cren, 1951).

### 3. RESULTS

A total of 88 *B. lacerta*, 51 (58.0%) females and 37 (42.0%) males was used in this study. The female-to-male ratio of *B. lacerta* was found to be 1.00:0.73. The total length of the fish ranged from 9.4 to 21.6 cm, while their weight varied between 7.9 and 83.3 g, with an average length of  $14.41 \pm 0.25$  cm in the Munzur River. The most prevalent length groups were identified as 13.0-14.9 cm and 15.0-16.9 cm (Figure 2). Additionally, the condition factor for female *B. lacerta* ranged from 0.59 to 1.33, while for males it ranged from 0.71 to 1.18 in the Munzur River (Table 1).



**Figure 2.** Total length-frequency distribution of *B. lacerta* in females, males and all individuals in the Munzur River

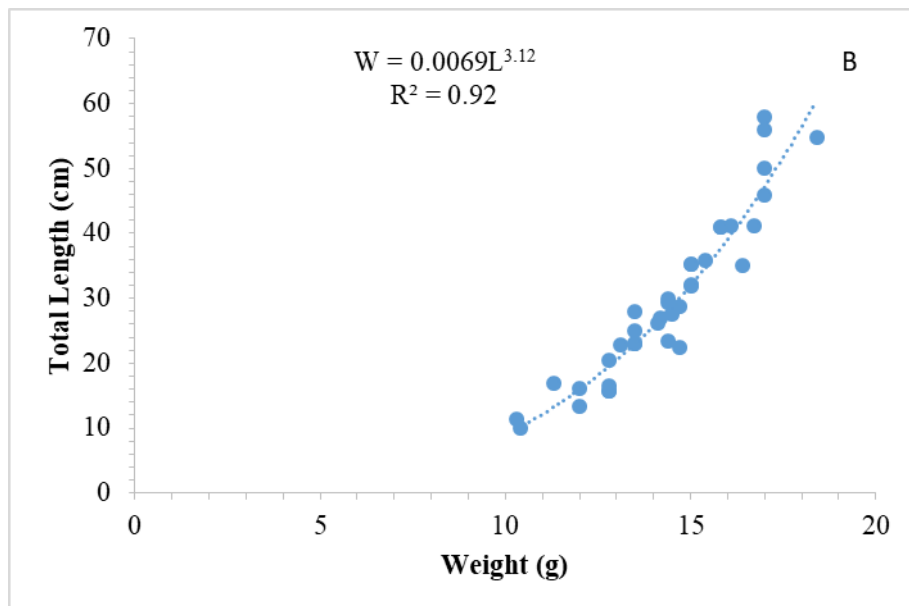
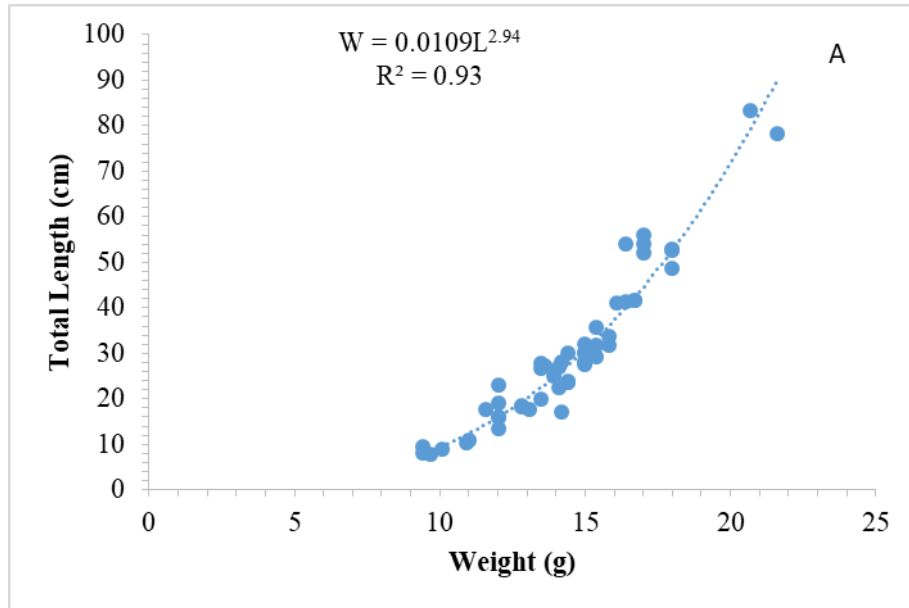
**Table 1.** Length and weight descriptive statistics of *B. lacerta* in Munzur River

Species	Sex	n	Total Length		Weight		Condition Factor	
			Mean±S.E	Min-Max	Mean±S.E	Min-Max	Mean±S.E	Min-Max
<i>B. lacerta</i>	Female	51	14.43±0.33	9.4-21.6	30.38±2.13	7.9-83.3	0.93±0.018	0.59-1.33
	Male	37	14.39±0.39	10.3-18.4	29.94±2.47	10.0-58.0	0.95±0.020	0.71-1.18
	All	88	14.41±0.25	9.4-21.6	30.2±1.60	7.9-83.3	0.94±0.013	0.59-1.33

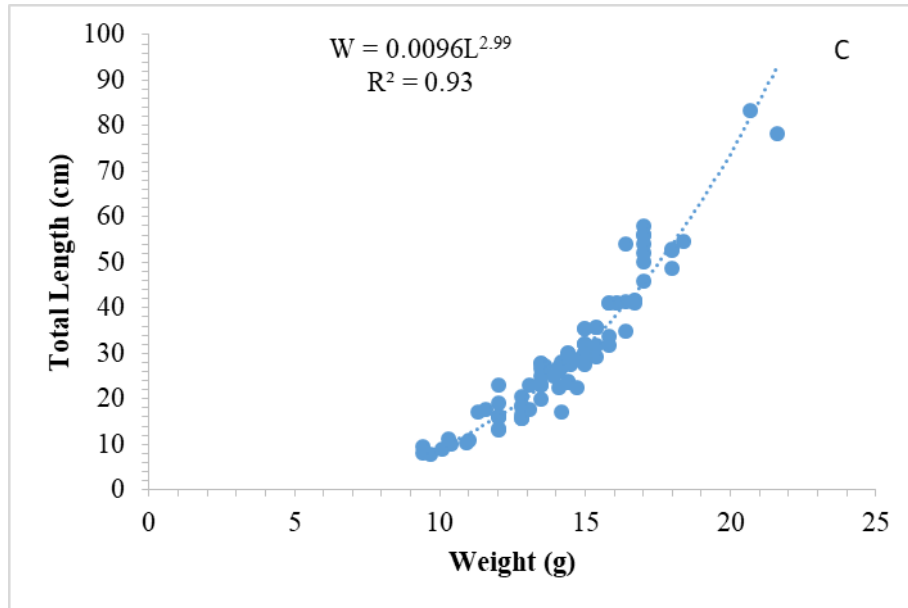
The length-weight relationship for *B. lacerta* from the Munzur River was determined as  $W=0.0109L^{2.94}$  ( $R^2 = 0.93$ ) for females,  $W=0.0069L^{3.12}$  ( $R^2 = 0.92$ ) for males, and  $W=0.0096L^{2.99}$  ( $R^2 = 0.93$ ) when all individuals were considered (Figure 3). The 95% confidence interval for the b value, calculated across all specimens was 2.94–3.45 (Table 2). Furthermore, it was found that the b value did not significantly differ from 3 for females, males, or the combined group (t-test;  $p>0.05$ ), indicating isometric growth ( $b=3$ ) of *B. lacerta* in the Munzur River.

**Table 2.** Length-weight relationship parameters of *B. lacerta* in Munzur River

Species	Sex	a	b	%95 Confidence Interval	R <sup>2</sup>
<i>B. lacerta</i>	Female	0.0109	2.94	2.94-3.45	0.93
	Male	0.0069	3.12	2.98-3.40	0.92
	All	0.0096	2.99	2.94-3.45	0.93







**Figure 3.** Length-weight relationship female (A), male (B) and all individuals (C) of *B. lacerta* from Munzur River

#### 4. DISCUSSION

In this study, a total of 88 *B. lacerta* specimens were analyzed, comprising 51 females (58.0%) and 37 males (42.0%). The female-to-male ratio was determined to be 1.00:0.73 for *B. lacerta*. Özcan (2019) reported a female-to-male ratio of 1:0.807 in the Pülümür River. The total length and weight of all *B. lacerta* individuals ranged from 9.4 to 21.6 cm and 7.9 to 83.3 g, respectively, with an average length of  $14.41 \pm 0.25$  cm recorded in the Munzur River. The most prevalent length groups observed were 13.0–14.9 cm and 15.0–16.9 cm (Figure 2).

Length and weight ranges reported in various studies on *B. lacerta* include: Çoban et al. (2013) documented lengths of 66.3–225 mm (SL) in Uzunçayır Dam Lake; Dartay and Gül (2013) found lengths of 30.4–47.4 cm and weights of 271.8–981.6 g in Keban Dam Lake; Nowferesti et al. (2013) reported lengths of 2.9–12.9 cm and weights of 0.23–22.0 g in Iran; Esmaeili et al. (2014) observed lengths of 9.0–17.0 cm and weights of 7.2–52.2 g in Iran; Hasankhani et al. (2014) recorded lengths of 5.9–11.9 cm in the Sirwan River (Iran); Dopeikar and Keivany (2015) found lengths of 5.7–23.3 cm and weights of 2.02–123.17 g in the Bibi-Sayyedani River; Radkhah and Eagderi (2015) reported lengths of 6.6–17.1 cm and weights of 2.8–48.4 g in the Zarrineh River; Keivany et al. (2016) documented lengths of 2.60–23.23 cm and weights of 0.17–123.17 g in the Bibi-Sayyedani River (Western Iran); Serdar and Özcan (2018) recorded lengths of 7.0–24.0 cm and weights of 4.0–211 g in the Karasu River; Özcan (2019) found lengths of 5.4–25.7 cm and weights of 2.02–158.3 g in the Pülümür River. Descriptive statistics for the length and weight of this species are presented in Table 1. Variations in length and weight values may be attributed to factors such as sampling methods and timing, the regions where the samples were collected, the types of length measurements (total length or fork length) and ecological influences (Suiçmez et al., 2011; Gündüz, 2014).

The length-weight relationship for *B. lacerta* was established as follows:  $W=0.0109L^{2.94}$  ( $R^2 = 0.93$ ) for females,  $W=0.0069L^{3.12}$  ( $R^2 = 0.92$ ) for males and  $W=0.0096L^{2.99}$  ( $R^2 = 0.93$ ) for all individuals from the Munzur River (Figure 3). The 95% confidence interval for the b value calculated for all individuals was 2.94 to 3.45 (Table 2). Furthermore, statistical analysis indicated that the b value did not significantly differ from 3 for females, males and all individuals (t-test;  $p > 0.05$ ). This indicates that the growth pattern of *B. lacerta* in the Munzur River is isometric ( $b = 3$ ). The "b" value in the length-weight relationship of *B. lacerta*; Dartay and Gül (2013), 2.938 in Keban Dam Lake; Nowferesti et al., (2013), 3.22 in Iran; Esmaeili et al., (2014), 3.064 in Iran; Hasankhani et al., (2014), 3.28 in Sirwan River (Iran); Dopeikar and Keivany (2015), 2.904 in the Bibi-Sayyeddan River; Radkhah and Eagderi (2015), 2.85 in Zarrineh River; Keivany et al., (2016), 2.851 in the Bibi-Sayyeddan River (Western Iran); Serdar and Özcan (2018), 3.10 in Karasu River; Özcan (2019) found 2.932 in the Pülümür River. Yıldırım et al. (2001) was found b value of *Barbus plebejus escherichi* 2.911 for females and 2.843 for males in the Oltu Stream of the Çoruh River. Variations in the "b" values can be attributed to several factors, including habitat conditions, seasonal changes, sample size, the hunger or satiety of the fish, gonadal maturity, gender differences, health status, sampling methods, and the length ranges used in the calculations (Tesch, 1968; Wootton, 1998; Suiçmez et al., 2011; Gündüz, 2014).

The condition factor of *B. lacerta* varies between 0.59-1.33 in female and 0.71-1.18 in male in the Munzur River. Özcan (2019) found the condition factor value of *B. lacerta* 0.391-1.687 in female and 0.587-1.331 in male from Pülümür River. Serdar and Özcan (2018) found the average condition factor value of *B. lacerta*  $1.176 \pm 0.019$  in the Karasu River.

In conclusion, Turkey's diverse geographical location and habitats with varying ecological characteristics support a wide range of fish species. It is essential to assess the characteristics of these species and their populations comparatively. Based on the biological data obtained for each population, effective fisheries management plans should be developed. Additionally, fishing lengths must be established according to these data, and sustainability of fish stocks should be ensured by implementing appropriate hunting regulations.

## REFERENCES

- Adil, Ş. (2018). Karasu Nehri'nde Yaşayan *Barbus lacerta* ile *Chondrostoma regium* Türlerinin İncelenmesi ve Kirlilik Faktörünün Türler Üzerinde Bıraktığı Etkinin Histopatolojik-Toksikolojik Yönleriyle Araştırılması. Atatürk Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Bagenal, T.B. and Tesch, F.W. (1978). Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in freshwaters. 3rd edn. T. Bagenal (Ed.). IBP Handbook No. 3. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, UK, pp. 101–136.
- Bulut, H., Sesli, A. and Tepe, R. (2021). Uzunçayır Baraj Gölü Güncel Zooplanktonunun Bazı Su Kalite Parametreleri ile Değerlendirilmesi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7 (3), 429-441. DOI: 10.29132/ijpas.938647

- Çoban, M. Z., Gündüz, F., Yüksel, F., Demirel, F., Yıldırım, T. and Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Balık Faunası. *Aquaculture Studies*, 2013 (2) , 0-0. DOI: 10.17693/yunusae.v2013i21905.235421
- Dağlı, M. (2013). *Barbus lacerta* Heckel, 1843 ve *Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843'un Morfolojik Özellikleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1:88-95
- Dartay, M. and Gül, M.R. (2013). Length–Weight Relationships for Five Fish Species Caught in Keban Dam Lake, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 30:233–234.
- Dopeikar, H., Keivany, Y. and Shadkhast, M. (2015). Reproductive Biology and Gonad Histology of the Kura Barbel, *Barbus lacerta* Cyprinidae), in Bibi-Sayyeddan River, Tigris basin. *North-Western Journal of Zoology*, 11(1):163-170
- Esmaili, H.R., Gholamifard, A., Vatandoust, S., Sayyadzadeh, G., Zare, R. and Babaei, S. (2014). Length–Weight Relationships for 37 Freshwater Fish Species of Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 1–4.
- Gündüz, F. (2014). Determination of Biological Characteristics of *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 Population in the Uzunçayır Dam Lake (Tunceli). Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Su Ürünleri Anabilim Dalı, 61 s.
- Geldiay, R. and Balık, S. (2007). Türkiye Tatlı Su Balıkları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 46, Ege University Press, Bornova İzmir, p:532.
- Hasankhani, M., Keivany, Y., Daliri, M., Pouladi, M. and Soofiani, N.M. (2014). Length–Weight and Length–Length Relationships of Four Species (*Barbus lacerta*, *Pseudorasbora parva*, *Squalius lepidus* and *Oxynoemacheilus angorae*) from the Sirwan River, western Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 30:206–207.
- Keivany, Y., Dopeikar, H., Ghorbani, M., Kiani, F. and Paykan Heyrati, F. (2016). Length–Weight and Length–Length Relationships of Three Cyprinid Fishes from the Bibi-Sayyeddan River, Western Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 32:507–508.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. and Passino, D.R.M. (1977). *Ichthyology*. John Wiley and Sons, Newyork, 506 p.
- Le Cren E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*), *Journal of Animal Ecology*, 20: 201-219.
- Nowferesti, H., Asgardun, S. and Zare, P. (2013). Length–Weight Relationships of Six Freshwater Cyprinid Fishes of Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 1–2.
- Özcan, E.İ. (2019). Pülümür Nehri (Tunceli, Türkiye)'ndeki *Barbus lacerta* Heckel, 1843'ün Boy-Ağırlık İlişkisi ve Kondisyon Faktörü, *Ecological Life Sciences* (NWSAELS), 14(4):66-73, DOI: 10.12739/NWSA.2019.14.4.5A0118.
- Petrakis, G. and Stergiou, K. I. (1995). Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries Research*, 21, 465-469.
- Radkhan, A. and Eagderi, S. (2015). Length–Weight and Length–Length Relationships and Condition Factor of Six Cyprinid Fish Species of Zarrineh River (Urmia Lake basin, Iran). *Iran Journal of Ichthyology*, 1:61–64.
- Saler, S. and Haykır, H. (2011). Zooplankton composition of Pulumur Stream (Tunceli-Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(11):1401-1403. DOI: 10.3923/javaa.2011.1401.1403

- Saler, S., Haykır, H. and Baysal, N. (2014). Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, 8(1):1-7. (Short Communication). DOI: 10.3153/jfscom.2014001.
- Serdar, O. and Özcan, E.İ. (2018). Length–Weight, Length–Length Relationships and Condition Factor of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) and *Barbus lacerta*, Heckel, 1843 From Karasu River (East Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6):729-732.
- Suicmez, M., Yılmaz, S. and Seherli, T. (2011). Age and Growth Features of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from Almus Dam Lake, Turkey. *Suleyman Demirel Univ. J. Sci.*, 6:82-90.
- Tesch, F.W. (1968). Age and Growth. In *Methods for Assessment of Fish Production in freshwater*, Edited by, W. E. Ricker. IBP. Handbook No:3, Blackwell Scientific Publ. Oxford and Edinburg, 93–123.
- URL-1. (2023). [https://www.google.com/maps/place/Munzur Irmağı](https://www.google.com/maps/place/Munzur+Irmağı), 09.06.2023
- Williams J.E. (2000). The Coefficient of Condition of Fish, pp. 1-2, In: *Manual Of Fisheries Survey Methods II: With Periodic Updates* (Ed.:Schneider J.C), Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor, p. 306.
- Wootton, R.J. (1998). *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London, UL., Pages:404.
- Yılmaz, S., Polat, N. and Yazıcıoğlu, O. (2010). Samsun ili iç sularında yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi/The Black Sea Journal of Sciences*, 1, 39-47.
- Yıldırım, A., Erdoğan, O. and Türkmen, M. (2001). On the Age, Growth and Reproduction of the Barbel, *Barbus plebejus escherichi* Steindachner, 1897) in the Oltu Stream of Coruh River (Artvin-Turkey)". *Turkish Journal of Zoology*. 25:163-168.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 663p.

## FISH FAUNA OF PÜLÜMÜR RIVER (TUNCELİ, TURKEY)

**Doç. Dr. Ebru İfakat ÖZCAN**

Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye.

ebruozer@munzur.edu.tr, 05317409095

ORCID NO: 0000-0003-2017-6647

**Doç. Dr. Osman SERDAR**

Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye.

oserdar@munzur.edu.tr, 05056959334

ORCID NO: 0000-0003-1744-8883

### ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine fish fauna of Pülümür River, Tunceli. Fish samples were collected by electroshocker from September 2017 to October 2019. It have been identified 12 fish species (*Salmo munzuricus* Turan et al., 2017, *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843), *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), *Alburnus sellal* Heckel 1843, *Barbus lacerta* Heckel 1843, *Paracapoeta trutta* (Heckel, 1843), *Capoeta umbla* (Heckel, 1843), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), *Glyptothorax kurdistanicus* (Berg, 1931), *Oxynoemacheilus tigris* (Heckel, 1843)) in research area.

**Keywords:** Fish fauna, taxonomy, Pülümür River, Tunceli

### 1. INTRODUCTION

Pülümür River, which originates from the foothills of Avcı mountains and joins Munzur water in the center of Tunceli, is fed by snow water and many streams, so its water is abundant. Approximately 20 km from the Tunceli-Pülümür highway. The valley, which consists of waterfalls, rocky slopes and canyons, as well as the rich forest cover on both sides of the stream, which flows in a narrow and steep valley starting from the north to Pülümür, is very rich in natural data. There are waterfalls reaching its stream.

Freshwater fish fauna of the first in Turkey work, by Abbolt in 1835, Trabzon trout collected from the vicinity (Salmonidae) It has been done on (Geldiay and Balık, 2007). Turkey freshwater fish until the 1940's, more visits to our country by foreign researchers examined and obtained samples London, Big like Hamburg, Belgrade and Bucharest collected in museums in the centers (Kuru, 1975). A recent literature review by Kuru (2004) on ichthyological studies conducted in Anatolia since 1856 has indicated that, to date, 236 taxa from 26 families have been documented in Turkey's inland waters. However, many studies present about the fish fauna in Turkey (Yılmaz et al., 1995; Alp et al., 1998; Balık et al., 2005; Yeğen et al., 2006; Turan et al., 2008; Yeğen et al., 2008; Kara et al., 2010;). This study aimed to determine fish fauna in Pülümür River (Tunceli).

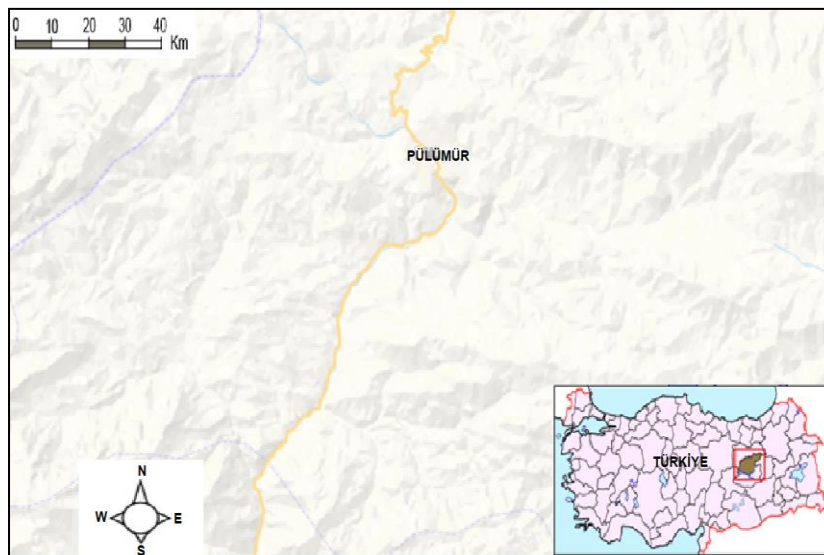
To date, many studies have been conducted to determine the freshwater fish fauna of our country and these studies are still continuing today. Although the fish fauna of the freshwater source has been unearthed, even studies conducted in the same places, different

results due to sampling methods or differences in sampling times could put forward which made about the freshwater fish fauna studies in Turkey. It has shown that it has over 30 endemic species (Froese and Pauly, 2013). It is almost as much as the number of endemic species of the entire European continent (Demirsoy, 2002).

With this study, it is aimed to determine the fish biodiversity of the Pülümür River (Tunceli), which has not been studied before, and to determine some of its diagnostic features.

## 2. MATERIAL AND METHODS

In this study; in order to determine fish fauna of Pülümür River in Tunceli, caught fish specimens in the 2 different station (1. station: 39° 40' 09.72 "N, 39° 82' 85.67" E 2. station: 39° 39' 63.38 "N, 39° 82' 77.50" E) (Figure 1). The Pülümür River originates from the foothills of the Avcı Mountains and flows toward Tunceli, joining various streams along its 20 km course. In the city center of Tunceli, it merges with the Munzur River (Saler and Haykır, 2011). Fish samples were collected from the Pülümür River using an electroshocker from 2017 to 2019.



**Figure 1.** Sampling stations (URL-1, 2024).

The collected samples were promptly preserved on ice and treated with 5% formaldehyde upon reaching the laboratory. Each specimen was measured for total length (TL, in cm), fork length (FL, in cm), and standard length (SL, in cm) to the nearest millimeter. Weight (W, in grams) was recorded with an accuracy of 0.01 grams. All measurements were conducted using calipers with 0.01 mm sensitivity. Meristic characteristics, including the count of gill rakers, pharyngeal teeth, dorsal and anal fin rays, lateral line scales, and vertebrae, were examined under a stereomicroscope. The identification and classification of fish species were guided by Geldiay and Balık (1999). These fish samples are currently preserved at the Faculty of Fisheries Science, Munzur University.

In order to determine the species, first of all, the distinctions were made according to the morphological characteristics of the fish. Then, the determination of the species was made by using the publications containing the identification keys and the descriptive characteristics of the species, considering their morphometric and meristic features.

In the identification of fish samples, Kuru (1975), Geldiay and Balık (2007), Froese and Pauly (2013), Slastenenko (1955 and 1956) were used.

### 3. RESULTS

*Salmo munzuricus* Turan et al., 2017

Familya: Salmonidae

Number of fish studied: 18

Diagnostic features: TL: 144-363 mm, A: II-III, 9-10, D: III- IV, 9-10, P: I, 11-14, V: I, 8-9, LL: 118-130, SD: 16-19, TV: 20-24 / 20-23 (Figure 2)



**Figure 2.** *Salmo munzuricus*

*Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied: 22

Diagnostic features: TL:78-121 mm, A: II-III, 16-21, D: II-III, 8-9, P: I, 9-14, V: I-II, 7-9, LL: 56-77, SD: 12-18, TV: 13-21 / 7-9, pharyngeal teeth: 5-5 (Figure 3)



**Figure 3.** *Acanthobrama marmid*

***Alburnoides bipunctatus*** (Bloch, 1782)

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied:21

Diagnostic characteristics: TL: 70-119 mm, A: III, 12-13, D: III, 8-10, P: I, 10-13, V: II, 6-7, LL: 45-50, SD: 7, TV: 9-10 / 3-4, pharyngeal teeth:3-5 (Figure 4)



**Figure 4.** *Alburnoides bipunctatus*

***Alburnus sellal*** Heckel 1843

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied:20

Diagnostic characteristics: TL: 67-227 mm, A: I-III, 11-13, D: III, 7-9, P: II, 12-18, V: I-II, 7-9, LL: 73-89, SD: 21-26, TV: 13-15 / 6-8, pharyngeal teeth: 2.5-5.2 (Figure 5)



**Figure 5.** *Alburnus sellal*

***Barbus lacerta*** Heckel, 1843

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied:16

Diagnostic characteristics: TL: 54-257 mm, A: III, 6, D: III, 7-8, P: I-II, 10-16, V: II-III, 7-9, LL: 59-77, SD: 12-15, TV: 9-14 / 9-15, pharyngeal teeth: 2.3.4- 4.3.2 / 2.3.5-5.3.2 (Figure 6)





**Figure 6.** *Barbus lacerta*

***Paracapoeta trutta*** (Heckel, 1843)

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied:8

Diagnostic characteristics: TL: 220-250 mm, A: I-III, 6-9, D: III, 7-9, P: I-II, 9-16, V: I, 7-8, LL: 66-81, SD: 16-20, TV: 9-16 / 9-15, pharyngeal teeth: 2.3.4-4.3.2 (Figure 7)



**Figure 7.** *Paracapoeta trutta*

***Capoeta umbla*** (Heckel, 1843)

Familya: Cyprinidae

Number of fish studied: 28

Diagnostic characteristics: TL: 71-388 mm, A: II-III, 5-7, D: III-VI, 9-10, P: I-II, 12-20, V: I-III, 6-9, LL: 77-91, SD: 18-26, TV: 16-24 / 11-20, pharyngeal teeth: 2.3.4-4.3.2 (Figure 8)



**Figure 8.** *Capoeta umbla*

***Chondrostoma regium*** (Heckel, 1843)

Family: Cyprinidae

Number of fish studied:16

Diagnostic characteristics: TL: 79-302 mm, A: II-III, 6-10, D: III, 8-11, P: I-II, 11-16, V: I-II, 6-8, LL: 65-72, SD: 24-28, TV: 9-12 / 5-9, pharyngeal teeth: 6-6/7-6 (Figure 9)



**Figure 9.** *Chondrostoma regium*

***Cyprinion macrostomum*** Heckel, 1843

Family: Cyprinidae

Number of fish studied: 12

Diagnostic characteristics: TL: 78-140 mm, A: III, 6-8, D: IV, 14-15, P: I, 11-13, V: I-8, LL: 35-41, pharyngeal teeth: 2.3.4-4.3.2 (Figure 10)



**Figure 10.** *Cyprinion macrostomum*

***Squalius cephalus*** (Linnaeus, 1758)

Family: Cyprinidae

Number of fish studied:15

Diagnostic characteristics: TL:89-268 mm, A: III, 8-10, D: III, 8-9, P: I-II, 15-17, V: I-II, 8-9, LL: 43-51, SD: 12-14, TV: 7-8 / 4-5, pharyngeal teeth: 2.5-5.2 (Figure 11)



**Figure 11.** *Squalius cephalus*

***Glyptothorax kurdistanicus*** (Berg, 1931)

Family: Sisoridae

Number of fish studied:21

Diagnostic characteristics: TL: 35-110 mm, A: III, 7-8, D: II, 5-6, P: I, 8, V: I, 5 (Figure 12)



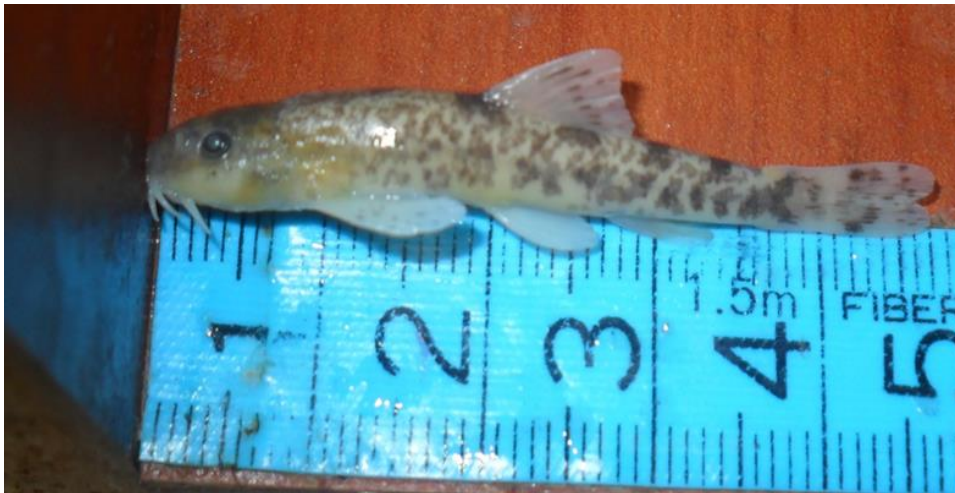
**Figure 12.** *Glyptothorax kurdistanicus*

***Oxynoemacheilus tigris*** (Heckel, 1843)

Family: Ballitoridae

Number of fish studied:23

Diagnostic characteristics: TL: 43-86 mm, A: II, 5-6, D: III, 6, P: I, 8, V: II, 5 (Figure 13)



**Figure 13.** *Oxynoemacheilus tigris*

#### 4. DISCUSSION

As a result of this study, which aimed to identify the fish fauna of the Pülümür River, a total of 12 species (*Salmo munzuricus* Turan et al., 2017, *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843), *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), *Alburnus sellal* Heckel 1843, *Barbus lacerta* Heckel 1843, *Paracapoeta trutta* (Heckel, 1843), *Capoeta umbla* (Heckel, 1843), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), *Glyptothorax kurdistanicus* (Berg, 1931), *Oxynoemacheilus tigris* (Heckel, 1843)) were identified. As a result of the fish fauna survey in Uzunçayır Dam Lake,

located approximately 25 km south of the confluence of the Pülümür and Munzur Rivers, a total of 12 taxa belonging to the Salmonidae, Cyprinidae and Nemacheilidae families were identified (Çoban et al., 2013). In our study, unlike the study conducted by Çoban et al., (2013), *C. macrostomus* and *G. kurdistanicus* were detected. In the study of Çoban et al., (2013), *C. carpio* and *O. angorae*, which were not found in our study were detected.

*Salmo munzuricus* distributed in Munzur Stream (Euphrates basin) and previously identified as *Salmo trutta macrostigma* was identified as *Salmo munzuricus* by Turan et al. (2017). In the literature, it is named differently as “Munzur trout” and “Red-spotted trout”. In recent years, natural trout populations have decreased due to reasons such as pollution, poaching, and hydroelectric power plant projects, and have even entered the process of extinction in some regions. Trout are adapted to cold waters and typically inhabit the upper reaches of rivers. This adaptation has contributed to a greater diversity of trout habitats. It prefers the parts of the rivers close to the source defined as “trout zone”. The species, which has a carnivorous diet, has economic and ecological importance (Özcan and Serdar, 2018). Additionally, since this fish species is under protection, it is prohibited to hunt it all year round (Yıldırım et al., 2012).

*A. marmid* was reported by Geldiay and Balık (2007) in the Tigris-Euphrates system. *A. bipunctatus* inhabits in the upper part of the Tigris-Euphrates basin (Kuru, 1986). This diagnostic findings of *A. bipunctatus* caught in the study were reported by Demirci (2007), Geldiay and Balık (2007) and Çoban et al. (2013) is consistent with the findings. *A. sellal* has a distribution area in Iran, Iraq, Syria and Turkey. Recent molecular systematic and phylogeographic studies (Mohammadian-Kalat et al., 2017; Bektaş et al., 2020; Çiçek et al., 2020; Jouladeh-Roudbar et al., 2020; Freyhof et al., 2021) have revised the classification of the species *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843, originally described in the Euphrates-Tigris River System, identifying it as a synonym of *Alburnus sellal* Heckel, 1843 (Düşükcan et al., 2022). *B. lacerta* is distributed in a wide area including the Caspian Sea Basin, Tigris-Euphrates and Kura-Aras River Systems and Western Anatolia (Geldiay and Balık, 2007; Coad, 2013). *C. umbla* and *P. trutta* species are widely distributed in the Tigris and Euphrates River systems in Iran, Iraq, Syria and Turkey (Coad, 2013). *C. regium* inhabits Orontes, Tigris, Euphrates, Göksu, Seyhan and Ceyhan river species should be conserved systems (Geldiay and Balık, 2007). *C. macrostomum* is a natural and endemic species of the Tigris-Euphrates basin, and it is reported that it entered our country from the Southeast and distributed up to the upper Euphrates basin. (Banarescu and Herzig-Straschil, 1995; Geldiay and Balık, 2009; Özcan and Serdar, 2022). *S. cephalus* is widely distributed in Europe, the Caspian Sea Basin, the Mediterranean Basin, the Caucasus, Mesopotamia and Anatolia (Geldiay and Balık, 2007; Coad, 2013). *G. kurdistanicus* Himalayan mountains and Tigris and Euphrates river systems. It is especially widely known in the Tigris system. It does not have much economic importance in terms of human food (Geldiay and Balık, 1999). *O. tigris* is distributed in the Asi, Kura, Fırat, Tigris and Ceyhan rivers (Geldiay and Balık, 2007).

## REFERENCES

Abbott, KE. (1835). Letter Accompanying a Collection from Trabzon and Erzurum. Proceedings of The Zoological Society of London, 3: 89-92.

- Alp, A., Kara, C. and Büyükçapar, H.M. (1998). Sır Baraj Gölü'nde (Kahramanmaraş) yaşayan tatlı su balıkları üzerine faunistik bir araştırma. II. Kızılırmak Uluslararası Fen Bilimleri Kongresi, Bildiri Kitabı, Kırıkkale, 347-359.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Sarı, H.M., İlhan, A. and Topkara, E.T. 2005. Yuvarlakçay (Köyceğiz, Muğla)'ın Balık Faunası. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 22: 221-223.
- Banarescu, P.M. and Herzig-Straschil, B. (1995). A revision of the species of the *Cyprinion macrostomus* group (Pisces: Cyprinidae), 411- 420, Ann. Naturhist. Mus. Wien.
- Bektaş, Y., Aksu, İ., Kaya, C., Bayçelebi, E., Küçük, F. and Turan, D. (2020). Molecular systematics and phylogeography of the genus *Alburnus* Heckel, 1843 (Teleostei, Leuciscidae) in Turkey, Mitochondrial DNA Part A, <https://doi.org/10.1080/24701394.2020.1791840>
- Coad, B.W. (2013). Freshwater Fishes of Iran. Canadian Museum of Nature, Ottawa, Ontario, Canada. [www.briancoad.com](http://www.briancoad.com)
- Çiçek, E., Sungur, S. and Fricke, R. (2020). Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. Zootaxa, 4809(2), 241–270. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4809.2.2>
- Çoban, MZ. Gündüz, F. Yüksel, F. Demiroğlu, F. Yıldırım, T. and Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Balık Faunası. Yunus Araştırma Bülteni 2013(2), 35-44.
- Demirci, C. (2007). Göksu Çayı (Nurhak-Kahramanmaraş) Üzerine Bir Araştırma. MSc thesis, Kahramanmaraş, Sütçü İmam Üniversitesi.
- Demirsoy, A. 2002. Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası, Hayvan Coğrafyası. Meteksan A.Ş. Beşinci Baskı, Maltepe, Ankara, 965 pp
- Düşükcan, M., Eroğlu, M. and Çoban, M. Z. (2022). Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)'nde yaşayan *Alburnus sellal* Heckel, 1843 popülasyonunda bazı morfometrik ve meristik özelliklerinin incelenmesi. Acta Aquatica Turcica, 18(4), 486-494. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1117235>
- Freyhof, J., Kaya, C. and Ali, A. (2021). A Critical Checklist of the Inland Fishes Native to the Euphrates and Tigris Drainages. In: Jawad, L.A. (Eds), Tigris and Euphrates Rivers: Their Environment from Headwaters to Mouth. Aquatic Ecology Series, Vol. 11. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0_35)
- Froese, R. and Pauly, D. 2013. FishBase. World Wide Web electronic publication, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version.
- Geldiay, R. and Balık, S. (1999). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova/İzmir, 532 s.
- Geldiay, R. and Balık, S. (2007). Türkiye Tatlısu Balıkları (V. Baskı), Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları, No: 46, İzmir, 644 s.
- Geldiay, R. and Balık, S. (2009). Türkiye Tatlı Su Balıkları. Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Kitaplar Serisi. No:97, Ege Üniv, Basımevi, İzmir. 519 pp
- Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H. R. and Doadrio, I. (2020). Ichthyofauna from Iranian freshwater: annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment. Zoological Studies, 59(21). <https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21>

- Kara, C., Alp, A. and Şimşekli, M. 2010. Distribution of fish fauna on the upper and middle basin of Ceyhan River, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 111-122.
- Kuru, M. (1975). Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası Tatlı Sularında Yaşayan Balıkların (Pisces) Sistematik ve Zoocoğrafik Yönden İncelenmesi. Doçentlik Tezi. Erzurum, Atatürk Üniversitesi.
- Kuru, M. 1986. Dicle ve Fırat nehirleri üzerinde kurulacak barajlarla soyu tehlikeye sokulacak balık türleri. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir, 589-597.
- Kuru, M. 2004. Türkiye İç sularının Son Sistematik Durumu, Gazi Üniv. Gazi Eğit. Fak. Dergisi, 24 (5): 1-25.
- Mohammadian-Kalat, T., Esmaili, H. R., Aliabadian, M. and Freyhof, J. (2017). Re-description of *Alburnus doriae*, with comments on the taxonomic status of *A. amirkabiri*, *A. mossulensis*, *A. sellal* and *Petroleuciscus esfahani* (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4323(4), 487-502. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4323.4.3>
- Özcan, E. İ. and Serdar, O. (2018). Length-weight and length-length relationships of red-spotted trout (*Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858)) in Karasu River (East Anatolia, Turkey). *Ecological Life Sciences*, 13(1), 27-31. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.1.5A0087>
- Özcan, E.İ. and Serdar, O. (2022). Length-Weight Relationships of *Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858), *Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843 and *Oxynoemacheilus tigris* (Heckel, 1843) in the Pülümür River (Tunceli). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(3), 430-436.
- Saler, S. and Haykır, H. (2011). Zooplankton composition of Pulumur Stream (Tunceli-Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(11):1401-1403. DOI: 10.3923/javaa.2011.1401.1403
- Slastenenko, E. 1955-56. Karadeniz Havzası Balıkları, Et ve Balık Kurumu Umum Müdürlüğü Yay., İstanbul, 711 pp.
- Turan, D., Taş, B., Çilek, M. and Yılmaz, Z. 2008. Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) Balık Faunası. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(5): 698-703.
- Turan, D., Kottelat, M. and Kaya, C. (2017). *Salmo munzuricus*, a new species of trout from the Euphrates River drainage, Turkey (Teleostei: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 28(1), 55-63.
- URL-1, 2021. <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tunceli/TurizmAktiviteleri/pulumur-cayi-vadisi>, 26 Eylül 2024.
- Yılmaz, M., Gül, A. and Solak, K. 1995. Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale) Balık Faunası. *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2): 33-42.
- Yeğen, V., Balık, S., Bostan, S., Uysal, R. and Bilçen, E. 2006. Göller Bölgesi'ndeki bazı göl ve baraj göllerinin balık faunalarının son durumu. I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 7-9 Şubat 2006, Antalya, 129-139.
- Yeğen, V., Balık, S., Bilçen, E., Sarı, H.M., Uysal, R. and Yağcı, A. 2008. Denizli ili Akarsularında yayılım gösteren balık türleri ve bölgedeki dağılımları. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2(3): 301-311

Yıldırım, T., Şen, D., Eroğlu, M., Çoban, M.Z., Demireol, F., Gündüz, F., Arca, S., Demir, T., Gürçay, S., Uslu, A.A. and Canpolat, İ. (2012). Keban Baraj Gölü Balık Faunası El Kitabı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Elazığ Su Ürünleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü, Elazığ, 79s.



## OPTIMAL CONTROL STRATEGIES FOR VELOCITY REGULATION OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR DRIVES

**Dr. Roozbeh Molavi,**

**Assis. Prof. Dr. Davood A. Khaburi**

Tehran University – Iran

### **Abstract:**

This paper presents a comprehensive analysis of optimal control strategies for velocity regulation in Permanent-Magnet Synchronous Motor (PMSM) drives. The performance and efficiency of PMSM drives significantly depend on precise speed control, especially in high-performance applications. The study explores advanced control techniques, including model predictive control (MPC), sliding mode control (SMC), and adaptive control mechanisms. These methods are evaluated for their ability to address challenges such as parameter variations, external disturbances, and nonlinearities inherent in PMSM systems. A simulation framework is employed to benchmark the proposed strategies, assessing their dynamic response, steady-state accuracy, and robustness under various operating conditions. Experimental validations demonstrate the practical applicability of these control approaches in industrial and automotive systems. The findings provide valuable insights for designing reliable and efficient PMSM velocity control systems.

**Keywords:** Optimal Control, Permanent-Magnet Synchronous Motor (PMSM), Velocity Regulation, Model Predictive Control, Sliding Mode Control, Adaptive Control.

## **GA-BASED VOLTAGE OPTIMIZATION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DECENTRALIZED GENERATION**

**Dr. Amir Eslami, Assoc. Prof. Dr. Navid Ghaffari**

Department of Electrical Engineering, Manipal Institute of Technology, Manipal-576104,  
Karnataka, India

### **Abstract:**

The integration of decentralized generation (DG) in distribution networks presents significant challenges in maintaining voltage stability and minimizing power losses. This study proposes a Genetic Algorithm (GA)-based approach for optimizing voltage profiles in distribution networks with high DG penetration. The GA effectively identifies optimal voltage control settings for distributed generators and network elements, ensuring improved power quality and system reliability. The simulation results demonstrate the efficiency of the proposed method in mitigating voltage deviations and reducing overall network losses under varying load and generation conditions. This research highlights the potential of GA for real-time voltage optimization in modern smart grids.

**Keywords:** Genetic Algorithm (GA), voltage optimization, distribution networks, decentralized generation (DG), power quality, smart grids.

## HANDWRITING RECOGNITION USING NEURAL NETWORKS AND SPEECH SPECTRAL ANALYSIS

**Assoc. Prof. Dr. Sameer Khan**

Near East University, Electrical & Electronics Engineering Department, North Cyprus,

### **Abstract:**

There are two common methodologies to verify signatures: the functional approach and the parametric approach. This paper presents a new approach for dynamic handwritten signature verification (HSV) using the Neural Network with verification by the Conjugate Gradient Neural Network (NN). It is yet another avenue in the approach to HSV that is found to produce excellent results when compared with other methods of dynamic. Experimental results show the system is insensitive to the order of base-classifiers and gets a high verification ratio.

**Keywords:** Signature Verification, MATLAB Software, Conjugate Gradient, Segmentation, Skilled Forgery, and Genuine.

## ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THERMAL DESALINATION USING OCEAN THERMOCLINE AND WASTE HEAT

**Dr. Aditi Verma, Dr. R. K. Sharma, P. K. Singh**

Signal Processing Laboratory - Science Faculty of Tunis, 1060 Tunis, Tunisia

### **Abstract:**

Thermal desalination is a vital technology for addressing global water scarcity, but its energy-intensive nature often limits widespread adoption. This study investigates the integration of ocean thermocline energy and waste heat utilization to enhance the efficiency of thermal desalination systems. A comprehensive analysis is conducted to assess the thermodynamic performance of utilizing naturally occurring ocean temperature gradients and industrial waste heat as supplemental energy sources. Simulation models are developed to evaluate heat transfer, system stability, and freshwater output under varying operational conditions. The results demonstrate a significant reduction in energy consumption while maintaining or improving water production rates. Additionally, this approach supports sustainable water management by leveraging renewable and low-grade energy sources. Future applications could contribute to cost-effective and eco-friendly desalination solutions in coastal and industrial areas.

**Keywords:** thermal desalination, ocean thermocline, waste heat utilization, sustainable water management, energy efficiency

## DEVELOPING A VISION-BASED MONITORING SYSTEM FOR OUTDOOR CHILD SAFETY

**Dr. Sara Nouri, Prof. Dr. Hiroshi Takeda**

Electrical Engineering Department, University of Arak Islamic Azad, Member of young  
Researchers Club of Arak Islamic Azad University

### **Abstract:**

In this paper application of artificial intelligence for baby and children caring is studied. Then a new idea for injury prevention and safety announcement is presented by using digital image processing. The paper presents the structure of the proposed system. The system determines the possibility of the dangers for children and babies in yards, gardens and swimming pools or etc. In the presented idea, multi camera System is used and receiver videos are processed to find the hazardous areas then the entrance of children and babies in the determined hazardous areas are analyzed. In this condition the system does the programmed action capture, produce alarm or tone or send message.

**Keywords:** Baby and children Care and Nursing, Intelligent Control Systems for Nursing, Electronic Care and Nursing, Dangers and safety for children and babies, Motion detection, Expert danger alarm systems.

## NETWORK DEVICE DETECTION FOR ADVANCED MANAGEMENT SYSTEMS USING SNMP PROTOCOL

**Dr. Mohsen Tavakoli**

Maharaja Agrasen Institute of Technology, Delhi as a lecturer. She is also a final year student of M.E., Delhi College of Engineering, India.

### **Abstract:**

Virtually all existing networked system management tools use a Manager/Agent paradigm. That is, distributed agents are deployed on managed devices to collect local information and report it back to some management unit. Even those that use standard protocols such as SNMP fall into this model. Using standard protocol has the advantage of interoperability among devices from different vendors. However, it may not be able to provide customized information that is of interest to satisfy specific management needs. In this dissertation work, different approaches are used to collect information regarding the devices attached to a Local Area Network. An SNMP aware application is being developed that will manage the discovery procedure and will be used as data collector.

**Keywords:** ICMP Scanner, Network Discovery, NetworkManagement, SNMP Scanner.

## THEMATIC ROLE EXTRACTION THROUGH LIGHTWEIGHT SEMANTIC PARSING TECHNIQUES

**Dr. Ankita Rao, Prof. Dr. Vivek Mathur**

An assistant professor at Electrical and Computer Engineering Department, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Researcher at NLP lab, Shahid Beheshti University and also M.Sc. Student at Azad University, Qazvin, Iran

### **Abstract:**

Extracting thematic (semantic) roles is one of the major steps in representing text meaning. It refers to finding the semantic relations between a predicate and syntactic constituents in a sentence. In this paper we present a rule-based approach to extract semantic roles from Persian sentences. The system exploits a twophase architecture to (1) identify the arguments and (2) label them for each predicate. For the first phase we developed a rule based shallow parser to chunk Persian sentences and for the second phase we developed a knowledge-based system to assign 16 selected thematic roles to the chunks. The experimental results of testing each phase are shown at the end of the paper.

**Keywords:** Natural Language Processing, Semantic RoleLabeling, Shallow parsing, Thematic Roles.

## A CRITICAL ANALYSIS OF CHITOSAN UTILIZATION AS A NATURAL ANTIMICROBIAL

**F. Nejati Hafdani, N. Sadeghinia**

Department of Biotechnology, University of Tehran, Tehran, Iran

### Abstract

Chitosan, a biopolymer derived from chitin, has garnered significant attention for its potential as a natural antimicrobial agent. Its unique properties, including biocompatibility, biodegradability, and non-toxic nature, make it an ideal candidate for diverse applications in medicine, agriculture, and food preservation. This study critically analyzes the antimicrobial mechanisms of chitosan, focusing on its interactions with microbial cell membranes, its inhibitory effects on microbial growth, and factors influencing its efficacy, such as molecular weight, degree of deacetylation, and environmental pH. Additionally, the potential challenges associated with its large-scale application, including cost and stability, are discussed. This analysis aims to provide insights into optimizing chitosan's utilization for sustainable antimicrobial solutions.

**Keywords:** Chitosan, natural antimicrobial, biopolymer, microbial inhibition, sustainability



## INVESTIGATING THE COGNITIVE-ENHANCING POTENTIAL OF BACOPA MONNIERI EXTRACT IN NEUROGENESIS

**Dr. Ananya Patel**

Department of Neuroscience, Banaras Hindu University , Varanasi, India

### Abstract

Bacopa monnieri, a traditional medicinal herb, has garnered attention for its potential neuroprotective and cognitive-enhancing effects. This study explores the role of Bacopa monnieri extract in promoting neurogenesis and cognitive function. Employing an in vivo model, the research evaluates its influence on hippocampal neurogenesis, memory retention, and synaptic plasticity. The biochemical pathways modulated by Bacopa monnieri, including its impact on neurotrophic factors, oxidative stress markers, and neurotransmitter balance, are also analyzed. Findings indicate significant improvements in neurogenesis and cognitive markers, highlighting the therapeutic potential of Bacopa monnieri in neurodegenerative conditions and age-related cognitive decline.

**Keywords:** Bacopa monnieri, neurogenesis, cognitive enhancement, hippocampus, neurodegenerative disorders

## FORMULATION AND EVALUATION OF PROBIOTIC VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING LACTOBACILLUS STRAINS

**Dr. Lina García, Dr. Pablo Hernández**

Prince of Songkla University, Songkla, 90110 Thailand

### **Abstract:**

The objective of this study was to develop vaginal suppository containing lactobacillus. Four kinds of vaginal suppositories containing *Lactobacillus paracasei* HL32 were formulated: 1) a conventional suppository with Witepsol H-15 as a base, 2) a conventional suppository with mixed polyethylene glycols (PEGs) as a base, 3) a hollow-type suppository with Witepsol H-15 as a base and 4) a hollow-type suppository with mixed PEGs as a base. The release studies demonstrated that the hollow-type suppository with mixed PEGs as the base gave the highest release of *L. paracasei* HL32 and was microbiological stable after storage at 2- 8°C over the period of 3 months.

**Keywords:** *Lactobacillus paracasei* HL32, vaginal suppository, release study, hollow-type, viability.

## ISOLATION OF STIGMASTEROL GLYCOSIDE FROM THE ROOTS OF CURCUMA LONGA

**Prof. Dr. Sarah Collins, Dr. Michael Collins**

Department of Pharmacognosy and Natural Products Research, University of Leeds, United Kingdom

### Abstract

Stigmasterol glycoside, a bioactive compound with significant therapeutic potential, was successfully isolated from the roots of *Curcuma longa* (turmeric) using advanced chromatographic techniques. The extraction and purification process involved methanol extraction, followed by partitioning and column chromatography. The structural elucidation was conducted through spectroscopic methods, including NMR and mass spectrometry, confirming the presence of stigmasterol glycoside. This study highlights the compound's potential applications in pharmacological and nutraceutical fields due to its anti-inflammatory and anticancer properties. Future research aims to explore its bioactivity in vitro and in vivo, contributing to drug development based on natural compounds.

**Keywords:** Stigmasterol glycoside, *Curcuma longa*, isolation, bioactive compound, spectroscopy

## UTILIZING MACHINE LEARNING TECHNIQUES IN PHARMACEUTICAL COMPOUND DISCOVERY

**Dr. Emma Novak, Dr. Jonathan Blume**

Department of Statistics and Probability, Faculty of Informatics and Statistics, University of  
Economics, Prague Czech Republic

### Abstract:

The discovery of new pharmaceutical compounds has been revolutionized by the integration of machine learning (ML) techniques. These methods enable the analysis of vast datasets, uncovering hidden patterns and relationships that expedite the identification of potential drug candidates. This study explores various ML algorithms, such as supervised learning, unsupervised clustering, and deep neural networks, in predicting compound efficacy and toxicity. Case studies demonstrate how ML optimizes lead identification and accelerates the drug discovery process, minimizing cost and time. The results underscore the transformative potential of ML in addressing complex challenges in pharmaceutical research, paving the way for personalized medicine and innovative therapeutics.

Keywords: Machine learning, pharmaceutical discovery, drug development, compound efficacy, personalized medicine

## PHARMACOKINETIC MODELING OF THEOPHYLLINE MICROCAPSULES USING A DECONVOLUTION APPROACH

**Assoc. Prof. Emily Nguyen, Dr. Farah Ibrahim**

Department of Pharmaceutical Sciences, Cairo University, Egypt

### Abstract

Pharmacokinetic modeling is a crucial tool in understanding drug absorption, distribution, metabolism, and excretion. This study focuses on the pharmacokinetics of theophylline microcapsules using a deconvolution approach to elucidate their release profile and systemic availability. The study employed a population pharmacokinetic model to analyze drug release kinetics from microcapsules, providing insights into bioavailability and in vivo drug behavior. A deconvolution-based methodology was applied to correlate in vitro dissolution data with in vivo absorption profiles. The results demonstrated a strong correlation, highlighting the potential for optimizing drug delivery systems for improved therapeutic outcomes. This research offers a significant advancement in pharmacokinetics by enhancing the predictive accuracy of drug release and absorption for microcapsulated formulations.

**Keywords:** pharmacokinetics, theophylline, microcapsules, deconvolution, drug release

## ASSESSING THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF METHANOL EXTRACTS FROM INDONESIAN HERBS AGAINST E. COLI

**Dr. Siti Aisyah, Dr. Rizky Ardiansyah**

Faculty of Pharmacy, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

### **Abstract**

The increasing prevalence of antibiotic-resistant bacteria necessitates the exploration of natural compounds with potential antibacterial properties. This study evaluates the antibacterial activity of methanol extracts derived from selected Indonesian herbs against *Escherichia coli*. A comprehensive screening was conducted to identify the most effective herbs, using the agar diffusion method to determine inhibition zones. Results demonstrated that several extracts exhibited significant antibacterial activity, with inhibition zones ranging from 12 mm to 20 mm. Phytochemical analysis revealed the presence of alkaloids, flavonoids, and tannins as key bioactive compounds. These findings highlight the potential of Indonesian herbal extracts as a source of novel antibacterial agents, providing a foundation for further research into their application in treating bacterial infections.

**Keywords:** antibacterial activity, methanol extracts, Indonesian herbs, *Escherichia coli*, phytochemicals

## **THE HONG KONG LOW-FERTILITY DILEMMA: CAN MAINLANDERS' BIRTHS CONTRIBUTE TO REVITALIZING THE LOW-FERTILITY ISSUE?**

**Nancy Iri , Dr. Ling Sze Leung**

The Court of Final Appeal of Hong Kong

### **Abstract:**

Hong Kong is one of the regions in the world where Total Fertility Rate (TFR) is very low. In 2001, the TFR dropped until 0.931, which means 1 woman even cannot give birth to one child on average. However, after the reformation of the 'Right of Abode of Hong Kong' in 2001 and the Chinese Central Government loosened the disembarkation procedure of mainland Chinese (mainlander) to enter Hong Kong in 2003; mainlander couples started to cross the border for giving births in Hong Kong. This action raises Hong Kong-s TFR quickly from 0.931 (2001) to 1.094 (2010). Usually, an increasing trend of TFR means a sign of rejuvenation in low-fertility, but in the case of Hong Kong, the increase of TFR does not, rather it generates other population problems. This paper is going to discuss do mainlanders-births help to solve the low-fertility problem in Hong Kong.

**Keywords:** Cross Border Birth, Low-fertility, Mainlander, Total Fertility Rate

## **A MULTI-AGENT SYSTEM FOR ENHANCING KNOWLEDGE MANAGEMENT AND E-LEARNING**

**Natalia Ivanova, Viktor Petrov**

Varna Free University, Bulgaria

### **Abstract:**

In this paper an open agent-based modular framework for personalized and adaptive curriculum generation in e-learning environment is proposed. Agent-based approaches offer several potential advantages over alternative approaches. Agent-based systems exhibit high levels of flexibility and robustness in dynamic or unpredictable environments by virtue of their intrinsic autonomy. The presented framework enables integration of different types of expert agents, various kinds of learning objects and user modeling techniques. It creates possibilities for adaptive e-learning process. The KM e-learning system is in a process of implementation in Varna Free University and will be used for supporting the educational process at the University.

**Keywords:** agents, e-Learning, knowledge management, knowledge sharing, artificial intelligence



## PHYSICIAN BRAIN DRAIN: DRIVERS AND IMPACTS IN BANGLADESH

**Amina Hossain, Farid Mahmud, Saifur Rahman**

University of Gujrat, Pakistan

### **Abstract:**

Pakistani doctors (MBBS) are emigrating towards developed countries for professional adjustments. This study aims to highlight causes and consequences of doctors- brain drain from Pakistan. Primary data was collected from Mayo Hospital, Lahore by interviewing doctors (n=100) through systematic random sampling technique. It found that various socio-economic and political conditions are working as push and pull factors for brain drain of doctors in Pakistan. Majority of doctors (83%) declared poor remunerations and professional infrastructure of health department as push factor of doctors- brain drain. 81% claimed that continuous instability in political situation and threats of terrorism are responsible for emigration of doctors. 84% respondents considered fewer opportunities of further studies responsible for their emigration. Brain drain of doctors is affecting health sector-s policies / programs, standard doctor-patient ratios and quality of health services badly.

**Keywords:** Brain Drain, Emigration, Remuneration, Politicalinstability, MBBS doctors

## **TRANSITION FROM REGIONALISM TO COALITION: SHIFTS IN LANGUAGE POLITICS AND LEADERSHIP IN THE TAMIL MOVEMENT**

**Dr. Arun Natarajan**

Vinayaka Missions University, Salem, India

### **Abstract:**

This paper describes the evolution of language politics and the part played by political leaders with reference to the Dravidian parties in Tamil Nadu. It explores the interesting evolution from separatism to coalition in sustaining the values of parliamentary democracy and federalism. It seems that the appropriation of language politics is fully ascribed to the DMK leadership under Annadurai and Karunanidhi. For them, the Tamil language is a self-determining power, a terrain of nationhood, and a perennial source of social and political powers. The DMK remains a symbol of Tamil nationalist party playing language politics in the interest of the Tamils. Though electoral alliances largely determine the success, the language politics still has significant space in the politics of Tamil Nadu. Ironically, DMK moves from the periphery to centre for getting national recognition for the Tamils as well as for its own maximization of power. The evolution can be seen in two major phases as: language politics for party building; and language politics for state building with three successive political processes, namely, language politics in the process of separatism, representative politics and coalition. The much pronounced Dravidian Movement is radical enough to democratize the party ideology to survive the spirit of parliamentary democracy. This has secured its own rewards in terms of political power. The political power provides the means to achieve the social and political goal of the political party. Language politics and leadership pattern actualized this trend though the movement is shifted from separatism to coalition.

**Keywords:** Language politics, cultural nationalism, leadership, social justice

## **A FRAMEWORK FOR EFFECTIVE KNOWLEDGE SHARING IN INTERCONNECTED ENTERPRISES**

**Sahar Makhmalbaf**

National University of Malaysia

### **Abstract:**

Transferring information developed by other peoples is an ordinary event that happens during daily conversations, for example when employees see each other in the organization, or when they are having lunch together, or attending a meeting, they use to talk about their experience, and discuss about their current projects, and talk about their successes over some specific problems. Despite the potential value of leveraging organizational memory and expertise by using OMS and ER, still small organizations haven-t been able to capitalize on its promised value. Each organization has its internal knowledge management system, in some of organizations the system face the lack of expert people to save their experience in the repository and in another hand on some other organizations there are lots of expert people but the organization doesn-t have the maximum use of their knowledge.

**Keywords:** Knowledge, knowledge management.

## USER ENGAGEMENT AND SATISFACTION IN INFORMATION SYSTEMS

**Hasan Kermani, Laila Abdelrahman**

Department of Information Technology – Kerman University - Iran

### **Abstract:**

This study explores the critical factors that influence user engagement and satisfaction within information systems. By examining the relationships between system usability, functionality, and user experience, the research highlights how these elements contribute to overall satisfaction and continued system usage. A mixed-methods approach, including surveys and interviews with users across various sectors, was used to gather data on user preferences and behavior. The findings suggest that user engagement is strongly correlated with both the perceived ease of use and the effectiveness of the system in meeting user needs. The study also offers insights into how organizations can improve user satisfaction by enhancing system design, providing better support, and integrating user feedback into ongoing system updates. The implications of these results are significant for developers and managers aiming to create information systems that foster high levels of user satisfaction and engagement.

**Keywords:** User engagement, satisfaction, information systems, usability, system design.

## **ENVIRONMENTAL IMPACTS OF URBANIZATION ON RIVER HEALTH IN THE KERMAN REGION**

**Mohammad Rezaei, Zahra Tavakoli, Ali Amini, Reza Ghanbari**

Department of Environmental Engineering, Kerman University of Technology, Kerman, Iran

### **Abstract:**

Urbanization in the Kerman region has significantly impacted the health of local rivers, leading to various environmental challenges. This study investigates the effects of rapid urban growth on water quality, biodiversity, and ecosystem services in the region's rivers. Using a combination of field surveys, water quality analysis, and ecological assessments, we identify key stressors such as pollution from industrial and residential areas, altered hydrological flows, and habitat fragmentation. The results show a decline in water quality and biodiversity, emphasizing the need for sustainable urban planning and effective river management strategies. The findings highlight the urgency of addressing urban-induced pressures on river ecosystems to maintain ecological balance and ensure the long-term health of water resources in Kerman.

**Keywords:** Urbanization, River Health, Water Quality, Biodiversity, Kerman Region

## A BAYESIAN FRAMEWORK FOR PREDICTING POLITICAL RISKS THROUGH IMPLICIT KNOWLEDGE

**Dr. Kaveh Shafiei**

Tabriz Azad University - Iran

**Abstract:** Political risk prediction has become a critical task for decision-makers in global business and international relations. This study proposes a Bayesian framework for assessing political risks, leveraging implicit knowledge sources such as historical data, expert opinions, and societal trends. By integrating various types of data, this framework enhances predictive accuracy and offers a more dynamic model for political risk forecasting. The model applies Bayesian inference to combine both quantitative and qualitative data, accounting for uncertainties and biases in the process. The study highlights the potential of using implicit knowledge in improving the robustness of political risk prediction models and provides insights into the methodologies that could be adopted for real-world applications.

**Keywords:** Bayesian framework, political risks, implicit knowledge, predictive modeling, decision-making

## **ORGANIZATIONAL INNOVATION IN PUBLIC-LISTED REAL ESTATE DEVELOPMENTS**

**Dr. Maria Sanchez, Ahmed Khalil**

*School of Management Studies, Cairo University, Egypt*

### **Abstract**

Organizational innovation plays a crucial role in enhancing the efficiency and competitiveness of public-listed real estate development companies. This study explores the implementation of innovative organizational structures and practices in real estate firms to address industry challenges such as market fluctuations, regulatory constraints, and environmental sustainability. By analyzing case studies and empirical data, the research identifies key drivers of innovation, including technology integration, stakeholder collaboration, and adaptive business models. The findings highlight the impact of organizational innovation on project management, resource allocation, and long-term profitability, providing actionable insights for policymakers and industry stakeholders.

### **Keywords**

Organizational Innovation , Real Estate Development, Public-Listed Companies, Sustainability , Business Models

## DEDUCING THE DYNAMICS OF "CONCEALED" NEURONS FROM ELECTROPHYSIOLOGICAL RECORDINGS

**Valeri A. Makarov, Nazareth P. Castellanos**

Universidad Complutense de Madrid Spain

### **Abstract:**

Statistical analysis of electrophysiological recordings obtained under, e.g. tactile, stimulation frequently suggests participation in the network dynamics of experimentally unobserved "hidden" neurons. Such interneurons making synapses to experimentally recorded neurons may strongly alter their dynamical responses to the stimuli. We propose a mathematical method that formalizes this possibility and provides an algorithm for inferring on the presence and dynamics of hidden neurons based on fitting of the experimental data to spike trains generated by the network model. The model makes use of Integrate and Fire neurons "chemically" coupled through exponentially decaying synaptic currents. We test the method on simulated data and also provide an example of its application to the experimental recording from the Dorsal Column Nuclei neurons of the rat under tactile stimulation of a hind limb.

**Keywords:** Integrate and fire neuron, neural network models, spike trains.



## CLASSIFYING GENOMIC STRUCTURES AND REARRANGEMENT IN COMPUTATIONAL BIOLOGY: A UNIFIED APPROACH

**Dr. Eliza Gorton, Samir Patel, Thomas Wright**

Software Labs IBM India Pvt. Ltd,

### **Abstract:**

Bioinformatics and computational biology involve the use of techniques including applied mathematics, informatics, statistics, computer science, artificial intelligence, chemistry, and biochemistry to solve biological problems usually on the molecular level. Research in computational biology often overlaps with systems biology. Major research efforts in the field include sequence alignment, gene finding, genome assembly, protein structure alignment, protein structure prediction, prediction of gene expression and proteinprotein interactions, and the modeling of evolution. Various global rearrangements of permutations, such as reversals and transpositions, have recently become of interest because of their applications in computational molecular biology. A reversal is an operation that reverses the order of a substring of a permutation. A transposition is an operation that swaps two adjacent substrings of a permutation. The problem of determining the smallest number of reversals required to transform a given permutation into the identity permutation is called sorting by reversals. Similar problems can be defined for transpositions and other global rearrangements. In this work we perform a study about some genome rearrangement primitives. We show how a genome is modelled by a permutation, introduce some of the existing primitives and the lower and upper bounds on them. We then provide a comparison of the introduced primitives.

**Keywords:** Sorting Primitives, Genome Rearrangements, Transpositions, Block Interchanges, Strip Exchanges.

## UNVEILING DISTANT PROTEIN EVOLUTIONARY LINKS USING SEQUENCE ALIGNMENT TECHNIQUES

**Prof. Amanda Griffin, Dr. Thomas Allard**

College of Information Technology, United Arab Emirates University

### **Abstract:**

The amount of the information being churned out by the field of biology has jumped manifold and now requires the extensive use of computer techniques for the management of this information. The predominance of biological information such as protein sequence similarity in the biological information sea is key information for detecting protein evolutionary relationship. Protein sequence similarity typically implies homology, which in turn may imply structural and functional similarities. In this work, we propose, a learning method for detecting remote protein homology. The proposed method uses a transformation that converts protein sequence into fixed-dimensional representative feature vectors. Each feature vector records the sensitivity of a protein sequence to a set of amino acids substrings generated from the protein sequences of interest. These features are then used in conjunction with support vector machines for the detection of the protein remote homology. The proposed method is tested and evaluated on two different benchmark protein datasets and it-s able to deliver improvements over most of the existing homology detection methods.

**Keywords:** Protein homology detection; support vectormachine; string kernel.

## PARENTAL COEFFICIENTS IN AGRICULTURAL HYBRIDIZATION ANALYSIS

**Rajesh Sharma, Poonam Kapoor, Harinder Singh Dhillon**

Rayat and Bahara Institute of Engineering and Technology India

### **Abstract:**

Hybridization refers to the crossing breeding of two plants. Coefficient of Parentage (COP) is used by the plant breeders to determine the genetic diversity across various varieties so as to incorporate the useful characters of the two varieties to develop a new crop variety with particular useful characters. Genetic Diversity is the prerequisite for any cultivar development program. Genetic Diversity depends upon the pedigree information of the varieties based on particular levels. Pedigree refers to the parents of a particular variety at various levels. This paper discusses the searching and analyses of different possible pairs of varieties selected on the basis of morphological characters, Climatic conditions and Nutrients so as to obtain the most optimal pair that can produce the required crossbreed variety. An algorithm was developed to determine the coefficient of parentage (COP) between the selected wheat varieties. Dummy values were used wherever actual data was not available.

**Keywords:** Coefficient of Parentage, Morphological characters, Pedigree, Genetic Diversity.

## **A PARSIMONY-BASED MODEL FOR PHYLOGENETIC TREE RECONSTRUCTION IN INSECT EVOLUTION**

**Dr. Ananya Krishnan,**

Maulana Azad National Institute of and Technology, Bhopal, MP-462051 INDIA

### **Abstract:**

Phylogenies ; The evolutionary histories of groups of species are one of the most widely used tools throughout the life sciences, as well as objects of research with in systematic, evolutionary biology. In every phylogenetic analysis reconstruction produces trees. These trees represent the evolutionary histories of many groups of organisms, bacteria due to horizontal gene transfer and plants due to process of hybridization. The process of gene transfer in bacteria and hybridization in plants lead to reticulate networks, therefore, the methods of constructing trees fail in constructing reticulate networks. In this paper a model has been employed to reconstruct phylogenetic network in honey bee. This network represents reticulate evolution in honey bee. The maximum parsimony approach has been used to obtain this reticulate network.

**Keywords:** Hybridization, HGT, Reticulate networks, Recombination, Species, Parsimony.

## PRELIMINARY ASSESSMENT OF SINGLE-GENE DISRUPTIONS ON GENETIC NETWORK INFERENCE

**Carl Peterson, Dr. Sabine Muller**

Stowers Institute for Medical Research, 1000 E. 50th Street, Kansas City, USA,

### **Abstract:**

This study explores the impact of single-gene disruptions on the inference of genetic networks, aiming to better understand the role of individual genes in regulating cellular functions. By systematically disrupting specific genes in model organisms, we assessed how these alterations affect the connectivity and stability of gene networks. Using computational tools for network inference, we analyzed the alterations in gene expression profiles and their influence on network topology. The results suggest that single-gene disruptions lead to significant shifts in network architecture, highlighting potential biomarkers for disease mechanisms and therapeutic targets. These findings have implications for systems biology and personalized medicine, as understanding the consequences of gene perturbations is crucial for advancing gene-based therapies.

**Keywords:** single-gene disruptions, genetic networks, network inference, gene expression, systems biology.

## EVALUATING FEATURE SELECTION TECHNIQUES FOR CLASSIFYING DIFFUSE LARGE B-CELL LYMPHOMA

**Helena Sanchez, Pedro Carvalho**

Department of Biomedical Engineering, University of Porto, Portugal

### **Abstract:**

Diffuse Large B-Cell Lymphoma (DLBCL) is a highly aggressive type of non-Hodgkin lymphoma that requires accurate and timely classification for optimal treatment. Feature selection plays a crucial role in enhancing classification models by identifying the most relevant attributes from clinical and genetic datasets. This study evaluates various feature selection techniques, including filter, wrapper, and embedded methods, to assess their effectiveness in classifying DLBCL. The performance of each technique is measured in terms of classification accuracy, precision, recall, and computational efficiency, using a dataset of DLBCL patient samples. The results demonstrate that some feature selection methods significantly improve the classification performance compared to traditional models, offering valuable insights for future research in lymphoma diagnosis and treatment. This paper also explores the potential of integrating multiple techniques to further refine classification accuracy and clinical applicability.

**Keywords:** Diffuse Large B-Cell Lymphoma, Feature Selection, Classification, Non-Hodgkin Lymphoma, Machine Learning

## IMPACT OF GUANIDINE HYDROCHLORIDE ON PHASE SEPARATION IN PEG-SALT AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS

**Nitin Deshpande**

Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay (IIT Bombay),  
Mumbai, India

### **Abstract:**

The study investigates the impact of guanidine hydrochloride (GdHCl) on phase separation in poly(ethylene glycol) (PEG)-salt aqueous two-phase systems (ATPS). The addition of GdHCl is shown to significantly influence the phase behavior, altering the critical concentrations required for phase formation and enhancing the partitioning of biomolecules in the system. By systematically varying the concentration of GdHCl and analyzing its effect on phase separation, the research provides valuable insights into the molecular interactions governing the formation and stability of PEG-salt ATPS, with implications for applications in biomolecular separation and purification processes. The findings suggest that GdHCl can be used as a modulator to fine-tune phase behavior in complex aqueous systems.

**Keywords:** Guanidine hydrochloride, Phase separation, Aqueous two-phase systems, PEG-salt, Biomolecular partitioning

## ANALYSIS OF CLUSTER MECHANISM OF ANTI-GREENHOUSE EFFECT USING COMPUTER TECHNOLOGY

**A. Galashev**

Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

### **Abstract:**

The study focuses on the analysis of cluster mechanisms in combating the greenhouse effect through the application of computer technology. Utilizing advanced computational models, the research examines how clusters—groups of related technological and environmental systems—can contribute to reducing the impact of the greenhouse effect. The findings highlight the efficiency of computational simulations in identifying the most effective cluster configurations for greenhouse gas reduction. This paper emphasizes the role of computer technology in optimizing environmental protection strategies, providing insights into the dynamic interactions between different components of the climate system. The results offer practical recommendations for the integration of cluster-based solutions in climate change mitigation efforts.

**Keywords:** greenhouse effect, cluster mechanism, computer technology, environmental protection, climate change mitigation



## APPLICATION OF ADVANCED NANOFILTERS FOR SUSTAINABLE WATER SUPPLY IN THE CASPIAN SEA BASIN

**Olga Petrova, Dmitry Ivanov, Maria Sorokina**

Water University of Tehran

### **Abstract:**

In a world worried about water resources with the shadow of drought and famine looming all around, the quality of water is as important as its quantity. The source of all concerns is the constant reduction of per capita quality water for different uses. Iran With an average annual precipitation of 250 mm compared to the 800 mm world average, Iran is considered a water scarce country and the disparity in the rainfall distribution, the limitations of renewable resources and the population concentration in the margins of desert and water scarce areas have intensified the problem. The shortage of per capita renewable freshwater and its poor quality in large areas of the country, which have saline, brackish or hard water resources, and the profusion of natural and artificial pollutant have caused the deterioration of water quality. Among methods of treatment and use of these waters one can refer to the application of membrane technologies, which have come into focus in recent years due to their great advantages. This process is quite efficient in eliminating multi-capacity ions; and due to the possibilities of production at different capacities, application as treatment process in points of use, and the need for less energy in comparison to Reverse Osmosis processes, it can revolutionize the water and wastewater sector in years to come. The article studied the different capacities of water resources in the Persian Gulf and Oman Sea watershed basins, and processes the possibility of using nanofiltration process to treat brackish and non-conventional waters in these basins.

**Keywords:** Membrane processes, saline waters, brackish waters, hard waters, zoning water quality in the Persian Gulf and the Oman Sea Watershed area, nanofiltration.

## **CRITICAL ANALYSIS OF EIA REPORTS EFFECTIVENESS: A CASE STUDY FROM INDIA**

**Dr. Aakash Sharma, Assis. Prof. Dr. Neha Rao**

University of Engineering & Technology, Pakistan.

### **Abstract:**

The preparation of good-quality Environmental Impact Assessment (EIA) reports contribute to enhancing overall effectiveness of EIA. This component of the EIA process becomes more important in situation where public participation is weak and there is lack of expertise on the part of the competent authority. In Pakistan, EIA became mandatory for every project likely to cause adverse environmental impacts from July 1994. The competent authority also formulated guidelines for preparation and review of EIA reports in 1997. However, EIA is yet to prove as a successful decision support tool to help in environmental protection. One of the several reasons of this ineffectiveness is the generally poor quality of EIA reports. This paper critically reviews EIA reports of some randomly selected projects. Interviews of EIA consultants, project proponents and concerned government officials have also been conducted to underpin the root causes of poor quality of EIA reports. The analysis reveals several inadequacies particularly in areas relating to identification, evaluation and mitigation of key impacts and consideration of alternatives. The paper identifies some opportunities and suggests measures for improving the quality of EIA reports and hence making EIA an effective tool to help in environmental protection.

**Keywords:** Environmental Impact Assessment, EIA Guidelines, EIA Reports, Pakistan.

## **ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY AND POLLUTION IDENTIFICATION IN THE KARUN RIVER WATERSHED, IRAN**

**Hassan Rahimi, Fatemeh Jalali**

Islamic Azad University, Iran

### **Abstract:**

The protection of groundwater resources is the great important many semiarid and arid environments. Baghan watershed is located in the north of Kangan in the Boshehr province in Iran. The groundwater resources have a vital role in supplying agricultural, drinking, domestic and industrial water demand in Baghan watershed. For our investigation into the water quality we collected 30 samples to chemical and physical analysis. The result showed the marl and evaporation deposits that contain anhydrite and gypsum is the main source of groundwater pollution, and one part of the groundwater was polluted by oil and gas industrial. Another part of the groundwater was contaminated by urban waste water. The electrical conductivity and cations and anions increased around of towns and gas refinery. Although the negative impact of untreated domestic wastewater is relatively low but the results showed strongly the negative impact of wastewater refinery is very considerable. This negative impact increased in downstream due to shallow aquifer. Additionally, the agents that adversely affect the quality of groundwater come from a variety of sources, including geology, domestic wastewater and the Jam refinery in Baghan watershed.

**Keywords:** Baghan watershed, Chemical quality, Groundwater, Pollution sources.

## EVALUATION OF AIR POLLUTION MITIGATION STRATEGIES

**Prof. Dr. Marta Kowalczyk**

University of Gdańsk, Poland

### **Abstract:**

Environmental investments, including ecological projects, relating to the protection of atmosphere are today a need. However, investing in the environment should be based on rational management rules. This comes across a problem of selecting a method to assess substances reduced during projects. Therefore, a method allowing for the assessment of decision rationality has to be found. The purpose of this article is to present and systematise pollution reduction assessment methods and illustrate theoretical analyses with empirical data. Empirical results confirm theoretical considerations, which proved that the only method for judging pollution reduction, free of apparent disadvantages, is the Eco 99-ratio method. To make decisions on environmental projects, financing institutions should take into account a rationality rule. Therefore the Eco 99-ratio method could be applied to make decisions relating to environmental investments in the area of air protection.

**Keywords:** Assessment of pollution reduction, costs of environmental protection, efficiency of environmental investments.

## DEVELOPMENT OF A COST-EFFECTIVE HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM USING BIOMASS RESOURCES IN SOUTH KOREA

**Yuki Matsumoto, Takeshi Ogawa, Ryoichi Nakamura**

The University of Tokyo

### **Abstract:**

It was determined that woody biomass and livestock excreta can be utilized as hydrogen resources and hydrogen produced from such sources can be used to fill fuel cell vehicles (FCVs) at hydrogen stations. It was shown that the biomass transport costs for hydrogen production may be reduced the costs for co-generation. In the Tokyo Metropolitan Area, there are only a few sites capable of producing hydrogen from woody biomass in amounts greater than 200 m<sup>3</sup>/h-the scale required for a hydrogen station to be operationally practical. However, in the case of livestock excreta, it was shown that 15% of the municipalities in this area are capable of securing sufficient biomass to be operationally practical for hydrogen production. The differences in feasibility of practical operation depend on the type of biomass.

**Keywords:** Biomass Resources, Hydrogen Production, Hydrogen Station, Transport Cost.

## **EFFECT OF MICROBIAL ACTIVATORS ON THE DECOMPOSITION OF INDUSTRIAL WASTE COMPOST**

**Dr. Niran Phasuk, Dr. Araya Chaiwat**

Prince of Songkla University, Hat-Yai, Songkhla, Thailand,

### **Abstract:**

In this research, an aerobic composting method is studied to reuse organic waste from rubber factory waste as soil fertilizer and to study the effect of cellulolytic microbial activator (CMA) as the activator in the rubber factory waste composting. The performance of the composting process was monitored as a function of carbon and organic matter decomposition rate, temperature and moisture content. The results indicate that the rubber factory waste is best composted with water hyacinth and sludge than composted alone. In addition, the CMA is more affective when mixed with the rubber factory waste, water hyacinth and sludge since a good fertilizer is achieved. When adding CMA into the rubber factory waste composted alone, the finished product does not achieve a standard of fertilizer, especially the C/N ratio. Finally, the finished products of composting rubber factory waste and water hyacinth and sludge (both CMA and without CMA), can be an environmental friendly alternative to solve the disposal problems of rubber factory waste. Since the C/N ratio, pH, moisture content, temperature, and nutrients of the finished products are acceptable for agriculture use.

**Keywords:** composting, rubber waste, C/N ratio, sludge, cellulolytic microbial activator

## EXPLORING ENERGY-EFFICIENT COOLING SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE BUILDINGS

**Kazuki Tanaka, Hideki Suzuki**

Tokyo Metropolitan University, Tokyo

### **Abstract:**

The top-heavy demographic of low birth-rate and longer lifespan is a growing social problem, and one of its expected effects will be a shortage of young workers and a growing reliance on a workforce of middle-aged and older people. However, the environment of today's industrial workplace is not particularly suited to middle-aged and older workers, one notable problem being temperature control. Higher temperatures can cause health problems such as heat stroke, and the number of cases increases sharply in people over 65. Moreover, in conditions above 33°C, older people can develop circulatory system disorders, and also have a higher chance of suffering a fatal heart attack. We therefore propose a new method for controlling temperature in the indoor workplace. In this study two different verification experiments were conducted, with the proposed temperature control method being tested in cargo containers and conventional houses. The method's effectiveness was apparent in measurements of temperature and electricity consumption

**Keywords:** CO2 reduction, Energy saving, Temperature control

## **ANALYZING THE IMPACT OF URBAN AIR POLLUTION ON PROPERTY VALUES IN ST. PETERSBURG**

**Assis. Prof. Dr. Anastasia Ivanova**

Public University of Navarra, Pamplona, Spain

### **Abstract:**

The main purpose of this research is the calculation of implicit prices of the environmental level of air quality in the city of Moscow on the basis of housing property prices. The database used contains records of approximately 20 thousand apartments and has been provided by a leading real estate agency operating in Russia. The explanatory variables include physical characteristics of the houses, environmental (industry emissions), neighbourhood sociodemographic and geographic data: GPS coordinates of each house. The hedonic regression results for ecological variables show «negative» prices while increasing the level of air contamination from such substances as carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, and particles (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, TSP). The marginal willingness to pay for higher environmental quality is presented for linear and log-log models.



## **PALLADIUM-CATALYZED DECHLORINATION FOR WATER REMEDIATION: CATALYST INACTIVATION AND RENEWAL**

**Dalia Angeles-Wedler, Katrin Mackenzie, Frank-Dieter Kopinke**

Department of Environmental Technology, Permoserstrasse, Germany

### **Abstract:**

Palladium-catalyzed hydrodechlorination is a promising alternative for the treatment of environmentally relevant water bodies, such as groundwater, contaminated with chlorinated organic compounds (COCs). In the aqueous phase hydrodechlorination of COCs, Pd-based catalysts were found to have a very high catalytic activity. However, the full utilization of the catalyst's potential is impeded by the sensitivity of the catalyst to poisoning and deactivation induced by reduced sulfur compounds (e.g. sulfides). Several regenerants have been tested before to recover the performance of sulfide-fouled Pd catalyst. But these only delivered partial success with respect to re-establishment of the catalyst activity. In this study, the deactivation behaviour of Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the presence of sulfide was investigated. Subsequent to total deactivation the catalyst was regenerated in the aqueous phase using potassium permanganate. Under neutral pH condition, oxidative regeneration with permanganate delivered a slow recovery of catalyst activity. However, changing the pH of the bulk solution to acidic resulted in the complete recovery of catalyst activity within a regeneration time of about half an hour. These findings suggest the superiority of permanganate as regenerant in re-activating Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by oxidizing Pd-bound sulfide.

**Keywords:** Deactivation, hydrodechlorination, Pd catalyst, regeneration.

## OPTICAL PROPERTIES OF PURE AND DOPED ZINC OXIDE: FROM NANOCOATINGS TO BULK CRYSTALS

**Yasmina El Gharbi, Nadia Laaroussi, Hamid Belkacem, Karim Fekir**

University of Sciences and Technology, Bab- Ezzouar Algeria

### **Abstract:**

Films of pure tin oxide SnO<sub>2</sub> and in presence of antimony atoms (SnO<sub>2</sub>-Sb) deposited onto glass substrates have shown a sufficiently high energy gap to be transparent in the visible region, a high electrical mobility and a carrier concentration which displays a good electrical conductivity [1]. In this work, the effects of polycrystalline silicon substrate on the optical properties of pure and Sb doped tin oxide is investigated. We used the APCVD (atmospheric pressure chemical vapour deposition) technique, which is a low-cost and simple technique, under nitrogen ambient, for growing this material. A series of SnO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub>-Sb have been deposited onto polycrystalline silicon substrates with different contents of antimony atoms at the same conditions of deposition (substrate temperature, flow oxygen, duration and nitrogen atmosphere of the reactor). The effect of the substrate in terms of morphology and nonlinear optical properties, mainly the reflectance, was studied. The reflectance intensity of the device, compared to the reflectance of tin oxide films deposited directly on glass substrate, is clearly reduced on the overall wavelength range. It is obvious that the roughness of the poly-c silicon plays an important role by improving the reflectance and hence the optical parameters. A clear shift in the minimum of the reflectance upon doping level is observed. This minimum corresponds to strong free carrier absorption, resulting in different plasma frequency. This effect is followed by an increase in the reflectance depending of the antimony doping. Applying the extended Drude theory to the combining optical and electrical obtained results these effects are discussed.

**Keywords:** Doping, oxide, reflectance.

## METHANE AND VOLATILE ORGANIC EMISSIONS FROM OIL REFINERIES IN SAUDI ARABIA

**Dr. Salma Al-Qahtani, M. Abdur Rahman, F. Javed**

Kuwait Universit

### **Abstract:**

Air pollution is a major environmental health problem, affecting developed and developing countries around the world. Increasing amounts of potentially harmful gases and particulate matter are being emitted into the atmosphere on a global scale, resulting in damage to human health and the environment. Petroleum-related air pollutants can have a wide variety of adverse environmental impacts. In the crude oil production sectors, there is a strong need for a thorough knowledge of gaseous emissions resulting from the flaring of associated gas of known composition on daily basis through combustion activities under several operating conditions. This can help in the control of gaseous emission from flares and thus in the protection of their immediate and distant surrounding against environmental degradation. The impacts of methane and non-methane hydrocarbons emissions from flaring activities at oil production facilities at Kuwait Oilfields have been assessed through a screening study using records of flaring operations taken at the gas and oil production sites, and by analyzing available meteorological and air quality data measured at stations located near anthropogenic sources. In the present study the Industrial Source Complex (ISCST3) Dispersion Model is used to calculate the ground level concentrations of methane and nonmethane hydrocarbons emitted due to flaring in all over Kuwait Oilfields. The simulation of real hourly air quality in and around oil production facilities in the State of Kuwait for the year 2006, inserting the respective source emission data into the ISCST3 software indicates that the levels of non-methane hydrocarbons from the flaring activities exceed the allowable ambient air standard set by Kuwait EPA. So, there is a strong need to address this acute problem to minimize the impact of methane and non-methane hydrocarbons released from flaring activities over the urban area of Kuwait.

**Keywords:** Kuwait Oilfields, ISCST3 model, flaring, Airpollution, Methane and Non-methane.

## ADSORPTION KINETICS AND THERMODYNAMIC STUDIES OF LEAD (II) IONS USING COCONUT SHELL ACTIVATED CARBON

**Tanvi Desai, Rajeev Chatterjee, S. Balakrishnan**

Department of Chemistry, Faculty of Science, M. S. University of Baroda, India

### **Abstract:**

Palm shell obtained from coastal part of southern India was studied for the removal for the adsorption of Hg (II) ions. Batch adsorption experiments were carried out as a function of pH, concentration of Hg (II) ions, time, temperature and adsorbent dose. Maximum removal was seen in the range pH 4.0- pH 7.0. The palm shell powder used as adsorbent was characterized for its surface area, SEM, PXRD, FTIR, ion exchange capacity, moisture content, and bulk density, soluble content in water and acid and pH. The experimental results were analyzed using Langmuir I, II, III, IV and Freundlich adsorption isotherms. The batch sorption kinetics was studied for the first order reversible reaction, pseudo first order; pseudo second order reaction and the intra-particle diffusion reaction. The biomass was successfully used for removal Hg (II) from synthetic and industrial effluents and the technique appears industrially applicable and viable.

**Keywords:** Biosorbent, mercury removal, borassus flabellifer, isotherms, kinetics, palm shell.

## KINETIC ANALYSIS OF SILVER NANOPARTICLE INCORPORATION INTO ORGANIC MATRICES

**Mehrdad Shirazi, Laila Farhad**

University of Science and Technology, Tehran

### **Abstract:**

The Kinetics formation of labile Complex Ag (I) tetra (p-carboxyphenyl) porphyrin, was investigated at 25oC and I=0.1M (NaNO<sub>3</sub>). By spectrophotometric titration, the composition ratio of the complex was established to be 2:1 (Ag : H<sub>2</sub>TCPP). The equilibrium constant, K, was found to be log 10<sup>-6.53</sup>. Binding of the first Ag (I) was found to be rate determining step with rate constant,  $k_1 = 4.67 \times 10^2$ . A plausible mechanism is discussed. We discuss theoretically why Ag(I)<sub>2</sub>TCPP is unstable.

**Keywords:** Kinetics, Silver, TCPP, Sitting-atop, Theoretical study

## INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF AU/POLYANILINE/AG SCHOTTKY DIODE VIA I-V MEASUREMENTS

**Bilal Haider, Ahmed Farooq**

faculty of Engineering Sciences, Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and  
Technology Pakistan

### **Abstract:**

In this paper, fabrication and study of electronic properties of Au/methyl-red/Ag surface type Schottky diode by current-voltage (I-V) method has been reported. The I-V characteristics of the Schottky diode showed the good rectifying behavior. The values of ideality factor  $n$  and barrier height  $b$  of Au/methyl-red/Ag Schottky diode were calculated from the semi-log I-V characteristics and by using the Cheung functions. From semi-log current-voltage characteristics the values of  $n$  and  $b$  were found 1.93 and 0.254 eV, respectively, while by using Cheung functions their values were calculated 1.89 and 0.26 eV, respectively. The effect of series resistance was also analyzed by Cheung functions. The series resistance  $R_S$  values were determined from  $dV/d(\ln I)-I$  and  $H(I)-I$  graphs and were found to be 1.1 k and 1.3 k, respectively.

**Keywords:** Surface type Schottky diodes, Methyl-red, Currentvoltage method

## SEPARATION OF WATER-SOLUBLE VITAMINS USING HPTLC PLATES IMPREGNATED WITH OXALIC ACID

**Dr. Jamal Al-Hassani, PhD. Reza Mansouri, Afsaneh Shirin**

Islamic Azad University,

### **Abstract:**

The separation of water-soluble vitamins plays a crucial role in their analysis and quantification for various applications in food, pharmaceuticals, and biotechnology. In this study, a novel method was developed for the separation of water-soluble vitamins using High-Performance Thin Layer Chromatography (HPTLC) plates impregnated with oxalic acid. The introduction of oxalic acid as an impregnating agent enhances the separation efficiency of the vitamins by modifying the surface properties of the HPTLC plates. The method was optimized for several vitamins, including Vitamin C, B1, B2, and folic acid, using different mobile phase compositions. The technique demonstrates improved resolution, sensitivity, and reproducibility compared to traditional methods. This approach offers a promising tool for the rapid and efficient separation of water-soluble vitamins, facilitating their detection and quantification in complex matrices.

**Keywords:** High-Performance Thin Layer Chromatography (HPTLC), water-soluble vitamins, oxalic acid, separation technique, analytical method.

## INFLUENCE OF PRESSURE DROP ON THE EXERGY EFFICIENCY IN C2+ FRACTIONATION REFRIGERATION CYCLES

S. Rouhani, F. Mahdavi, N. Zadeh

University of Tehran

### Abstract:

This paper provides an exergy analysis of the multistage refrigeration cycle used for C2+ recovery plant. The behavior of an industrial refrigeration cycle with refrigerant propane has been investigated by the exergy method. A computational model based on the exergy analysis is presented for the investigation of the effects of the valves on the exergy losses, the second law of efficiency, and the coefficient of performance (COP) of a vapor compression refrigeration cycle. The equations of exergy destruction and exergetic efficiency for the main cycle components such as evaporators, condensers, compressors, and expansion valves are developed. The relations for the total exergy destruction in the cycle and the cycle exergetic efficiency are obtained. An ethane recovery unit with its refrigeration cycle has been simulated to prepare the exergy analysis. Using a typical actual work input value; the exergetic efficiency of the refrigeration cycle is determined to be 39.90% indicating a great potential for improvements. The simulation results reveal that the exergetic efficiencies of the heat exchanger and expansion sections get the lowest rank among the other compartments of refrigeration cycle. Refrigeration calculations have been carried out through the analysis of T–S and P–H diagrams where coefficient of performance (COP) was obtained as 1.85. The novelty of this article includes the effect and sensitivity analysis of molar flow, pressure drops and temperature on the exergy efficiency and coefficient of performance of the cycle.

**Keywords:** exergy; Valve; CRP; refrigeration cycle; propane refrigerant; C2+ Recovery; Ethane Recovery;.



## OPTIMIZATION OF OSMOTIC DEHYDRATION OF CARROTS IN SALT SOLUTIONS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

**V. Srinivasan, R. Rajesh**

Department of Chemical Engineering, Annamalai University, India

### **Abstract:**

Response surface methodology was used for quantitative investigation of water and solids transfer during osmotic dehydration of beetroot in aqueous solution of salt. Effects of temperature (25 – 45°C), processing time (30–150 min), salt concentration (5–25%, w/w) and solution to sample ratio (5:1 – 25:1) on osmotic dehydration of beetroot were estimated. Quadratic regression equations describing the effects of these factors on the water loss and solids gain were developed. It was found that effects of temperature and salt concentrations were more significant on the water loss than the effects of processing time and solution to sample ratio. As for solids gain processing time and salt concentration were the most significant factors. The osmotic dehydration process was optimized for water loss, solute gain, and weight reduction. The optimum conditions were found to be: temperature – 35°C, processing time – 90 min, salt concentration – 14.31% and solution to sample ratio 8.5:1. At these optimum values, water loss, solid gain and weight reduction were found to be 30.86 (g/100 g initial sample), 9.43 (g/100 g initial sample) and 21.43 (g/100 g initial sample) respectively.

**Keywords:** Optimization, Osmotic dehydration, Beetroot, salt solution, response surface methodology

## **FINITE ELEMENT PREDICTION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE FAILURE PATTERN OF PROXIMAL FEMUR USING QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES**

**Majid Mirzaei, Saeid Samiezadeh , Abbas Khodadadi, Mohammad R. Ghazavi**

Mechanical Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### **Abstract:**

This paper presents a novel method for prediction of the mechanical behavior of proximal femur using the general framework of the quantitative computed tomography (QCT)-based finite element Analysis (FEA). A systematic imaging and modeling procedure was developed for reliable correspondence between the QCT-based FEA and the in-vitro mechanical testing. A speciallydesigned holding frame was used to define and maintain a unique geometrical reference system during the analysis and testing. The QCT images were directly converted into voxel-based 3D finite element models for linear and nonlinear analyses. The equivalent plastic strain and the strain energy density measures were used to identify the critical elements and predict the failure patterns. The samples were destructively tested using a specially-designed gripping fixture (with five degrees of freedom) mounted within a universal mechanical testing machine. Very good agreements were found between the experimental and the predicted failure patterns and the associated load levels.

**Keywords:** Bone, Osteoporosis, Noninvasive methods, Failure Analysis

## OPTIMIZED TEMPERATURE CONTROL IN HIGH-INTENSITY ULTRASOUND THERAPY

**Alexei Petrov, Elena Volkov, Viktor Sokolov, Sergey Mikhailov**

Department of Biomedical Engineering, I-Shou University, Kaohsiung, 82445 Taiwan.

### **Abstract:**

The focal spot of a high intensity focused ultrasound transducer is small. To heat a large target volume, multiple treatment spots are required. If the power of each treatment spot is fixed, it could results in insufficient heating of initial spots and over-heating of later ones, which is caused by the thermal diffusion. Hence, to produce a uniform heated volume, the delivered energy of each treatment spot should be properly adjusted. In this study, we proposed an iterative, extrapolation technique to adjust the required ultrasound energy of each treatment spot. Three different scanning pathways were used to evaluate the performance of this technique. Results indicate that by using the proposed technique, uniform heating volume could be obtained.

**Keywords:** focused ultrasound, thermal therapy, uniform eating, iteration, extrapolation, scan

## ADVANCED METHODS TO DIFFERENTIATE MICRO-RETINAL BLEEDS FROM DUST ARTIFACTS USING COLOR SPACE ANALYSIS

**Dr. Luis Fernández**

International University, Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan

### **Abstract:**

To distinguish small retinal hemorrhages in early diabetic retinopathy from dust artifacts, we analyzed hue, lightness, and saturation (HLS) color spaces. The fundus of 5 patients with diabetic retinopathy was photographed. For the initial experiment, we placed 4 different colored papers on the ceiling of a darkroom. Using each color, 10 fragments of house dust particles on a magnifier were photographed. The colored papers were removed, and 3 different colored light bulbs were suspended from the ceiling. Ten fragments of house dust particles on the camera-s object lens were photographed. We then constructed an experimental device that can photograph artificial eyes. Five fragments of house dust particles under the ocher fundus of the artificial eye were photographed. On analyzing HLS color space of the dust artifact, lightness and saturation were found to be highly sensitive. However, hue was not highly sensitive.

**Keywords:** Dust artifact, HLS color space, Retinal hemorrhage, and Diabetic retinopathy

## **ROBUST ALIGNMENT OF OBJECT PAIRS USING HYBRID RIGID AND FLEXIBLE REGISTRATION MODELS**

**Julia Thompson, Richard Miller**

### **Abstract:**

This paper presents the application of a signal intensity independent similarity criterion for rigid and non-rigid body registration of binary objects. The criterion is defined as the weighted ratio image of two images. The ratio is computed on a voxel per voxel basis and weighting is performed by setting the ratios between signal and background voxels to a standard high value. The mean squared value of the weighted ratio is computed over the union of the signal areas of the two images and it is minimized using the Chebyshev polynomial approximation.

**Keywords:** rigid and non-rigid body registration, binary objects

## APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC IN AUTOMATED BREAST CANCER CLASSIFICATION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS

**Dr. Meera Sharma, Christopher Roberts**

Intelligent Modelling and Analysis (IMA) research group, School of Computer Science,  
University of Nottingham

### **Abstract:**

Breast cancer is one of the most frequent occurring cancers in women throughout the world including U.K. The grading of this cancer plays a vital role in the prognosis of the disease. In this paper we present an overview of the use of advanced computational method of fuzzy inference system as a tool for the automation of breast cancer grading. A new spectral data set obtained from Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) of cancer patients has been used for this study. The future work outlines the potential areas of fuzzy systems that can be used for the automation of breast cancer grading.

**Keywords:** Breast cancer, FTIR, fuzzy inference system , principal component analysis

## IMPACT OF RAPID VARIATIONS IN MEAN FLOW STABILITY DURING BOUNDARY-LAYER TRANSITION

**Chen Wei, Dr. Liao Zhenyu**

Department of mechanics, Tianjin University, Tianjin, 300072, China

### **Abstract:**

The scenario of bypass transition is generally described as follows: the low-frequency disturbances in the free-stream may generate long stream-wise streaks in the boundary layer, which later may trigger secondary instability, leading to rapid increase of high-frequency disturbances. Then possibly turbulent spots emerge, and through their merging, lead to fully developed turbulence. This description, however, is insufficient in the sense that it does not provide the inherent mechanism of transition that during the transition, a large number of waves with different frequencies and wave numbers appear almost simultaneously, producing sufficiently large Reynolds stress, so the mean flow profile can change rapidly from laminar to turbulent. In this paper, such a mechanism will be figured out from analyzing DNS data of transition.

**Keywords:** boundary layer, breakdown, bypass transition, stability, streak.

## USING MOBILE DEVICES FOR REMOTE DIAGNOSIS IN TELEMEDICINE SYSTEMS

**Assoc. Prof. Dr. Martin Hoffmann**

Department of Knowledge and Information Engineering, University of Economics, Prague,  
Czech republic,

### **Abstract:**

Many contemporary telemedical applications rely on regular consultations over the phone or video conferencing which consumes valuable resources such as the time of the doctors. Some applications or treatments allow automated diagnostics on the patient side which only notifies the doctors in case a significant worsening of patient's condition is measured. Such programs can save valuable resources but an important implementation issue is how to ensure effective and cheap diagnostics on the patient side. First, specific diagnostic devices on patient side are expensive and second, they need to be user-friendly to encourage patient's cooperation and reduce errors in usage which may cause noise in diagnostic data. This article proposes the use of modern smartphones and various build-in or attachable sensors as universal diagnostic devices applicable in a wider range of telemedical programs and demonstrates their application on a case-study – a program for schizophrenic relapse prevention.

**Keywords:** Smartphones, Actigraphy, Telemedicine, In-home Diagnostics



## REDUCING IMPULSE NOISE IN MRI USING ADVANCED FUZZY FILTERING TECHNIQUES

**Dr. Catherine Li, Dr. Michael Wang**

Faculty of Medicine, University of Ottawa, 451 Smyth Road, Ottawa, Ontario, Canada

### **Abstract:**

Noise contamination in a magnetic resonance (MR) image could occur during acquisition, storage, and transmission in which effective filtering is required to avoid repeating the MR procedure. In this paper, an iterative asymmetrical triangle fuzzy filter with moving average center (ATMAVi filter) is used to reduce different levels of salt and pepper noise in a brain MR image. Besides visual inspection on filtered images, the mean squared error (MSE) is used as an objective measurement. When compared with the median filter, simulation results indicate that the ATMAVi filter is effective especially for filtering a higher level noise (such as noise density = 0.45) using a smaller window size (such as 3x3) when operated iteratively or using a larger window size (such as 5x5) when operated non-iteratively.

**Keywords:** Brain images, Fuzzy filters, Magnetic resonance imaging, Salt and pepper noise reduction.

## **IMPLEMENTATION OF GENERALIZED PLASTICITY IN LOAD-DEFORMATION BEHAVIOR OF FOUNDATION WITH EMPHASIS ON LOCALIZATION PROBLEM**

**Prof. Dr. A.H. Akhaveissy**

Department of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah-Iran

### **Abstract:**

Nonlinear finite element method with eight noded isoparametric quadrilateral element is used for prediction of loaddeformation behavior including bearing capacity of foundations. Modified generalized plasticity model with non-associated flow rule is applied for analysis of soil-footing system. Also Von Mises and Tresca criterions are used for simulation of soil behavior. Modified generalized plasticity model is able to simulate load-deformation including softening behavior. Localization phenomena are considered by different meshes. Localization phenomena have not been seen in the examples. Predictions by modified generalized plasticity model show good agreement with laboratory data and theoretical prediction in comparison the other models.

**Keywords:** Localization phenomena, Generalized plasticity, Non-associated Flow Rule

## **LATERAL ELASTIC CHARACTERISTICS OF A NEW COMPOSITE FIBER REINFORCED GYPSUM WALL**

**Dr. Elena Markov, Dr. Ivan Petrov**

Tongji University, Shanghai 200092, China,

### **Abstract:**

GFRG(Glass Fiber Reinforced Gypsum) wall is a green product which can erect a building fast in prefabricated method, but its application to high-rise residential buildings is limited for its poor lateral stiffness. This paper has proposed a modification to GFRG walls structure to increase its lateral stiffness, which aiming to erect small high-rise residential buildings as load-bearing walls. The elastic finite element analysis to it has shown the lateral deformation feature and the distributions of the axial force and the shear force. The analysis results show that the new GFRG reinforced concrete wall can be used for small high-rise residential buildings.

**Keywords:** GFRG wall, lateral features, elastic analysis, residential building.

## WIND LOAD PATTERNS IN COASTAL MEDITERRANEAN REGIONS

**Ahmed El-Masri, Yasir Hassan**

Department of Civil Engineering ,American University of Beirut  
Beirut, Lebanon

### **Abstract**

This study investigates wind load patterns in coastal Mediterranean regions, focusing on the impact of complex topographical and climatic factors. The research employs advanced numerical simulations and field data to analyze wind behavior and its effects on structural integrity. Key parameters such as wind speed, directionality, and turbulence intensity are modeled to establish region-specific load profiles. The findings provide critical insights into optimizing structural designs and enhancing resilience against wind-induced forces. Additionally, the study highlights regional variations in wind characteristics, offering a comprehensive framework for engineers and policymakers to adopt sustainable and climate-responsive construction practices.

**Keywords:** Wind load patterns, Mediterranean regions, structural resilience, wind turbulence, coastal climate

## CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL STABILIZED WITH SULFURIC ACID

**Ali Reza Pour, Dr. Sara Naderi, Farhad Jalali**

Department of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

### **Abstract:**

Soil stabilization plays a critical role in improving the mechanical and chemical properties of soils for construction and agricultural purposes. This study investigates the chemical properties of soil treated with varying concentrations of sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ). Laboratory experiments were conducted to assess changes in pH, organic matter content, cation exchange capacity, and sulfate crystallization within the stabilized soil. The results indicate that sulfuric acid effectively reduces soil alkalinity, enhancing its suitability for specific construction applications. Furthermore, a noticeable improvement in soil's structural integrity and resistance to erosion was observed. These findings contribute to the development of cost-effective and efficient soil stabilization methods utilizing sulfuric acid.

**Keywords:** soil stabilization, sulfuric acid, chemical properties, soil pH, erosion resistance

## **APPLICATION OF GENERALIZED PLASTICITY IN FOUNDATION LOAD- DEFORMATION ANALYSIS: A STUDY ON LOCALIZATION**

**Dr. Nikolai Zaitsev**

Department of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah-Iran

### **Abstract:**

Nonlinear finite element method with eight noded isoparametric quadrilateral element is used for prediction of loaddeformation behavior including bearing capacity of foundations. Modified generalized plasticity model with non-associated flow rule is applied for analysis of soil-footing system. Also Von Mises and Tresca criterions are used for simulation of soil behavior. Modified generalized plasticity model is able to simulate load-deformation including softening behavior. Localization phenomena are considered by different meshes. Localization phenomena have not been seen in the examples. Predictions by modified generalized plasticity model show good agreement with laboratory data and theoretical prediction in comparison the other models.

**Keywords:** Localization phenomena, Generalized plasticity, Non-associated Flow Rule

## **ANALYSIS OF PUBLIC INFRASTRUCTURE DISBURSEMENT PROCESSES IN VIETNAM**

**Tran Minh Duc, Dr. Yamada Hiroshi**

Rajamangala University of Technology Krungthep, Department of Civil Engineering, 2  
Nanglinchee Thailand

### **Abstract:**

This paper analysis performance of disbursement procedure of public works project in Thailand. The results of research were summarised based on contracts, submitted invoice, inspection dated, copies of disbursement dated between client and their main contractor and interviewed with persons involved in central and local government projects during 1994-2008 in Thailand. The data collection was to investigate the disbursement procedure related to performance in disbursement during construction period (Planned duration of contract against Actual execution date in each month). A graphical presentation of a duration analysis of the projects illustrated significant disbursement formation in each project. It was established that the shortage of staff, the financial stability of clients, bureaucratic, method of disbursement and economics situation has play major role on performance of disbursement to their main contractors.

**Keywords:** Construction disbursement, Payment procedure, Public works

## METHODS FOR ENHANCING SUSTAINABILITY IN REINFORCED CONCRETE SKYSCRAPERS

**Omar El-Sayed**

Civil Engineering Division, Department of  
Planning & Development- Ports, Customs & Free Zone Corporation, PCFC, Dubai, UAE

### **Abstract:**

Over the early years of the 21st century, cities throughout the Middle East, particularly in the Gulf region have expanded more rapidly than ever before. Given the presence of a large volume of high-rise buildings all over the region, the local authority aims to set a new standard for sustainable development; with an integrated approach to maintain a balance between economy, quality, environmental protection and safety of life. In the very near future, as mandatory requirements, sustainability will be the criteria that should be included in all building projects. It is well known in the building sustainability topics that structural design engineers do not have a key role in this matter. In addition, the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) has looked almost exclusively on the environmental components and materials specifications. The objective of this paper is to focus and establish groundwork for sustainability techniques and applications related to the RC high-rise buildings design, from the structural point of view. A set of recommendations related to local conditions, structural modeling and analysis is given, and some helpful suggestions for structural design team work are addressed. This paper attempts to help structural engineers in identifying the building sustainability design, in order to meet local needs and achieve alternative solutions at an early stage of project design.

**Keywords:** Building, Design, High-rise, Middle East, Structural, Sustainability.



## LINKING EXTREME HYDROLOGICAL EVENTS TO GLOBAL CLIMATE PATTERNS

**Dr. Javier Hernandez, Dr. Laura Stein**

Department of Civil Engineering at Jamia Millia Islamia (Central University), New Delhi,  
INDIA

### **Abstract:**

Large scale climate signals and their teleconnections can influence hydro-meteorological variables on a local scale. Several extreme flow and timing measures, including high flow and low flow measures, from 62 hydrometric stations in Canada are investigated to detect possible linkages with several large scale climate indices. The streamflow data used in this study are derived from the Canadian Reference Hydrometric Basin Network and are characterized by relatively pristine and stable land-use conditions with a minimum of 40 years of record. A composite analysis approach was used to identify linkages between extreme flow and timing measures and climate indices. The approach involves determining the 10 highest and 10 lowest values of various climate indices from the data record. Extreme flow and timing measures for each station were examined for the years associated with the 10 largest values and the years associated with the 10 smallest values. In each case, a re-sampling approach was applied to determine if the 10 values of extreme flow measures differed significantly from the series mean. Results indicate that several stations are impacted by the large scale climate indices considered in this study. The results allow the determination of any relationship between stations that exhibit a statistically significant trend and stations for which the extreme measures exhibit a linkage with the climate indices.

**Keywords:** flood analysis, low-flow events, climate change, trend analysis, Canada

**AN INTELLIGENT SYSTEM FOR REHABILITATING KNEE AND ANKLE DR.  
DIMITAR KARASTOYANOV,**

**Lec. Vladimir Monov**

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences,  
Bulgaria

**Abstract:**

The paper is concerned with the state examination as well as the problems during the post surgical (orthopedic) rehabilitation of the knee and ankle joint. An observation of the current appliances for a passive rehabilitation devices is presented. The major necessary and basic features of the intelligent rehabilitation devices are considered. An approach for a new intelligent appliance is suggested. The main advantages of the device are: both active as well as passive rehabilitation of the patient based on the human - patient reactions and a real time feedback. The basic components: controller; electrical motor; encoder, force – torque sensor are discussed in details. The main modes of operation of the device are considered.

**Keywords:** Ankle, knee, rehabilitation, computer control.

## REAL-TIME MONITORING OF PATHOGEN CONCENTRATION USING GRAPHENE-BASED BIOSENSOR

**James K. Monroe, Helena C. Davies, Victor L. Ramirez**

National Institute of Standards and Technology , Taiwan

### **Abstract:**

Aptamers are useful tools in microorganism researches, diagnoses, and treatment. Aptamers are specific target molecules formed by oligonucleic acid molecules, and are not decomposed by alcohol. Aptamers used to detect *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) have been proved to have specific affinity to the outer membrane proteins of MTB. This article presents a biosensor chip set with aptamers for early detection of MTB with high specificity and sensitivity, even in very low concentration. Meanwhile, we have already made a modified hydrophobic facial mask module with internal rendering hydrophobic for effectively collecting *M. tuberculosis*.

**Keywords:** Aptamers, CNTFET, *Mycobacterium tuberculosis*, early detection.

## DESIGNING AN ULTRA-WIDEBAND ANTENNA FOR CANCER DETECTION IN MICROWAVE IMAGING

**Dr. Samuel D. Greene, Dr. Lin Wei-Hong**

Northwest Polytechnical University Postal code 710069 China

### **Abstract:**

Early breast cancer detection is an emerging field of research as it can save the women infected by malignant tumors. Microwave breast imaging is based on the electrical property contrast between healthy and malignant tumor. This contrast can be detected by use of microwave energy with an array of antennas that illuminate the breast through coupling medium and by measuring the scattered fields. In this paper, author has been presented the design and simulation results of the bowtie antenna. This bowtie antenna is designed for the detection of breast cancer detection.

**Keywords:** Breast cancer detection, Microwave Imaging, Tomography.

## DEVELOPMENT OF A SHAPE MEMORY ALLOY CLAMPING SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE SURGERY

**Amir Farshad, Jonathan P. Harris, Sima Mohammadi**

Electrical and Computer Engineering Department, Kettering University, USA.

### **Abstract:**

The blood ducts must be occluded to avoid loss of blood from vessels in laparoscopic surgeries. This paper presents a locking mechanism to be used in a ligation laparoscopic procedure (LigLAP I), as an alternative solution for a stapling procedure. Currently, stapling devices are being used to occlude vessels. Using these devices may result in some problems, including injury of bile duct, taking up a great deal of space behind the vessel, and bile leak. In this new procedure, a two-layer suture occludes a vessel. A locking mechanism is also required to hold the suture. Since there is a limited space at the device tip, a Shape Memory Alloy (SMA) actuator is used in this mechanism. Suitability for cleanroom applications, small size, and silent performance are among the advantages of SMA actuators in biomedical applications. An experimental study is conducted to examine the function of the locking mechanism. To set up the experiment, a prototype of a locking mechanism is built using nitinol, which is a nickel-titanium shape memory alloy. The locking mechanism successfully locks a polymer suture for all runs of the experiment. In addition, the effects of various surface materials on the applied pulling forces are studied. Various materials are mounted at the mechanism tip to compare the maximum pulling forces applied to the suture for each material. The results show that the various surface materials on the device tip provide large differences in the applied pulling forces.

**Keywords:** Laparoscopic surgery, ligation process, locking mechanism, Shape Memory Alloy (SMA) actuator.

## INVESTIGATING DIURNAL VARIATIONS IN HUMAN HEIGHT: A BIOMECHANICAL STUDY

**Asst. Prof. Dr. Jonathan Lee Kim**

Department of Biomechanics, Korea University, Seoul, South Korea

### **Abstract**

Diurnal variations in human height are a result of biomechanical processes influenced by daily activities and gravitational forces. This study examines the extent and mechanisms of height fluctuations throughout the day, focusing on spinal compression and decompression, hydration of intervertebral discs, and postural dynamics. A cohort of 50 individuals was observed under controlled conditions to measure height changes at specified intervals. Results indicate significant height variations, with a maximum decrease of up to 2 centimeters occurring during daytime hours, predominantly influenced by physical activity and prolonged upright posture. The findings provide insights into the biomechanical adaptations of the human body and their implications for clinical assessments and ergonomic practices.

**Keywords:** diurnal height variation, spinal biomechanics, intervertebral discs, postural dynamics, human height fluctuation

## **MICROORGANISM-BASED SENSOR FOR DETECTING ANTIOXIDANT ACTIVITY**

**Dr. Maria Fernandez, Isaac O. Delgado, Ethan L. Roberts, Sophia N. Clarke**

Department of Biotechnology, University of Valencia, Spain.

### **Abstract**

This study introduces a microorganism-based sensor designed to detect antioxidant activity with high sensitivity and specificity. The innovative sensor leverages the metabolic reactions of engineered microorganisms, providing a rapid and eco-friendly alternative to conventional chemical methods. By employing advanced bioengineering techniques, microorganisms are programmed to respond to antioxidant compounds through measurable optical or electrochemical signals. The sensor demonstrates exceptional accuracy in quantifying antioxidant activity across diverse samples, including pharmaceuticals, food products, and biological fluids. Preliminary results indicate significant potential for this approach in clinical diagnostics and quality control industries. This microorganism-based technology represents a sustainable advancement in antioxidant detection methodologies.

**Keywords:** Antioxidant detection, microorganism-based sensor, bioengineering, optical signals, eco-friendly technology

## **ANALYZING THE FRICTIONAL PROPERTIES OF MUCIN COATINGS ON MEDICAL DEVICES**

**Dr. Aisha M. Khan**

Department of Biomedical Engineering

University of Karachi, Pakistan

### **Abstract**

The frictional properties of mucin coatings have garnered significant interest in the biomedical field due to their potential to improve the performance and biocompatibility of medical devices. This study investigates the tribological behavior of mucin-coated surfaces under varying conditions to understand their efficacy in reducing friction and wear in biomedical applications. The research involved comprehensive surface characterization, friction testing, and analyses of the adhesion properties of mucin layers. The findings reveal that mucin coatings significantly decrease friction coefficients on medical device surfaces while exhibiting remarkable stability under simulated physiological conditions. These results underscore the potential of mucin as a bio-lubricant, paving the way for advancements in medical device technologies.

**Keywords:** mucin coatings, frictional properties, medical devices, tribological analysis, bio-lubrication



## IMPACT OF MICROSTRUCTURE ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF TITANIUM IMPLANTS

**Faizan M. Rehman, Dr. Sarah Q. Ahmed, Iqbal S. Rashid**

Department of Biomedical Engineering, University of Karachi, Pakistan

### **Abstract**

The microstructure of titanium implants plays a critical role in determining their tribological performance, especially under dynamic loading conditions in biomedical applications. This study investigates the relationship between the microstructural characteristics of titanium alloys and their wear resistance, friction coefficient, and surface damage behavior. Using advanced analytical techniques such as scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD), the impact of grain size, phase composition, and surface roughness on the implants' tribological performance was thoroughly examined. Results reveal that finer microstructures with homogenous phase distributions significantly enhance wear resistance and reduce frictional losses. The findings provide insights into optimizing titanium implants' performance for improved durability and biocompatibility.

**Keywords:** microstructure, titanium implants, tribological behavior, wear resistance, surface roughness

## MODELING RADIAL HEAT AND MASS TRANSFER IN A FIXED BED CATALYTIC REACTOR THROUGH SIMULATION STUDY

**K. Vakhshouri, M.M. Y. Motamed Hashemi**

Chemical and Biological Engineering Department, University of British Columbia,  
Vancouver, Canada

### **Abstract:**

A rigorous two-dimensional model is developed for simulating the operation of a less-investigated type steam reformer having a considerably lower operating Reynolds number, higher tube diameter, and non-availability of extra steam in the feed compared with conventional steam reformers. Simulation results show that reasonable predictions can only be achieved when certain correlations for wall to fluid heat transfer equations are applied. Due to severe operating conditions, in all cases, strong radial temperature gradients inside the reformer tubes have been found. Furthermore, the results show how a certain catalyst loading profile will affect the operation of the reformer.

**Keywords:** Steam reforming, direct reduction, heat transfer, two-dimensional model, simulation.

## BEHAVIOR OF CO<sub>2</sub> AND CH<sub>4</sub> HYDRATES IN POROUS MEDIA

**Alexandra Petrov, Elena Ivanova, Dmitry Smirnov**

Korea Institute of Energy Research, Daejeon, 305-343 Korea

### **Abstract:**

Hydrate phase equilibria for the binary CO<sub>2</sub>+water and CH<sub>4</sub>+water mixtures in silica gel pore of nominal diameters 6, 30, and 100 nm were measured and compared with the calculated results based on van der Waals and Platteeuw model. At a specific temperature, three-phase hydrate-water-vapor (HLV) equilibrium curves for pore hydrates were shifted to the higher-pressure condition depending on pore sizes when compared with those of bulk hydrates. Notably, hydrate phase equilibria for the case of 100 nominal nm pore size were nearly identical with those of bulk hydrates. The activities of water in porous silica gels were modified to account for capillary effect, and the calculation results were generally in good agreement with the experimental data. The structural characteristics of gas hydrates in silica gel pores were investigated through NMR spectroscopy.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, gas hydrate, equilibria.

## NOVEL MULTI-SOLID THERMODYNAMIC MODEL FOR WAX FORMATION PREDICTION

**Mohammad Tabrizi, Leila Hosseini, Amir Zare**

Chemical and Petroleum Engineering Department, Shiraz University, Shiraz, Iran

### **Abstract:**

In the previous multi-solid models,  $\phi$  approach is used for the calculation of fugacity in the liquid phase. For the first time, in the proposed multi-solid thermodynamic model,  $\gamma$  approach has been used for calculation of fugacity in the liquid mixture. Therefore, some activity coefficient models have been studied that the results show that the predictive Wilson model is more appropriate than others. The results demonstrate  $\gamma$  approach using the predictive Wilson model is in more agreement with experimental data than the previous multi-solid models. Also, by this method, generates a new approach for presenting stability analysis in phase equilibrium calculations. Meanwhile, the run time in  $\gamma$  approach is less than the previous methods used  $\phi$  approach. The results of the new model present 0.75 AAD % (Average Absolute Deviation) from the experimental data which is less than the results error of the previous multi-solid models obviously.

**Keywords:** Multi-solid thermodynamic model, Predictive Wilson model, Wax formation.

## APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN ESTIMATING KINETIC PARAMETERS

**Dr. Maria Novak, Igor Petrenko**

Affiliation: Department of Computer Science, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine.

### **Abstract**

The application of neural networks has emerged as a transformative tool for estimating kinetic parameters in complex chemical and biochemical reactions. This study demonstrates the effectiveness of neural networks in predicting reaction rates, activation energies, and other kinetic constants based on limited experimental data. By employing supervised learning techniques, the model trained on diverse datasets showcased high accuracy and adaptability to various reaction systems. The results highlight the potential of neural networks to streamline experimental workflows, reduce costs, and enhance the precision of kinetic modeling in industrial and academic research settings. Future applications could extend to real-time monitoring and control systems for dynamic processes.

**Keywords:** Neural networks, kinetic parameters, supervised learning, activation energy, reaction modeling.

## PHASE EQUILIBRIUM STUDY IN AQUEOUS TWO-PHASE SYSTEMS USING POLY (ETHYLENE GLYCOL) AND POTASSIUM CITRATE AT VARIED PH LEVELS

**Zeynab Rahmani, Reza Tavakkoli**

Biotechnology research lab, Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Razi  
University, Iran

### **Abstract:**

The phase diagrams and compositions of coexisting phases have been determined for aqueous two-phase systems containing poly(propylene glycol) with average molecular weight of 425 and sodium citrate at various pH of 3.93, 4.44, 4.6, 4.97, 5.1, 8.22. The effect of pH on the salting-out effect of poly (propylene glycol) by sodium citrate has been studied. It was found that, an increasing in pH caused the expansion of two-phase region. Increasing pH also increases the concentration of PPG in the PPG-rich phase, while the salt-rich phase will be somewhat mole diluted.

**Keywords:** Aqueous two-phase system, Phase equilibrium, Biomolecules purification



MUNZUR 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES  
OCTOBER 25 - 27, 2024 - TUNCELI  
ISBN NR. : 978-625-6283-89-3