



INCOHIS 2024 SPRING

MAY 11-12, 2024 İSTANBUL / TÜRKİYE

INTERNATIONAL CONGRESS OF NEW HORIZONS IN
SCIENCES PROCEEDINGS BOOK



WWW.INCOHIS.COM



INCOHIS 2024 SPRING

INTERNATIONAL CONGRESS OF NEW HORIZONS IN SCIENCES PROCEEDINGS BOOK

MAY 11-12, 2024

İ.T.Ü. MTAL

İSTANBUL / TÜRKİYE

www.incohis.com

info@incohis.com

ISBN: 978-625-99767-6-1

EDITORS

- Prof. Dr. Ali DENİZ, Istanbul Technical University
- Prof. Dr. Hüseyin TOROS, Istanbul Technical University
- Lecturer Mustafa OF, Kocaeli University
- Lecturer İsmail KILIÇASLAN, Kocaeli University

All Rights Reserved

All Responsibilities of The Articles Belong to The Authors

SUPPORTERS

Dear participants,

INCOHIS 2024 SPRING Congress is an internationally recognized academic event. With this congress, where face-to-face and remote participation is supported, you will have the opportunity to present your scientific publications. Our congress, which is attended by respected names in the scientific community, is a candidate congress to bring new horizons to science.

From 12 countries 270 participants applied to the congress. Participants presented their papers for two days in the congress.

We are also grateful to the esteemed participants, our keynote speakers, our referees for their support and contributions to the success of this congress. Thank you for attending our academic event and supporting us.

The INCOHIS congress will be held every year by raising its target higher. It will reach out to wider communities and increase the number of papers and participants.

Any kind of feedback about the congress is very important to us. You can reach our congress from our web page, info@incohis.com e-mail address and official social media accounts.

12.06.2024

INCOHIS ORGANIZING COMMITTEE

KEYNOTE SPEAKERS



Prof. Dr. Flora Merko

Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania



Prof. Dr. Lyudmyla Symochko

University of Coimbra, Coimbra, Portugal.
Uzhhorod National University,
Uzhhorod, Ukraine



Assoc. Prof. Dr. Edmond Hoxha

Polytechnic University Of Tirana, Albania



**Assoc. Prof. Dr. Mehboob
Nagarbawdi**

Vasant Rao Naik College of Arts and
Commerce, University of Mumbai, India



**Prof. PhD Maria Nazaré Coelho
Pinheiro**

Polytechnic University of Coimbra,
Portugal



Dr. Isma Rosila Ismail

Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia



Dr. Zaleha Mohamad

Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia



Dr. Ahmad Ali

Department of Life Sciences, University of
Mumbai, India

SCIENCE COMMITTEE*Listed in alphabetical order*

- Prof. Dr. Ahmet Duran Şahin, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Ali Deniz, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Ayşe Günsel, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Engin Özdemir, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Fatma Çanka Kılıç, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Flora Merko, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Prof. Dr. Hanefi Bayraktar, Atatürk University, Türkiye
- Prof. Hiroyuki Ishizaki, Shibaura Institute of Technology, Japan
- Prof. Dr. Hristo Ivanov Katrandzhiev, University of National and World Economy, Bulgaria
- Prof. Dr. Hüseyin Toros, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Hysen Mankolli, Editor of IJEES, Health and Environment Association, U.S.A.
- Prof. Dr. Juan Carlos, Roca University Of Huelva, Spain
- Prof. Dr. Kadri Süleyman Yiğit, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Maan T. J. Maarroof, Mousul University, Iraq
- Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren University, Türkiye
- Prof. Dr. Melda Yardımoğlu Yılmaz, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan
- Prof. Dr. Novo Palakalovic, University of East Sarajevo, Bosnia
- Prof. Dr. Olena Demyanyuk, Institute of Agroecology and Environmental Management, Kyiv, Ukraine
- Prof. Dr. Osman Taylan, King Abdulaziz University, Saudi Arabia
- Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, University of Nis, Serbia
- Assoc. Prof. Dr. Ayşenur Kayabaş Avşar, Çankırı Karatekin University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Arben Kambo, Agriculture University of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Ayşegül Türk, Ankara Hacı Bayram Veli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Eda Bezhani, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt, Atatürk University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Edmond Hoxha, Polytechnic University Of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Emira Kalaj, University of Shkodra "Luigj Gurakuqi", Albania
- Assoc. Prof. Dr. Etleva Dashi, Agriculture University of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Ercan Arpaz, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine
- Assoc. Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Affiliated to University of Mumbai, India
- Assoc. Prof. Dr. Muhammet Fatih Genç, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, University of Prishtina, Kosovo
- Assoc. Prof. Dr. Natalya Gudkova, The State Ecological Academy, Ukraine
- Assoc. Prof. Dr. Nermin Demirkol, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Taner Erdoğan, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Kosovo
- Assoc. Prof. Dr. Erdi Doğan, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Samad Rahimi Aghdam, Tabriz University, Iran
- Assoc. Prof. Dr. Selda Uca, Kocaeli University
- Assoc. Prof. Dr. Sinan Aydın, Kocaeli University

- Assist. Prof. Dr. Mazin Nazar Fadhel, Mosul university, Musul, Iraq
- Assist. Prof. Dr. Mehlika Kocabaş Akay, Kocaeli University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Berna Kavaz Kındıgılı, Atatürk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Fatih Sevgi, Selçuk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Handan Özçelik Bozkurt, Sinop University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Larissa Shragina, Odessa I. I. Mechnikov University, Ukraine
- Assist. Prof. Dr. Nuray Aşantuğrul, Amasya University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Seyil Najimudinova, Kyrgyzstan Türkiye Manas University, Kyrgyzstan
- Assoc. Prof. Dr. Tuncer Gövdeli, Atatürk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Vedat Tümen, Bitlis Eren University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Vystavkina Daria, Odessa I. I. Mechnikov University, Ukraine
- Assist. Prof. Dr. Yıldırım Karadeniz, Kocaeli University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Yusuf Budak, Kocaeli University, Türkiye
- Phd. Alba Ramallari, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Alma Zisi, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Blerina Vrenozi, Tirana University, Albania
- Phd. Daniela Lika, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Irfan Wahyudi, Universitas Airlangga, Indonesia
- Phd. Mirela Alushllari, University of Albania, Albania
- Phd. Jonida Gashi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Olta Nexhipi, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Violeta Neza, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Ariola Harizi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Saeid Shojaei, University of Tabriz, Iran
- Phd. Süleyman Soydaş, Kocaeli University, Türkiye
- Phd. Ada Aliaj, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Moses M. Solomon, King Fahd University, Saudi Arabia
- Phd. Emma Gurashi Nikolaoy, University Of Patras, Greece
- Phd. Hisham M. Alidrisi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia
- Phd. Thawee Numsakulwong, Rajamangala University of Technology Isan, Tayland
- Phd. Reyhan Dadash, Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan
- Lecturer Mustafa Of, Kocaeli University
- Lecturer İsmail Kılıçaslan, Kocaeli University

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACTS / POSTERS	1
RECENT ADVANCES IN ORGANIC CHEMISTRY	2
MOLECULAR CHARACTERIZATION OF SOME TEMPERATE AND TROPICAL CEREAL CROPS USING INTER-PRIMER BINDING SITE (IPBS) MOLECULAR MARKERS	3
DETERMINING THE RADIATION DOSE LEVEL TO WHICH THE LUNG IS EXPOSED IN LIVER TUMOR TREATMENT.....	4
THE SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, SPECTRAL AND AGGREGATION PROPERTIES OF PHTHALOCYANINES CONTAINING 4-[(6-BROMONAPHTHALENE-2)-OXY] SUBSTITUENTS IN PERIPHERAL POSITIONS.....	5
A HYBRID MODEL PROPOSAL FOR THE STUDY OF IPS ATTACKS AND REDUCING THE ERROR RATE	6
THE EFFECT OF CHROME-FREE PRE-TREATMENT ON ADHESION AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS COATINGS ON AA5754 ALUMINIUM ALLOY.....	7
AN IN VITRO STUDY ON THE TOXICOLOGICAL EFFECTS OF POLYTETRAFLUOROETHYLENENANOPARTICLES (PTFE NPS)	8
SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND IN VITRO TOXICOLOGICAL INVESTIGATION GLUTAMIC ACID-CERIUM OXIDE NANOPARTICLES (GLU-CEO₂ NP) FOR THERAPEUTIC APPLICATION.....	9
REUSE AND EVALUATION OF THE QUALITY OF POLYETHYLENE FILM RECYCLED BY MECHANICAL METHOD IN FLEXIBLE FOOD PACKAGING	10
PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR-COOLED CONDENSER IN ORGANIC RANKINE CYCLE... 	11
RADIOGRAPHIC INSPECTION OF NATURAL GAS PIPES COMBINED WITH ELECTRIC ARC WELDING	12
OPTIMUM PROTECTION FOR CASTINGS: TESTING AND COMPARISON OF DUPLEX COATING (ZINC + CATAPHORESIS) METHODS	13
FATIGUE BEHAVIOR OF DIFFERENT WELDED JOINT DESIGNS IN STEEL SMALL-BORE CONNECTIONS UNDER RANDOM VIBRATION.....	15
PREDICTION OF CRYPTOCURRENCY PRICES WITH ARIMA AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS	16
SOLUTION OF NONLINEAR FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH VARIATIONAL ITERATION METHOD.....	17
GENIPIN IMPACT ON THE WATER BARRIER PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE OBTAINED FROM LEATHER INDUSTRY TRIMMING WASTES AND SODIUM ALGinate- BASED FILMS.....	18
EFFECT OF ACCELERATOR CONCENTRATION ON MICROSTRUCTURE AND COATING THICKNESS DURING THE PHOSPHATING PROCESS: A REVIEW	19
EFFECT OF TOTAL ACID CONTENT ON COATING MORPHOLOGY IN THE PHOSPHATING PROCESS	20
CARBOXYLIC ACID-FUNCTIONALIZED FLUORINATED PHTHALOCYANINES.....	21
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF THERMO-RESPONSIVE TPU / PBMA-CO- PIBMA POLYMER BLENDS	22
IMPACT OF TEMPERATURE EXPOSURE ON BOND-SLIP BEHAVIOR BETWEEN LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE AND CFRP COMPOSITE	23

NOISE REMOVAL PERFORMANCE COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED NONLINEAR FILTER	24
FUSION OF NOISE REDUCED SAR IMAGES WITH OPTICAL IMAGES USING HISTOGRAM ANALYSIS	25
AN EXAMINATION OF AUTOSOMAL STR LOCI IN THE AEGEAN REGION POPULATION.....	26
IMPLEMENTING DISTRICT-LEVEL RETROFIT STRATEGIES BY UTILIZING THE BIM MODELING BASED ON A CASE STUDY	27
ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SILVER NANOPARTICLES USING HELICHRYSUM CHIONOPHILUM PLANT	28
PREDICTION OF PRODUCER PRICES OF STRATEGIC AGRICULTURAL PRODUCTS WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS.....	29
A REVIEW OF BATTERY STATE OF CHARGE ESTIMATION METHODS AND THEIR COMPARISON BETWEEN THESE METHODS	30
DATA HIDING IN MEDICAL IMAGES USING LSB AND EDGE DETECTION ALGORITHMS TOGETHER.....	31
ANALYSIS OF THESES MADE ON TEACHERS AND TEACHER CANDIDATES ON STEM EDUCATION IN TURKEY: A META-SYNTHESIS STUDY.....	32
FROM IMPORTANT ECONOMICALLY PEST TO BENEFICIAL MODEL ORGANISM; GALLERIA MELLONELLA L. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)	33
PREVENTING BEE-EATER ATTACKS IN BEEKEEPING FACILITIES EMBEDDED SYSTEM DESIGN	34
MODEL INSECT DROSOPHILA MELANOGASTER (MEIGEN) (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) FOR LABORATORY STUDY OF FRUIT PESTS	35
INVESTIGATION OF SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SCIENCE	37
THE EFFECT OF NANO PRE-TREATMENT AS AN ALTERNATIVE TO PHOSPHATE PRE-TREATMENT ON THE ADHESIVE AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS-COATED AA7075 ALUMINUM ALLOY.....	38
THE ACTIVATING EFFECT OF PIMECROLIMUS ON THE ANTIOXIDANT ENZYME SYSTEM REDUCES HYDROGEN PEROXIDE-INDUCED OXIDATIVE STRESS IN NEURON-LIKE SH-SY5Y CELLS	39
CUTTING ANGLE AND SHAPE ANALYSIS TO INCREASE PRODUCTIVITY IN ROLL SHEET METAL CUTTING	40
DEVELOPMENT OF A ZIGZAG WELDING SYSTEM THAT WILL INCREASE PENETRATION AND EFFICIENCY IN WELDING TECHNOLOGY	41
DNA-BINDING PROPERTIES OF WATER SOLUBLE BIS (2-PYRIDYLIMINO) ISOINDOLINE LIGAND.....	42
THE EFFECT OF MATHEMATICAL MODELING ACTIVITIES PREPARED FOR 4TH GRADE SCIENCE COURSE ON STUDENTS' SCIENCE ACHIEVEMENT	43
EXAMINING WEB TRAFFIC AND HYBRID MODEL PROPOSAL FOR MORE RELIABLE DEFENSE AGAINST ATTACKS.....	44
TITANIUM DIOXIDE EFFECTS ON PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF DIFFERENT BASED INDUSTRIAL LUBRICANTS	45
INVESTIGATION OF MYCOLOGICAL AIR QUALITY OF THE SÜLEYMANIYE MANUSCRIPT LIBRARY	46

INVESTIGATION OF BACTERIAL CONTAMINATION OF INDOOR AIR AT THE SÜLEYMANİYE MANUSCRIPT LIBRARY	47
SYNTHESIS OF BORON-TITANIUM DIOXIDE (TiO ₂) AMINO-CONTAINING CATALYST FOR METHANOL PRODUCTION.....	48
PROTEASE ENZYME PRODUCTION FROM FOOD WASTE WITH BACILLUS LICHENIFORMIS SO7 STRAIN AND OPTIMIZATION OF THE CULTURE MEDIUM	49
EFFECT OF REACTION TIME AND CATALYST AMOUNT ON THE PHOTOCATALYTIC DEGRADATION BEHAVIOR OF METHYLENE BLUE WITH TiO ₂	50
MACHINE LEARNING SOLUTIONS IN UNMANNED AERIAL VEHICLES	51
DESIGN OF STRUCTURAL STEEL TEES UNDER AXIAL COMPRESSION	52
ESKAPE PATHOGENS IN THE ENVIRONMENT: ANTIBIOTIC RESISTANCE AND TRANSMISSION VECTORS.....	53
DETERMINATION OF OIL RESERVOIR PARAMETERS BY IMAGE PROCESSING METHOD	54
RATIONAL LOGARITHMIC CUBIC SPLINE FOR ADVANCED VISUALIZATION OF 3D DATA STRUCTURES.....	55
SYSTEMATIC OPTIMIZATION FOR PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYL BLUE BY GRAPHITIC CARBON NITRIDE.....	56
BIODOSIMETERS: MONITORING AND EVALUATION OF RADIATION EXPOSURE	57
EXAMPLE OF A BIOSENSOR DESIGN: CATALASE BIOSENSORS.....	58
WATER POLLUTION BECAUSE OF MINE ACTIVITY. A REVIEW OF STUDIES FOR “FANI” RIVER POLLUTION, ALBANIA.....	59
VALORIZATION OF WINERY WASTES FOR SUSTAINABLE (BIO)DYES IN THE TEXTILE INDUSTRY.....	60
FULL TEXT PAPERS.....	61
IPS ATAKLARININ İNCELENMESİ VE HATA ORANININ AZALTILMASI İÇİN HİBRİT BİR MODEL ÖNERİSİ.....	62
AA5754 ALÜMİNYUM ALAŞIMI ÜZERİNE UYGULANAN CHROME-FREE ÖN-İŞLEMİN KATAFOREZ KAPLAMALARININ YAPIŞMA VE KOROZYON DİRENCİNE ETKİSİ.....	78
PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR-COOLED CONDENSER IN ORGANIC RANKINE CYCLE...	82
ELEKTRİK ARK KAYNAĞIYLA BİRLEŞTİRİLMİŞ DOĞALGAZ BORULARININ RADYOGRAFİK MUAYENESİ	91
FATIGUE BEHAVIOR OF DIFFERENT WELDED JOINT DESIGNS IN STEEL SMALL-BORE CONNECTIONS UNDER RANDOM VIBRATION.....	104
GENIPIN IMPACT ON THE PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE OBTAINED FROM LEATHER INDUSTRY TRIMMING WASTES AND SODIUM ALGINATE-BASED FILMS.....	111
FOSFATLAMA İŞLEMİNDE TOPLAM ASİT MİKTARININ KAPLAMA MORFOLOJİSİNE ETKİSİ	118
IMPACT OF TEMPERATURE EXPOSURE ON BOND-SLIP BEHAVIOR BETWEEN LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE AND CFRP COMPOSITE	125
EGE BÖLGESİ POPÜLASYONUNDA OTOZOMAL STR LOKUSLARININ İNCELENMESİ.....	141
IMPLEMENTING DISTRICT-LEVEL RETROFIT STRATEGIES BY UTILIZING THE BIM MODELING BASED ON A CASE STUDY	145
LSB VE KENAR BELİRLEME ALGORİTMALARI KULLANARAK TIBBİ GÖRÜNTÜLERE VERİ GİZLEME	154

TÜRKİYE'DE FETEMM EĞİTİMİ KONUSUNDA ÖĞRETMEN VE ÖĞRETMEN ADAYLARI ÜZERİNE YAPILMIŞ TEZLERİN ANALİZİ: BİR META-SENTEZ ÇALIŞMASI	165
FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN FETEMM ALGILARININ İNCELENMESİ.....	178
FOSFAT ÖN İŞLEMİNE ALTERNATİF OLARAK NANO ÖN-İŞLEMİN KATAFOREZ KAPLANAN AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMIN YAPIŞMA VE KOROZYON DİRENCİNE ETKİSİ	185
4. SINIF FEN DERSİNE YÖNELİK HAZIRLANMIŞ MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİNİN ÖĞRENCİLERİN FEN BAŞARILARINA ETKİSİ.....	190
WEB TRAFİKLERİNİN İNCELENMESİ VE ATAKLARA KARŞI DAHA GÜVENİLİR SAVUNMA İÇİN HİBRİT MODEL ÖNERİSİ.....	196
SYNTHESIS OF BORON-TITANIUM DIOXIDE (TiO₂) AMINO-CONTAINING CATALYST FOR METHANOL PRODUCTION.....	211
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ ÇÖZÜMLERİ.....	215
EKSENEL BASINÇ ETKİSİNDEKİ ÇELİK T-PROFİLLERİN TASARIMI	227

ABSTRACTS / POSTERS

The abstract fields of the papers that have met all the conditions of the Incohis 2024 Spring congress as abstract, poster and full text will be shown on the following pages. In addition, the full texts of the papers that have been applied as full text are available on the following pages.

RECENT ADVANCES IN ORGANIC CHEMISTRY

Lecturer KAZIM KAHRAMAN

Kocaeli University, Kocaeli Vocational School, Chemistry

kazim_kahraman@hotmail.com

Abstract

Organic chemistry is a branch of science that studies the structures, properties and reactions of natural and synthetic compounds. Continuous developments in this field are important in terms of synthesis strategies, reaction mechanisms and the discovery of new compounds. New Synthesis Methods; Metaplant reactions are an effective method in the synthesis of organic molecules in which the alkyl group is changed. The use of alkylated group in small percentages can improve the reaction efficiency. C-H activation, on the other hand, has developed new strategies for the selective activation of C-H bonds in the synthesis of natural products and complex molecules. Metal catalysts play a critical role in advances in this field. Novel Reactions and Mechanisms; Photoredox catalysis triggers redox reactions with the use of light. This method is used in the rapid and selective synthesis of complex molecules. Electrophilic amination, on the other hand, is a new method for the synthesis of amines as a result of the reaction of electrophilic substrate with nucleophilic amine reactant. It is used in the pharmaceutical industry and in the synthesis of biologically active compounds. Applications and Areas of Progress; The importance of organic chemistry in pharmaceutical chemistry is increasing. New synthesis strategies and reactions allow drugs to be synthesized more quickly and efficiently. Green chemistry plays a critical role in the future of organic chemistry with environmentally friendly synthesis methods. Waste reduction, minimizing the use of solvents, and the use of raw materials derived from renewable resources are among the focal points of green chemistry. In this study, new synthesis methods, reactions and applications in the field of organic chemistry are discussed and developments to make this branch of science more effective and environmentally friendly are examined. These developments will guide future research and contribute to the development of products used in a variety of industries.

Keywords: Organic Chemistry, Pharmaceutical Chemistry, Green Chemistry

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF SOME TEMPERATE AND TROPICAL CEREAL CROPS USING INTER-PRIMER BINDING SITE (IPBS) MOLECULAR MARKERS

OLİVET DELASİ GLEKU

Niğde University, Faculty Of Agricultural Sciences And Technologies, Agricultural Genetic
Engineering
olivetdelasi@gmail.com

Prof. Dr. SEDAT SERÇE

Niğde University, Faculty Of Agricultural Sciences And Technologies, Agricultural Genetic
Engineering
sedatserce@gmail.com

Abstract

Molecular markers are used in molecular studies to describe the distinctive nature of molecules in species without taking into consideration the environmental, developmental and physiological nature of the species. It is simply classifying species at their molecular levels. Molecular markers are transmissible, detectable DNA sequences found at perculiar places within the genome which can be used to detect DNA polymorphism between the nucleotide sequences of different individuals. Five temperate cereal species; *Avena sativa*, *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Triticum durum*, and *Triticum aestivum*, and one tropical cereal species, *Sorghum bicolor* were molecularly characterized in this study. A total of 15 individuals all from the Poaceae family were studied in two replicates to confirm reproducibility of the marker system used. Poaceae also known as Gramineae is a large family of monocotyledonous flowering plants which are found almost everywhere usually referred to as grasses. The iPBS procedure is a great marker system for genetic similarity studies in plants and a cheap procedure to perform produceing high reproducible, scorable, and polymorphic bands (amplicons). The manual scoring revealed 1491 bands with 1248 being polymorphic. The dendrogram based on the UPGMA clustering and a principal coordinate analysis (PCoA) indicated the presence of two distinct clusters. Some variabilities existed between the temperate and tropical species indicating their geographical diversity and adaptations. This study provides basis for further research on these species to identify sources of variation for climate resilience and resistance breeding for sustainable agriculture.

Keywords: Poaceae, Molecular Characterization, Cereals, Ipbs Markers, Polymorphism

**DETERMINING THE RADIATION DOSE LEVEL TO WHICH THE LUNG IS
EXPOSED IN LIVER TUMOR TREATMENT****KAAN SELÇUKHAN SAKMAK**Yıldız Technical University, Faculty Of Electrical And Electronics, Biomedical Engineering
*kaansakmak@gmail.com***Assoc. Prof. Dr. OSMAN GUNAY**Yıldız Technical University, Faculty Of Electrical And Electronics, Biomedical Engineering
*ogunay@yildiz.edu.tr***PhD. NAMİ YEYİN**İstanbul University - Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Faculty Of Medicine, Nuclear Medicine
*namiyeyin@gmail.com***Assist. Prof. Dr. F. FATİH KESMEZACAR**İstanbul University - Cerrahpaşa, Vocational School Of Health Services, Department Of
Medical Services And Techniques
*okesmezacar@hotmail.com***Lecturer DUYGU TUNÇMAN**İstanbul University - Cerrahpaşa, Vocational School Of Health Services, Radiotherapy
*duygutuncman@gmail.com***Prof. Dr. MUSTAFA DEMİR**İstanbul University - Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Faculty Of Medicine, Nuclear Medicine
*demirm@iuc.edu.tr***Abstract**

This study aimed to determine the dose level to which Yttrium-90 radiopharmaceutical, which is widely used in the treatment of liver tumors, exposes the lungs. During the study, a Phantom that models the lung and liver in 3D was used. While PLA powder was used as the material to create the phantom, the 3D design of the phantom was made using the Zbrush program. In order to measure the radiation exposure on the phantom's surroundings, a plexiglass box was created, taking into account the dimensions of the phantom, and the phantom was placed inside this box. Thermoluminescence dosimeters used to measure the radiation exposure of the lung were strategically positioned in the right and left lobes of the lung. Yttrium-90 was injected into liver section of the phantom, and dose levels were measured with the help of 24 different dosimeters positioned over the lung. The measured dose levels were displayed with the help of Thermo Scientific Harshaw TLD Model 4500. When the results were examined, it was seen that the radiation exposure rate of right lung was calculated to be higher than the left lung in the same regions. As a result of comparing all measured areas, the highest exposure rate was detected in the middle posterior wall of the right lung. The detected value was seen between 1.4091 and 1.1845 Sv.

Keywords: Radiation Dose Level, Yttrium-90, Tld, Liver Tumor, Lung

**THE SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, SPECTRAL AND AGGREGATION
PROPERTIES OF PHTHALOCYANINES CONTAINING 4-[(6-
BROMONAPHTHALENE-2)-OXY] SUBSTITUENTS IN PERIPHERAL POSITIONS**

FULYA AKSOY

Yıldız Technical University, Institute Of Science And Technology, Chemistry/Inorganic
Chemistry
fulyaaksoy.fa@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. FATMA AYTAN KILIÇARSLAN

Yıldız Technical University, Institute Of Science And Technology, Chemistry/Inorganic
Chemistry
faytan@yildiz.edu.tr

Abstract

Phthalocyanines, the most important and common tetrapyrrole derivatives, have been the subject of interdisciplinary research due to their unique high stability, architectural flexibility, diverse coordination properties, good spectroscopic properties, rich and reversible redox chemistry. The unique properties of the Phthalocyanines lead to their use in different applications such as medicine, optical communication, gas sensors, photoconducting agents, chemical sensors, molecular metals, liquid crystals, non-linear optics, catalysis, and most importantly they are utilized as stand-alone or composite semiconductor materials. Interestingly, the physicochemical characteristics of the phthalocyanines can be precisely altered by modifying the central metal ion and the substituent at the periphery of the benzene rings. In this study, the synthesis of bis 4-[(6-bromonaphthalene-2)-oxy] substituted phthalocyanines at peripheral positions was carried out and the characterization was confirmed by FT-IR, UV-Vis, mass and NMR spectroscopy. Additionally, the spectral and aggregation properties of phthalocyanine complexes were examined.

Keywords: Phthalocyanine, Aggregation, Peripheral Position

A HYBRID MODEL PROPOSAL FOR THE STUDY OF IPS ATTACKS AND REDUCING THE ERROR RATE

FERHAT TİMUR

İstanbul Ticaret University, Faculty Of Sciences, Cyber security Thesis Master's Degree
ferhat.timur@outlook.com

Assoc. Prof. Dr. MUHAMMED ALİ AYDIN

İstanbul University - Cerrahpaşa, Head Of Computer Engineering Cyber Security
Department, Department Of Computer Engineering Cyber security
aydinali@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. ABDÜL HALİM ZAIM

İstanbul Ticaret University, Faculty Of Sciences, Cyber Security
azaim@ticaret.edu.tr

Abstract

Although the rapid development of technology and new developments in the internet world provide convenience and advantages in the business process for large companies, it is a fact that they also bring with them at least as many threats and risks. In the world of cyber security, a new type of attack and a defense strategy are developed almost every week. It is estimated that 30,000 websites are attacked every day around the world. These figures are constantly increasing, the cyber attacks that companies face are increasing, and defense strategies against these attacks are always updated. IPS (Intrusion Prevention System) products are among the products that contribute the most to defense strategies. IPS systems have a very important place in the cyber security world, and the performance rate of these systems is directly proportional to the level of protection in security systems. In this study, a hybrid model proposal is presented to increase the performance rate and reduce the error rate in IPS systems. The fact that the error rate of IPS systems that work only on classical signature basis or are created entirely with machine learning is not as low as expected, negatively affects the protection duty in cyber security systems. In order to solve this problem, in this study, a hybrid IPS system was created and the error rate was tried to be reduced. The Hybrid IPS System Model includes many important factors such as signature-based protection, machine learning, blacklist usage, DDoS protection and source IP location control. The use of many different parameters in the same system both increased the protection performance rate and provided a flexible architectural management for the cyber security experts who manage the system.

Keywords: Ddos, Hybrid Ips Model, Ips Systems, Blacklist And Ip Reputation, Source Ip Location Control, Machine Learning

THE EFFECT OF CHROME-FREE PRE-TREATMENT ON ADHESION AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS COATINGS ON AA5754 ALUMINIUM ALLOY

OĞUZ YILMAZ

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
oguzyilmaz@uzmankataforez.com

Engineer İBRAHİM USTA

Sakarya Uygulamalı Bilimler University, Faculty Of Technology, Metallurgy And Materials
Engineering
ibrahimusta@uzmankataforez.com

Prof. Dr. ÇAĞLAYAN AÇIKGÖZ

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
caglayan.acikgoz@bilecik.edu.tr

Abstract

Traditionally, phosphate pretreatment is used to increase adhesion strength before cataphoresis. However, phosphate pretreatment applied to aluminium material surfaces does not form sufficient phosphate crystals, reducing cataphoresis coating adhesion strength and adversely affecting corrosion properties. In this study, a chromium-free pretreatment using the commercial product EcoAL 20A solution was applied instead of the phosphate pretreatment to improve adhesion and corrosion resistance in the cataphoresis coating process, which is the cheapest and most widely used in the automotive sector. AA5754 aluminium alloy, commonly used in the automotive industry, was used as the substrate in the experimental studies. The experimental process was optimised with different immersion times (45, 60 and 75 seconds). EcoAL 20A was used at a concentration of 1%. Adhesion and corrosion testing was performed by DIN EN ISO 2409 (dry adhesion), ASTM D 870-02 (water resistance), and MIL-STD-810G (moisture resistance). Visual evaluation (observation of white and red rust) was performed on the coatings after testing. After the visual assessment, the adhesion strength and corrosion properties were evaluated using cross-cut.

Keywords: Aluminium, Cataphoresis, Chrome Free, Adhesion Strength, Corrosion

AN IN VITRO STUDY ON THE TOXICOLOGICAL EFFECTS OF POLYTETRAFLUOROETHYLENENANOPARTICLES (PTFE NPS)

MERVE TOKMAK

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
dmrclermrv34@gmail.com

Assist. Prof. Dr. BUKET BAKAN

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
buketbakan@gmail.com

Abstract

Nanomaterials can exhibit various biological response depending on their physico-chemical properties, environmental conditions, and also target organism. Polytetrafluoroethylene nanoparticles (PTFE NPs) is a thermoplastic fluoropolymer which known that quite challenging recycling and they use as non-stick coating on cookware materials. Despite their widespread use, very limited information is available regarding to toxicity and risk assessments of PTFE NP on environmental and human health and also their behaviour in biological environments. In this study, we aimed to investigate potential toxicological effects of PTFE NPs with 260 nm size dimension on L929 (fibroblast cell line) and A549 (lung cancer cell line) and haemolytic activity on red blood cells (RBCs). According to test results, it was observed that PTFE NPs caused significant dose-dependent cytotoxic effect on both cell lines and have increased hemolysis percentage at applied doses (20-160 µg/ml) with 1.7%, 1.9%, 2.4%, 5.2%, respectively. Overall, it is obvious that there is unknown effect of such a widely used material that need further studies and PTFE-NPs were found to be relatively non-safe material with increased of toxicological impact. This study was supported by Atatürk University, Scientific Research Project (FYL-2023-12791).

Keywords: Ptfе, Nanoparticle, In Vitro Toxicity, Hemolysis

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND IN VITRO TOXICOLOGICAL INVESTIGATION GLUTAMIC ACID-CERIUM OXIDE NANOPARTICLES (GLU- CEO2 NP) FOR THERAPEUTIC APPLICATION

SEDANUR GÜNGÖR

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
sdgngr16@gmail.com

Assist. Prof. Dr. BUKET BAKAN

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
buketbakan@gmail.com

Abstract

Many studies have been conducted on potential applications of nanoparticles which include the modifications by using different molecules for their potential use in drug delivery and imaging systems. Cerium oxide nanoparticles (CeO₂ NP) are well known as their antioxidant properties that can be used in several applications. L-glutamic acid is an essential amino acid which common use as surface modification molecule. In this study, CeO₂ NP (< 25 nm) were modified with glutamic acid for surface functionalization that will allow further molecules such as drugs to bind to the structure. FTIR spectroscopy, ZETA sizer and potential, XRD analyzes were performed to determine the characterization. In vitro cytotoxicity assay was carried on MCF-10A (healthy human breast cell line) and MCF-7 (human breast cancer cell line) to determine cell viability after 24h exposure by WST-1 and hemolytic activity was performed as interaction with red blood cells (RBC) at applied doses (20-160 µg/ml). As a result of study, modification of glutamic acid on CeO₂ NP was confirmed by characterization analyses with 134,6 nm size and specific peaks belong to the structure. According to cytotoxicity test, CeO₂ NP and Glu-CeO₂ NP did not show any cytotoxic effect at applied doses on both cell lines. However, in hemolysis test, while CeO₂ NP caused hemolysis at applied doses with 2.6%, 2.8%, 4.2%, 8.3% percentage, Glu-CeO₂ NP reduced hemolysis percentage as 1.7%, 1.6%, 2.5%, 3.5%, respectively. In conclusion, it has been observed that Glu-CeO₂ NP were increased biocompatibility when compared CeO₂ alone and have the potential to be used at recommended doses in therapeutic applications. This study was supported by Atatürk University, Scientific Research Project (FYL-2023-12754).

Keywords: Ceo2, Nanoparticle, In Vitro Toxicity, Hemolysis

**REUSE AND EVALUATION OF THE QUALITY OF POLYETHYLENE FILM
RECYCLED BY MECHANICAL METHOD IN FLEXIBLE FOOD PACKAGING****Expert EDA ARKON**

Eskişehir Osmangazi University, Faculty Of Engineering And Architecture, Chemistry
Engineering
eakca@pilenpak.com

Expert ALPEREN KONUK

Dokuz Eylül University, Science, Chemistry
akonuk@pilenpak.com

Expert ÖMER LÜTFİ YILDIRIM

İstanbul Technical University, Engineering Faculty, Metallurgical And Materials Engineering
oyildirim@pilenpak.com

Expert BEYZA EFE ÇİĞDEM

Ege University, Engineering Faculty, Bioengineering
bcigdem@pilenpak.com

ARZU KARA

Ege University, Science, Chemistry
akara@pilenpak.com

Abstract

The increasing demand for plastic packaging has led to an increase in the amount of plastic waste. Since most of the plastics that make our daily lives easier and are easily accessible are designed to be thrown away after a single use, plastic packaging accounts for a large part of the world's plastic waste. Recycling plays a key role in minimizing these negative impacts caused by the plastics that make our lives so convenient and widely used. Through this process, plastics can be recycled or reprocessed as a secondary material. Although recycling does not prevent the final disposal of plastics, it helps to postpone it for a while. Mechanical recycling, one of the recycling methods, is a material recovery method that is applied without disrupting the molecular structure of polymers. In this method, which is preferred due to its low cost and reliability, thermoplastics are broken, remelted and shaped. The Recotrim plastic recycling device used in this study was integrated into the extrusion line and a system was established, so that the mechanical recycling method was used in the process. Reusable granules were obtained by providing optimum conditions. In order to examine the quality of the polyethylene films produced using these granules, DSC, FTIR, microscopic analysis of polyeten film and sealing strenght analysis were carried out together with mechanical tests. As a result of the analysis, the same quality food packaging film was produced using 10-12% recycled granules. As a result, this study proved the effectiveness and reliability of mechanical recycling for the treatment of in-house waste used in polyethylene films. The use of recycled content in the produced films provides many significant economic and environmental advantages, such as reduced energy and resource consumption.

Keywords: Recycling, Plastic, Polyethylene, In-house, Flexible Packaging

PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR-COOLED CONDENSER IN ORGANIC RANKINE CYCLE

HASSAN IBRAHIM ABDULRAHMAN

Kocaeli University, Technology Faculty, Energy Systems Engineering

hassan140669@hotmail.com

Assist. Prof. Dr. MUHARREM EYİDOĞAN

Kocaeli University, Technology Faculty, Energy Systems Engineering

muharrem.eyidogan@kocaeli.edu.tr

Abstract

An Organic Rankine Cycle (ORC) is a closed-loop thermodynamic cycle. It is similar to the traditional Rankine cycle, except that ORC uses an organic fluid with a boiling temperature typically lower than water at atmospheric pressure ($<100\text{ }^{\circ}\text{C}$). An Air-Cooled Condenser (ACC) is a part of an ORC used for condensation through heat rejection. However, an ACC is very prone to changes in ambient temperatures. In countries like Türkiye, the ORC performance and efficiency vary from season to season due to changes in the performance of the ACC. In the summer, the condenser's performance degrades when the ambient temperature reaches $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ or slightly more in some regions. Therefore, the overall cycle efficiency of the ORC also degrades. The study used the Computational Fluid Dynamics (CFD) method to analyse the ACC rejection capacity by acquiring the temperature drop of organic fluid at different air velocities at various ambient temperatures. The temperature drop was used to acquire the heat rejection capacity of the ACC, which is important in determining cycle efficiency. The results showed that for an increase in air velocity from 1 m/s to 8 m/s at ambient temperatures of 40 , 35 , and $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and an organic fluid flow velocity of 0.3 m/s , the average percentage increase in heat rejection capacities was 2.67% , 2.39% , and 3.11% , respectively. For an organic fluid velocity of 0.5 m/s , the average percentage increase in heat rejection capacities was 4.73% , 5.02% , and 5.65% , respectively. This implies that an increase in air velocity increases the heat rejection capacity of the ACC. An increase in heat rejection capacity leads to the enhancement of effective condensation of the organic fluid, eventually leading to an enhanced ORC cycle efficiency. However, the increment happens at a certain limit of air velocities; the heat rejection capacity will remain constant beyond that limit. It was also found that the alternative method of enhancing the ACC performance is to lower the flow rate of the organic fluid. However, this will result in lower output power, eventually leading to lower overall efficiency for the ORC.

Keywords: Air-cooled Condenser, Organic Rankine Cycle, Computational Fluid Dynamics, Air Flow Velocity, Heat Rejection Capacity, Cycle Efficiency

RADIOGRAPHIC INSPECTION OF NATURAL GAS PIPES COMBINED WITH ELECTRIC ARC WELDING

TUĞÇE ÜN GÜRHAN

Kırıkkale University, Faculty Of Engineering And Natural Sciences, Mechanical Engineering
tugceungurhan@gmail.com

Assist. Prof. Dr. OĞUZ ERDEM

Kırıkkale University, Faculty Of Engineering And Natural Sciences, Mechanical Engineering
oguz.erdem@kku.edu.tr

Abstract

Natural gas is a colorless, odorless and flammable gas mixture consisting of various hydrocarbons, formed as a result of the chemical decomposition of organic substances in the lower layers of the earth that has been going on for millions of years. After World War II and especially after the 1973 Oil Crisis, the use of natural gas became more widespread with the strengthening of natural gas distribution networks all over the world. Due to the gradual growth of today's industrial sectors and the fact that natural gas is environmentally friendly, safe and economical, the need for natural gas distribution lines is increasing day by day. Electric arc welding is most preferred when combining natural gas pipes together. In this study, it was investigated what kind of damage and errors may cause when the electrodes are not clean and dry in natural gas pipe welding under field conditions. Moreover, when pipes welding with cellulosic and basic electrodes, it was also investigated what kind of effects may occur on the weld seam when current values below and above the required current value. When welding with cellulosic electrodes, 40A, 70A and 85A current values were used, and when welding with basic electrodes, 65A, 75A and 85A current values were used. Natural gas pipes were welded by 12 different experimental conditions, and double-wall single-image films of the weld seams were taken with the X-ray device in 3 repetitions. Weld seams on a total of 36 films were examined and interpreted. As a result of the inspections, no welding errors were observed in pipe welding with the clean cellulosic electrode (S-70A-T) using 70A current, while the most welding errors were seen in pipe welding with the dirty basic electrode (B-65A-K) at low amperage.

Keywords: Electric Arc Welding, Coated Electrodes, Non-destructive Testing Methods, Radiographic Inspection, Natural Gas Pipes

OPTIMUM PROTECTION FOR CASTINGS: TESTING AND COMPARISON OF DUPLEX COATING (ZINC + CATAPHORESIS) METHODS

Engineer BÜNYAMİN EREN

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
bunyamineren@uzmankataforez.com

Engineer MUHAMMED KAYA

Kocaeli University, Engineering Faculty, Metallurgy And Material Engineer
muhammedkaya@uzmankataforez.com

Engineer KAĞAN ÇİVİ

Bülent Ecevit University, Engineering Faculty, Metallurgy And Material Engineer
kagancivi@uzmankataforez.com

GÜRKAN ÖZAY

Dokuz Eylül University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
gurkanozay@uzmankataforez.com

MEHMET AVCI

Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
mehmetavci@uzmankataforez.com

Assoc. Prof. Dr. ADİFE ŞEYDA YARGIÇ

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
seyda.guler@bilecik.edu.tr

Abstract

In recent years, research aimed at enhancing the corrosion resistance of casting materials in the automotive industry has been rapidly increasing. However, high-cost and labor-intensive processes associated with high-micron powder coating present a challenging barrier. On the other hand, standalone zinc-lamellar, phosphate, zinc, or cathodic electrodeposition (kataforez) coating methods provide limited corrosion resistance. Particularly, cathodic electrodeposition coatings are preferred due to their affordability and suitability for complex components in the automotive sector. Additionally, zinc coatings not only improve the mechanical properties of structural and general engineering materials but also protect against corrosion, albeit with limitations due to their high dissolution rate in certain applications. The aim of this study is to produce low-micron, high-corrosion-resistant cast parts by applying economical zinc-cathodic electrodeposition duplex coating on two commonly used casting materials in the automotive industry, GGG-40 and GG-15. In this scope, initially, zinc coating of 12-15 μm thickness is applied in an acidic environment, followed by a cathodic electrodeposition coating of 20-25 μm thickness. Characterization of the cast parts involved conducting ink, hogabom, shock, pull-off adhesion, water resistance, salt spray, stone impact, cyclic corrosion, and SCAB corrosion performance tests before, during, and after the trial. Furthermore, the thickness of zinc coating is measured using X-ray diffraction, and the phosphate crystal appearance is examined using scanning electron microscopy. The results of the ink test indicated the suitability of cast parts subjected to a 20-minute oil removal process. The hogabom test demonstrated successful adhesion of a copper layer to all samples subjected to a 10-minute sandblasting process. All samples treated with ultrasonic oil removal passed the shock test. Measurements using X-ray diffraction revealed zinc coating thicknesses of 12.73 μm and 14.13 μm in acidic environments. Examination with scanning electron microscopy showed

appropriate and homogeneous distribution of phosphate crystals. Pull-off adhesion testing determined that materials had tensile strengths ranging from 417 to 474 psi. After 500 hours of salt spray testing, no surface defects or more than 5% red rust formation was observed. Cyclic corrosion testing did not reveal any surface defects or loss of adhesion. Stone impact testing indicated surface resistance to be suitable with a rating of 7B. SCAB corrosion testing confirmed appropriate corrosion size measurements after 500 hours. Coating cast parts with zinc followed by cathodic electrodeposition resulted in higher corrosion performance compared to single-coat applications. These findings confirm that high corrosion resistance can be achieved at a low cost.

Keywords: Casting Materials, Corrosion Performance, Acidic-zinc Coating, Cataphoresis Coating

**FATIGUE BEHAVIOR OF DIFFERENT WELDED JOINT DESIGNS IN STEEL
SMALL-BORE CONNECTIONS UNDER RANDOM VIBRATION****ABDULLAH ŞAHİN**

Kocaeli University, Institute Of Science And Technology, Metallurgy And Materials
Engineering
abdullah.sahin@bil.gov.tr

Prof. Dr. MUZAFFER ZEREN

Kocaeli University, Engineering Faculty, Metallurgy And Materials Engineering
zeren@kocaeli.edu.tr

Assist. Prof. Dr. FULYA KAHRIMAN

Kocaeli University, Engineering Faculty, Metallurgy And Materials Engineering
fulya.kahriman@kocaeli.edu.tr

Abstract

Small bore connections in industrial applications are prone to fatigue failure due to exposure to random vibration. This study focuses on investigating the fatigue behavior of different welded joint designs in small-bore connection under random vibration loading conditions. The purpose of this study is to assist in the development of optimized welding strategies to increase fatigue resistance by providing information on the effectiveness of various welded joint designs in small-bore connection under random vibration. Experimental tests were carried out by subjecting the samples to random vibration loading representative of operating conditions. Butt joint and fillet weld configurations were examined to evaluate their performance in terms of fatigue resistance. Fatigue life, crack initiation and propagation behavior of welded joints were monitored and analyzed. Additionally, microstructural analyzes were performed to evaluate the impact of different joint designs on the microstructure of the material and its relationship to fatigue performance. The results of this study contribute to the design and maintenance of small bore connections, reducing the risk of fatigue failure and associated operational downtime.

Keywords: Metallurgy, Fatigue, Weld, Small-bore Connections, Vibration, Crack Initiation

PREDICTION OF CRYPTOCURRENCY PRICES WITH ARIMA AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS

EMRE YILMAZ

Kırıkkale University, Faculty Of Humanities And Social Sciences, Statistics
emre.yilmaaz@gmail.com

Abstract

This work focuses on the prediction of cryptocurrency prices using ARIMA and Artificial Neural Networks (ANN) models. The rapid development and expansion of the cryptocurrency market have made the prediction of these digital assets' price movements a significant research topic. This study compares the effectiveness of ARIMA and ANN models on cryptocurrency price predictions. Initially, the research provides information on the history of cryptocurrencies, their impact on the economy, and the fundamental cryptocurrency units. Subsequently, it delves into the basics of time series analysis and the theoretical frameworks of ARIMA and ANN models. In the application part of the study, the results of predictions made using ARIMA and ANN models on selected cryptocurrencies are compared. These predictions offer important findings for a better understanding of price movements in the cryptocurrency market and making effective investment decisions in this field. In conclusion, this thesis reveals the applicability of ARIMA and ANN models in cryptocurrency price predictions and the differences in effectiveness between these models. While proposing suggestions on the future of the cryptocurrency market and potential strategies for investors, it also aims to open new avenues for research in this area.

Keywords: Cryptocurrency Price Prediction, Arima Model, Artificial Neural Networks, Time Series Analysis, Cryptocurrency Market

SOLUTION OF NONLINEAR FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH VARIATIONAL ITERATION METHOD

ERAY YEŞİLYURT

Ege University, Institute Of Science, Department Of Mathematics
91220001479@ogrenci.ege.edu.tr

Prof. Dr. FADİME DAL

Ege University, Faculty Of Science, Department Of Mathematics
fadime.dal@ege.edu.tr

Abstract

This study aims to demonstrate the effectiveness of solutions obtained using the Variational Iteration Method for nonlinear fractional differential equations. The search for reliable and efficient methods for solving nonlinear fractional differential equations, which are of particular interest in engineering and physics, continues to grow. The study initially defines special functions utilized in the solutions of nonlinear fractional differential equations. Definitions of Riemann-Liouville and Caputo derivative operators are examined. The study addresses nonlinear fractional differential equations with initial conditions in its application examples. For the solutions of these equations, the more useful definition of the Caputo derivative operator is employed. In order to demonstrate the effectiveness of the method, analytical solutions obtained for the second-order derivatives of nonlinear fractional differential equations are compared with approximate solutions obtained using the Variational Iteration Method for derivatives of 1.25, 1.50, 1.75, and 2. The approximate solutions obtained with the method yield results largely similar to the exact solutions. As a result, the applicability of the Variational Iteration Method for obtaining solutions to nonlinear fractional differential equations with initial values is demonstrated.

Keywords: Variational Iteration Method, Riemann-liouville, Caputo

GENIPIN IMPACT ON THE WATER BARRIER PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE OBTAINED FROM LEATHER INDUSTRY TRIMMING WASTES AND SODIUM ALGINATE-BASED FILMS

ÇAĞATAY BAL

Ege University, Institute Of Science, Department Of Leather Engineering
cagataybal@outlook.com

Prof. Dr. BUĞRA OCAK

Ege University, Engineering Faculty, Leather Engineering
bugraocak@gmail.com

Abstract

The depletion of global petrochemical resources, coupled with the environmental challenges arising from the extensive use of traditional plastics, has led to greater interest in the research of environmentally friendly biodegradable materials that can be used in various applications. The weak water barrier properties of collagen hydrolysate obtained from leather industry trimming waste seriously limit its practical application areas. In this study, collagen hydrolysate/sodium alginate-based films were produced using the solution casting method because they are non-toxic and biocompatible. The collagen hydrolysate/sodium alginate composition with the best water barrier property was determined to be the CH40/SA60 formulation, and films with this formulation were cross-linked with genipin. Cross-linking significantly increases the hydrophobicity of the films, thereby reducing their water vapor permeability and water solubility. The results indicate that biodegradable films serve as a promising foundation for the development of packaging materials.

Keywords: Collagen Hydrolysate, Alginate, Waste, Genipin, Cross-linker

EFFECT OF ACCELERATOR CONCENTRATION ON MICROSTRUCTURE AND COATING THICKNESS DURING THE PHOSPHATING PROCESS: A REVIEW

İBRAHİM USTA

Sakarya Applied Sciences University, Faculty Of Technology, Metallurgy And Material
Engineer
b16.ibrahim@gmail.com

Lecturer SAMET USTA

Sakarya University, Engineering Faculty, Metallurgy And Material Engineer
sametusta@sakarya.edu.tr

Abstract

The tri-cationic phosphate coating (zinc, nickel, manganese) process is a standard pre-treatment method for protecting steel surfaces against corrosion and for subsequent coatings such as cataphoresis paint. However, manganese, which dissolves slower than zinc, reduces the process speed at an industrial scale, making it unsuitable for mass production. This study investigated the effect of various accelerator concentrations on increasing the process speed of industrial-scale phosphate coating. It was observed that coatings obtained at low concentrations were not homogeneous and contained voids. This condition could potentially reduce corrosion resistance and decrease the adhesion strength of subsequent coatings. However, it was determined that coatings obtained at the optimum accelerator concentration were more homogeneous and adhered better to the steel substrate, thus exhibiting more excellent resistance against corrosion. Additionally, an increase in coating weight was observed at the optimum concentration, positively affecting corrosion resistance. Although other factors such as corrosion tests and adhesion strength, were not examined, the microstructure and coating weight results are essential for optimizing the phosphate process and effectively protecting metal surfaces. This study contributes significantly to developing industrial phosphate processes and the longevity of metal components.

Keywords: Phosphating, Accelerator, Phosphate Crystal, Sem

EFFECT OF TOTAL ACID CONTENT ON COATING MORPHOLOGY IN THE PHOSPHATING PROCESS

MİNEL TAŞDEMİR

Bursa Technical University, Graduate School Of Education, Chemistry
minelgul@uzmankataforez.com

OĞUZ YILMAZ

Bilecik Şeyh Edebali University, Graduate School Of Education, Chemical Engineering
oguzyilmaz@uzmankataforez.com

İBRAHİM USTA

Sakarya University, Graduate School Of Education, Metallurgy And Materials Engineering
ibrahimusta@uzmankataforez.com

Prof. Dr. YUNUS KAYA

Bursa Technical University, Graduate School Of Education, Chemistry
yunus.kaya@btu.edu.tr

Abstract

In this study, the properties of phosphate coating applied to the surface of a metal substrate were investigated. Phosphate coatings consist of thin crystalline layers formed by different processing processes, such as zinc, iron and manganese. These layers form a porous and rough surface, making them suitable for various applications. While they are generally applied to materials such as carbon steel, low-alloy steel, and cast iron, some difficulties may be encountered in high-alloy materials. Zinc phosphate coatings are ideal for improving corrosion resistance and subsequent painting processes. Manganese phosphate coatings are particularly popular in certain applications, providing wear resistance and oil retention properties. However, the risk of corrosion may increase if phosphate coatings are damaged because these coatings are not self-healing. This study will investigate the effect of different acid concentrations on coating properties, focusing on the zinc phosphating process. The results of this study can make an important contribution to optimise phosphate coatings and better protect steel surfaces.

Keywords: Phosphating, Total Acid, Phosphate Crystal, Sem

CARBOXYLIC ACID-FUNCTIONALIZED FLUORINATED PHTHALOCYANINES**GÜLRU ÖZAY**İstanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
*ozayg22@itu.edu.tr***Assoc. Prof. Dr. MUKADDES ÖZÇEŞMECİ**İstanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
*selcukoglu@itu.edu.tr***Prof. Dr. ESİN HAMURYUDAN**İstanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
*esin@itu.edu.tr***Abstract**

Phthalocyanines are synthetic blue-green substances that exhibit strong chemical and physical stability. With its characteristic features, easy substitution, and the features that the central atom adds to the structure, this macroring can be diversified and gain properties according to the desired field [1]. Within the scope of this study, groups with various properties such as phthalocyanine, fluorine and carboxyl were combined on the same molecule. It is planned to introduce new compounds to the literature and to synthesize and characterize new compounds that are candidates for use in biological applications and appeal to different areas of use [2-6]. In this work, the preparation and characterization of a new series of metallo-phthalocyanines bearing thiocarboxylate units that were obtained via selective replacement of the para-fluorine atoms of the peripherally pentafluoro-benzyloxy-substituted metallo-phthalocyanines with thiocarboxylic acids are described.

Keywords: Phthalocyanine, Carboxylic Acid, Biological Properties

*This work was supported by the Research Fund of Istanbul Technical University BAP (Project Code: TYLB-2023-44610).

References

- [1] Almeida-Marrero, V., Mascaraque, M., Jesús Vicente-Arana, M., Juarranz, Á., Torres, T., & de la Escosura, A. (2021). Tuning The Nanoaggregates of Sialylated Biohybrid Photosensitizers for Intracellular Activation of The Photodynamic Response. *Chemistry–A European Journal*, 27(37), 9634-9642.
- [2] Morozova, A. P., Znoiko, S. A., Vashurin, A. S., Zav'yalov, A. V., Maizlish, V. E., & Shaposhnikov, G. P. (2017). Bifunctionally Substituted Cobalt (II) Phthalocyanines with Benzoic Acid Fragments. *Russian Journal of General Chemistry*, 87, 3063-3070.
- [3] Selçukoğlu, M., & Hamuryudan, E. (2007). Novel Phthalocyanines with Pentafluorobenzyloxy-Substituents. *Dyes and Pigments*, 74(1), 17-20.
- [4] Koca, A., Özkaya, A. R., Selçukoğlu, M., & Hamuryudan, E. (2007). Electrochemical and Spectroelectrochemical Characterization of The Phthalocyanines with Pentafluorobenzyloxy Substituents. *Electrochimica Acta*, 52(7), 2683-2690.
- [5] Peisert, H., Knupfer, M., & Fink, J. (2002). Electronic Structure of Partially Fluorinated Copper Phthalocyanine (CuPCF4) and Its Interface to Au (100). *Surface Science*, 515(2-3), 491-498.
- [6] Özçeşmeci, M., Ecevit, Ö. B., Sürgün, S., & Hamuryudan, E. (2013). Tetracationic Fluorinated Zinc (ii) Phthalocyanine: Synthesis, Characterization and DNA-Binding Properties. *Dyes and Pigments*, 96(1), 52-58.

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF THERMO-RESPONSIVE TPU / PBMA-CO-PIBMA POLYMER BLENDS

EMRE PALABIYIK

Yalova University, Institute of Graduate Studies, Department of Polymer Materials
Engineering
emreplbyk77@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. EMRE TEKAY

Yalova University, Faculty of Engineering, Department of Polymer Materials Engineering
emre.tekay@yalova.edu.tr

Abstract

Shape memory polymers are an important type of stimuli-responsive smart polymers that can change their shapes with an external stimulus. thermo-responsive shape memory polymers use heat to facilitate the transformation between temporary and permanent shapes, and they are the most common type among shape memory polymers. Thermo-responsive shape memory polymer materials can be produced as polymer blends utilizing an elastomer for recovering the permanent shape and a switching polymer for preserving the temporary shape. In this study, polymer blends with different compositions, consisting of an elastomer phase of ester-based thermoplastic polyurethane (TPU) and a switch phase of poly(butyl-co-isobutyl methacrylate) (PBMA-co-PiBMA), were prepared via melt blending method. In blends with TPU/PBMA-co-PiBMA ratios of 90/10, 80/20 and 70/30 by weight, it was observed that PBMA-co-PiBMA phase was dispersed as droplets within the continuous TPU phase, while in 60/40 and 50/50 blends, co-continuous morphology was formed. In dynamic mechanical analysis (DMA), it was determined that the ester block of TPU and PBMA-co-PiBMA polymer were compatible, the glass transition temperature (T_g) of polymer blends was between the glass transition temperature of TPU soft block and PBMA-co-PiBMA polymer, and the glass transition temperature increased in direct proportion to the amount of PBMA-co-PiBMA. Thermo-responsive shape memory analyzes showed that both shape fixing (R_f) and shape recovery (R_r) ratios increased as the amount of PBMA-co-PiBMA increased, and R_f and R_r values above 98% were obtained for the 50/50 blend. Cyclic shape memory analysis revealed an enhancement in R_f and R_r values due to training effect for the 50/50 blend. In thermogrammetric analysis (TGA), it was seen that in the presence of PBMA-co-PiBMA, the onset degradation temperature of TPU decreased, however the maximum degradation temperature and maximum degradation rate of the ester block of TPU improved.

Keywords: Shape Memory Polymer, Polymer Blend, Tpu, Acrylic Polymer

* This study was supported by the Research Fund of Yalova University. Project Number:
2022/AP/0001

IMPACT OF TEMPERATURE EXPOSURE ON BOND-SLIP BEHAVIOR BETWEEN LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE AND CFRP COMPOSITE

PhD. ESMAIL A. ALSHUQARI

Gaziantep University, Engineering, Civil Engineering
alshogary88@gmail.com

Prof. Dr. ABDULKADİR Çevik

Gaziantep University, Engineering, Civil Engineering
akcevik@gantep.edu.tr

Abstract

This study examines the bond-slip behavior between carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sheets and lightweight geopolymer concrete (LWGC) specimens after exposure to several increased temperatures (20°C, 200°C, 400°C, and 600°C). 32 lightweight geopolymer specimens were subjected to double-shear tension testing in order to evaluate the influence of different widths and lengths of CFRP bonding. The specimens were molded and adhered to sheets of CFRP. The color appearance, mass loss, density, compressive strength, splitting strength, failure mode, the behavior of bond force-slip curves, the ultimate bond force and slip, the influence of temperature on the behavior of bond force-slip, stiffness, toughness, and microstructural analysis were examined before and after exposure to elevated temperatures. It was found that the average residual strengths (compressive and splitting) were 80%, 44%, and 25%, respectively, when the LWGC specimens were heated to 200 °C, 400 °C, and 600 °C. The impact of temperature on bond-slip behavior is minimal at low temperatures, specifically up to 200°C. Under these conditions, there is only a slight 5% decrease in the ultimate bond force and the corresponding slippage. However, when subjected to temperatures as high as 400°C, there is a significant reduction in both the ultimate bond force and the associated slippage, reaching up to 32% and 24%, respectively. The ultimate bond force and associated slippage experience a substantial decline when exposed to even higher temperatures, such as up to 600°C, with reductions of 48% and 41%, respectively.

Keywords: Lightweight Geopolymer Concrete (lwgc), Carbon Fiber Reinforced Polymer (Cfrp) Sheet, Bond-slip Behavior, Elevated Temperatures

NOISE REMOVAL PERFORMANCE COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED NONLINEAR FILTER

AHMET TOPAL

Istanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Mathematical Engineering
atopal@itu.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. BURCU TUNGA

Istanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Mathematical Engineering
tungab@itu.edu.tr

Abstract

Noise reduction aims to reduce or eliminate unwanted distortions in images. An effective noise reduction process preserves the details and features in the image while minimizing unwanted pixel changes. In this study, we worked on real-world images of plant leaves. Noise removal is carried out using a nonlinear filter designed with artificial neural networks, based on a regression problem. The neural network consists of a 9-unit input layer, followed by hidden layers of 64 and 128 units respectively, and an output layer with 1 neuron. Four different types of artificial noise, including Gaussian, Poisson, salt & pepper, and speckle, are added to the images. The artificial neural network model is trained using 10 pairs of original-its noisy counterpart leaf images, and the performance of the model is tested on 5 noisy leaf images that the model had never seen before. This process is carried out separately for each type of noise. We utilized a simultaneous sliding 3x3 window technique on both original and its noisy counterpart images for generating our training data. The input data for the training set is formed by sliding a 3x3 window over the noisy image and capturing the pixel values within this window at each step. The output data to be predicted (class label) is generated by sliding the same 3x3 window over the original, noise-free image, and using the pixel value at the center of this window as the target value. The noise removal performance in the images is compared according to the Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Structural Similarity Index (SSIM), and Edge Preservation Index (EPI) metrics. The results demonstrated that the model successfully removes all types of noise, with its effectiveness varying by noise type. The ranking from best to worst is as follows: salt & pepper, Poisson, speckle and Gaussian.

Keywords: Noise Removal, Image Denoising, Nonlinear Filter, Artificial Neural Network

FUSION OF NOISE REDUCED SAR IMAGES WITH OPTICAL IMAGES USING HISTOGRAM ANALYSIS

Assoc. Prof. Dr. CANER ÖZCAN

Karabük University, Engineering Faculty, Software Engineering
canerozcan@karabuk.edu.tr

SEMİH GENÇAY

Manisa Celal Bayar University, Manisa Vocational School Of Technical Sciences,
Department Of Computer Technology
semih.gencay@cbu.edu.tr

Abstract

This paper addresses the effective reduction of speckle noise inherent in Synthetic Aperture Radar (SAR) images and their subsequent fusion with optical images. Speckle noise in SAR images can degrade the image quality and lead to information loss during the fusion process with optical images. In order to solve this problem, the intensity values of SAR images are first determined by histogram analysis. The intensity values were used to determine the lambda value, which is the parameter of the Sparsity-Driven Despeckling (SSD) noise removal algorithm. By adjusting the lambda value uniquely for each image, the noise was reduced to an acceptable level. After the noise reduction process was completed, the noise-free SAR images were fused with the optical images. The fusion process was performed using different algorithms available in the literature: For each fusion method, qualitative evaluations of the images were performed. The results show that image-specific optimization of the lambda value significantly improves the noise reduction performance, which is reflected positively in the fusion results. The proposed method provides an effective pre-processing step for SAR and optical image fusion and improves the image processing quality in different application areas.

Keywords: Synthetic Aperture Radar, Optical Image, Image Fusion, Noise Reduction, Histogram

AN EXAMINATION OF AUTOSOMAL STR LOCI IN THE AEGEAN REGION POPULATION

CANSEV BAZ

Ege University, Institute Of Science And Science, Biotechnology

cansev006@hotmail.com

Abstract

The Aegean Region is the third most populous region of Turkey. Similar studies have been conducted previously in Turkey regarding STR loci, which include 21 STR regions, but there hasn't been a similar study focusing solely on the Aegean Region. A study group was formed by considering the population densities of the provinces in the Aegean Region in order to determine the allele frequencies of the Aegean Region population. A study was conducted on samples to determine the allele frequencies of the regional population. It is believed that the frequencies obtained from this study will contribute to determining similarities and differences in accordance with genetic evaluation criteria in other regional and international studies. Additionally, the allele distribution frequencies of the determined genotypes will be an important data source in forensic science studies for the power of distinguishing individuals. In conclusion, DNA samples from 160 individuals were examined in this study, and allele frequencies for 21 STR loci were obtained. These data were compared with previous national and international studies. Significant differences were observed in some STR regions.

Keywords: Autosomal Str Analysis, Globalfiler, Allele Frequency

IMPLEMENTING DISTRICT-LEVEL RETROFIT STRATEGIES BY UTILIZING THE BIM MODELING BASED ON A CASE STUDY

HANİYEH KAMANEH AZARİ

İstanbul Technical University, Energy And Technology Institution, Energy And Technology
Institution
azari20@itu.edu.tr

Prof. Dr. HATİCE SÖZER

İstanbul Technical University, Energy And Technology Institution, Energy And Technology
Institution
sozerh@itu.edu.tr

Abstract

Reducing dependence on fossil fuels due to resource limitations is crucial. This study uses Building Information Modeling (BIM) for comprehensive analysis at both building and district scales through various programs to lower energy demands at the district level. The research focuses on KIZILAY Street in Istanbul's KARTAL district, examining 78 buildings based on function and age. Indicators like population, energy consumption, cost, and greenery at the district level are analyzed. Two buildings, representing old and new constructions, are modeled using BIM and energy modeling tools such as Autodesk Revit, AutoCAD, Insight 360, Green Building Studio, E-Quest, PV watts Calculator, and Microsoft Office. The first step involves creating structural and architectural BIM models in Revit and transferring them to Insight 360 to establish energy profiles, including annual energy consumption per square meter. Data exported from Revit's gbXML is input into Green Building Studio for a detailed analysis of CO₂ emissions, lifecycle energy use, and costs. Strategies evaluated include passive measures (envelope insulation, window glazing, overhangs, blinds), active measures (photovoltaic panels, heat pumps), and operational management (HVAC system adjustments) in E-Quest models to enhance energy efficiency. These results are applied to the entire area, incorporating the effects of greenery and shading, to estimate pre- and post-retrofitting energy needs at the district level. The findings predict that these measures could reduce energy consumption on KIZILAY Street by 48.62% and decrease the district's energy costs by 49.02%, representing a substantial improvement.

Keywords: Urban Sustainability, Building Information Modeling (Bim), District-level Energy Efficiency, Passive Strategies, Active Strategies, Operational Management

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SILVER NANOPARTICLES USING HELICHRYSUM CHIONOPHILUM PLANT

MELİKE TUĞBA BİLAL

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Science, Biology
meliketugba1995@gmail.com

Prof. Dr. ASHABİL AYGAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Science, Molecular Biology
ashabil@ksu.edu.tr

Prof. Dr. ALİ SAVAŞ BÜLBÜL

Bayburt University, Applied Sciences, Emergency Aid And Disaster Management
asavasbulbul@gmail.com

Assist. Prof. Dr. YUSUF ZİYA KOCABAŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Science, Botanical
kocabasyz@ksu.edu.tr

Abstract

In our study, we obtained silver nanoparticles from the endemic plant *Helichrysum Chionophilum* and examined their antimicrobial activities on 3 gram positive and 3 gram negative bacteria. The endemic plant *Helichrysum Chionophilum*, which belongs to the Asteraceae family and grows in the Eastern Mediterranean region, that we used in our study, is known as plateau hencecali. Another name among the public is the immortal flower. It is located on the rocks and slopes of the foothills, and its flowering time occurs in April-May. All of its flowers are hermaphroditic. Nanotechnology studies the characterization of particles 1-100 nm in size. Silver is a white and shiny metallic element with the chemical symbol Ag, which means "argentum", and is ranked 47th in the periodic table. There are many methods for synthesizing silver nanoparticles. An alternative and feasible biological method to synthesize silver nanoparticles is to use plants. Since particle size and diversity are an important factor for biomedical applications, using biological methods to synthesize Ag nanoparticles is an environmentally friendly alternative. Different antibiotic sensitivity tests are performed to determine the sensitivity of microorganisms to antimicrobials. The tests were carried out in triplicate using 0.5 McFarland turbidity bacterial suspension, 3 different thicknesses (4, 6, 8 mm) of Mueller Hinton agar medium and 3 different diameter wells (4, 6, 8 mm). An agar borer (corkborer) was used to create holes of the desired diameter in the agar, and each time it was dipped in alcohol and then sterilized by burning it over fire. Wells of the desired size were opened with a sterilized agar drill. The suspension method was used to prepare the bacterial solution. For this purpose, 0.5 McFarland bacterial solution was prepared from the overnight culture and swabbing was done on agar petri dishes. As a result, no zone diameter was formed. No antimicrobial effect was detected in the silver nanoparticle of the *Helichrysum Chionophilum* plant.

Keywords: Silver Nanoparticle, *Helichrysum Chionophilum*, Antimicrobial

PREDICTION OF PRODUCER PRICES OF STRATEGIC AGRICULTURAL PRODUCTS WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS

ZİYA ERDEM BİNAT

Gazi University, Faculty Of Science, Statistics
erdembinat@gmail.com

Prof. Dr. YAPRAK ARZU ÖZDEMİR

Gazi University, Faculty Of Science, Statistics
yaprak@gazi.edu.tr

Abstract

The agricultural sector is crucial due to its role in food production, employment, growth, and GDP contribution, as well as its provision of raw materials and export potential. Recent years have seen significant price increases in agricultural and food products globally and domestically. Changes in producer prices, the initial link in the farm-to-fork value chain, heavily influence consumer prices, affected by various factors like production, costs, international prices, trade, and climate, which impacts production quantity and yield. This study aims to estimate producer prices of key agricultural products in Turkey using machine learning algorithms, comparing their performance. In similar studies, Zan (2021) conducted research on predicting soil radon gas values using machine learning algorithms with meteorological parameters. Akekmekçi (2022) compared the predictive performances of machine learning algorithms regarding exchange rates. Prashantha, Shravan, Bharath, Bharghavachar, and Shilpa (2020) estimated agricultural commodity prices utilizing machine learning methods. Additionally, Saputra et al. (2023) conducted studies on predicting red onion prices using the XGBoost algorithm. Sixteen strategic agricultural products' producer prices from 2003-2022 were predicted using six machine learning algorithms. To ensure comparability, explanatory variables were reduced through feature selection, including common significant variables in all products. Performance comparison utilized Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and Coefficient of Determination (R²), with XGBoost algorithm generally outperforming others. Regarding the products, it was observed that the producer price of wheat was predicted more successfully by most algorithms compared to other products.

Keywords: Strategic Agricultural Products, Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting Machine, Xgboost, Extreme Gradient Boosting, Decision Tree, Regression

A REVIEW OF BATTERY STATE OF CHARGE ESTIMATION METHODS AND THEIR COMPARISON BETWEEN THESE METHODS

EREN ÜNSAL

Uludağ University, Institute Of Science And Technology, Department Of Hybrid And Electric
Vehicles

erenunsal996@gmail.com

Abstract

Today, electricity is used in every aspect of life. Batteries are needed to use electricity in vehicles and devices that can be used without being positioned in a fixed place, such as cars with internal combustion engines, hybrid and electric cars, mobile phones, laptops, etc. The usage time of devices that can be powered by batteries can be calculated with the help of data provided by the state of charge of the battery. In particular, accurately estimating the charge status of electric vehicles batteries is of great importance in calculating the range the vehicle can travel. Different methods are use to calculate the state of charge of batteries. Some of the methods used to estimate battery charge status were developed for the purpose of estimating systems other than batteries, and later began to be used to estimate the state of charge of batteries. In this study, battery state of charge estimation methods were examined, these methods were compared among themselves and the obtained results were explained.

Keywords: Electricity, Battery, Battery State Of Charge, State Of Charge Estimation Methods

DATA HIDING IN MEDICAL IMAGES USING LSB AND EDGE DETECTION ALGORITHMS TOGETHER

HİLMİYE ATAMTÜRK

Kocaeli University, Faculty Of Technology, Information Systems Engineering
kucukhilmie@gmail.com

Assist. Prof. Dr. ADNAN SONDAŞ

Kocaeli University, Faculty Of Technology, Information Systems Engineering
asondas@kocaeli.edu.tr

Abstract

Medical images play a critical role in modern healthcare services. These images are utilized in various stages ranging from disease diagnosis to treatment. With the advancements in imaging technologies, the analysis and processing of these images have gained significant importance, especially in processes like computer-aided diagnosis and treatment planning. In this context, it is vital to accurately define specific areas in medical images, particularly the Region of Interest (ROI) and the Region of Non-Interest (RONI). While ROI often refers to a specific area of focus such as the localization of a disease or a particular treatment region, RONI encompasses other areas outside of ROI. Accurate delineation of these areas is essential for accurate diagnosis and treatment planning. This is where edge detection algorithms come into play. Edge detection is a process aimed at identifying the boundaries or transitions of objects in images. These algorithms determine edges by utilizing contrast changes between pixels in the image. These edges play a significant role in defining specific areas like ROI and RONI. In our study, we examined the capabilities of different edge detection algorithms in detecting RONI regions in medical images. Using these algorithms, pixels in RONI regions of various medical images were identified. Subsequently, data hiding using the Least Significant Bit (LSB) method was applied to these regions to ensure data security. The analysis revealed varying levels of success among different edge detection algorithms in detecting RONI regions. Additionally, it was observed that there were no distortions in the images during the data hiding process, indicating that data security could be ensured. This study highlights potential methods that can be utilized in the analysis of medical images and ensuring data security.

Keywords: Medical Images, Region Of Interest, Region Outside Interest, Edge Detection Algorithms, Lsb

ANALYSIS OF THESES MADE ON TEACHERS AND TEACHER CANDIDATES ON STEM EDUCATION IN TURKEY: A META-SYNTHESIS STUDY

AYŞE NUR TAYTAK

Uşak University, Graduate School Of Education, Graduate School of Education
taytakaysenur@gmail.com

Prof. Dr. LÜTFULLAH TÜRKMEN

Uşak University, Faculty Of Education, Mathematics And Science Education
lutfullah.turkmen@usak.edu.tr

Abstract

The STEM education approach, which aims to teach the branches of Science, Technology, Mathematics and Engineering in an integrated structure, has been seen as an area where the interest of developed and developing countries has focused recently. In parallel, there has been an increase in the number of academic studies on STEM education in the national and international arena. In this context, the aim of this study is to analyze the research findings, research methods and theoretical and analytical frameworks of the dissertations on teachers and teachers candidates on STEM education in Turkey using the meta-synthesis method. Accordingly, 20 theses written so far and accessible at the YOK National Thesis Center were included in the scope of examination. As a result of the findings obtained, it has been seen that the first thesis study in the STEM field was conducted in 2017, and showed a certain increase between 2017 and 2021, but since 2021, there has been a Decrement in the number of studies conducted. In addition, as a result of the study, it was found that all of the theses were master's theses, teacher candidates were more selected as a sample group in the theses and the awareness and attitude scale was used more than data collection methods.

Keywords: Stem Education, Teacher, Teacher Candidates, Meta-Synthesis

**FROM IMPORTANT ECONOMICALLY PEST TO BENEFICIAL MODEL
ORGANISM; GALLERIA MELLONELLA L. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)****ÖZGE KÖSE**

Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
osgekose55@gmail.com

Lecturer PhD. CİHAT ÇELİK

Bülent Ecevit University, Çaycuma Vocational School Of Food And Agriculture, Department
Of Chemistry And Chemical Processing Technologies
cihatcelik1@gmail.com

ÇAĞRI ALKAN

Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Molecular Biology And
Genetics
cagrialkan40@gmail.com

KÜBRA ASLAN

Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
kubraaslan7676@gmail.com

Prof. Dr. KEMAL BÜYÜKGÜZEL

Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
buyukguzelk@hotmail.com

Prof. Dr. ENDER BÜYÜKGÜZEL

Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Molecular Biology And
Genetics
endericen@hotmail.com

Abstract

Most insects belonging to the order Lepidoptera, such as *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), cause significant economic losses by damaging agricultural areas. These insect species causes significant economic losses, especially in the larval stage. This insect feeds on products in the hive and causes various damage in apiculture. The greater wax moth is a pest that has a short life cycle and can be easily grown on artificial diet in the laboratory conditions. For this reason, it is an important model organism that is frequently preferred in scientific studies. In order to control this economically important pest, many scientific studies have been carried out on this insect in recent years using some methods (such as physical, chemical and biological). This insect provides a large advantage for biological research as it is easy to isolate hemolymph, fat body and midgut, especially from the larval stage. In addition, the larvae and pupae of this insect are used as pseudo-hosts to propagation parasitoid insects for biological control under laboratory conditions. We explore that the effects of some clinically important drugs such as antibacterial, antifungal, antiviral and anthelmintics on insects by using *G. mellonella* as model organism to ascertain them as alternative chemical insecticides which has no impacts on environment and non-target organisms.

Keywords: *Galleria Mellonella*, Model Organism, Insect Rearing, Insecticide

PREVENTING BEE-EATER ATTACKS IN BEEKEEPING FACILITIES EMBEDDED SYSTEM DESIGN

Assoc. Prof. Dr. ADNAN SONDAŞ

Kocaeli University, Faculty Of Technology, Information Systems Engineering
asondas@kocaeli.edu.tr

Assist. Prof. Dr. FARUK AKTAŞ

Kocaeli University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
faruk.aktas@kocaeli.edu.tr

Abstract

Beekeeping businesses, which are very important in food and the country's economy, have to struggle with some problems. The bee-eaters (*Merops apiaster* L.), which can destroy bee colonies they attack, are among the most important of these problems. It is a necessity for businesses to overcome this problem without harming the environment, especially bee-eaters. This study proposes an embedded system developed to protect bee colonies from bee-eaters. In the memory of the proposed system, 10 different sound recordings will make bee-eaters move away from the combs. New sound files can be easily included in the system. When the system is switched on, the record chosen randomly among these sound records is played at a random time. Therefore, bee-eaters are afraid and leave the area. By making random time and sound determinations in the system, it is aimed to prevent the birds from getting used to the system. The aim is to prevent the birds from adapting to the system by randomly selecting time and sound in the system. The proposed system is powered by a 12 volt battery and the continuity of this energy source is ensured with the support of solar panels.

Keywords: Sonic Repellents, Embedded System, Beekeeping Facilities

**MODEL INSECT DROSOPHILA MELANOGASTER (MEIGEN) (DIPTERA:
DROSOPHILIDAE) FOR LABORATORY STUDY OF FRUIT PESTS****SELİN BAY**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Biology
*selin.bay00@gmail.com***GÜL PERİHAN YAYILKAN**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
*yayilkangul1@gmail.com***NURAY ARSLAN**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
*nurayarslan0417@gmail.com***KÜBRA ASLAN**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
*kubraaslan7676@gmail.com***DOĞA BÜYÜKGÜZEL**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
*dogabuyukguzel888@icloud.com***Lecturer PhD. CİHAT ÇELİK**Bülent Ecevit University, Çaycuma Vocational School Of Food And Agriculture, Department
Of Chemistry And Chemical Processing Technologies
*cihatcelik1@gmail.com***ÇAĞRI ALKAN**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Molecular Biology And
Genetics
*cagrialkan40@gmail.com***Prof. Dr. KEMAL BÜYÜKGÜZEL**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Biology
*buyukguzelk@hotmail.com***Prof. Dr. ENDER BÜYÜKGÜZEL**Bülent Ecevit University, Faculty Of Science, Department Of Molecular Biology And
Genetics
*endericen@hotmail.com***Abstract**

Drosophila melanogaster belongs to the family Drosophilidae of the order Diptera (Diptera) in the class Insecta (insects) of the animal kingdom. This insect, which means "moisture-loving" in Latin, is also popularly called "fruit fly" because it feeds and reproduces on ripe and rotting fruits in nature. The first experimental species of *D. melanogaster* was described by Johann Wilhelm Meigen in 1933. Charles William Woodworth discovered that it was easy to culture and had a short life cycle in this insect. Thus, this insect was grown and propagated in laboratory conditions for the first time. *D. melanogaster* is an

important model organism because its genetic structure is well known, it has a high adult yield and short life cycle, and can be cultured in laboratory conditions in all seasons. Due to these characteristics, *D. melanogaster* is used as a powerful model organism in determining the molecular mechanisms of diseases that significantly affect human health such as cancer, diabetes, and obesity, and in drug discovery. In addition to being a model organism frequently used in medicine and genetic studies, *D. melanogaster* is also a frequently preferred species in the control of target organisms in agriculture and in the research and development of ecologically friendly insecticides.

Keywords: *Drosophila Melanogaster*, Model Organism, Drug Discovery

INVESTIGATION OF SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SCIENCE**AYŞE NUR TAYTAK**Uşak University, Graduate School Of Education, Graduate School of Education
*taytakaysenur@gmail.com***Prof. Dr. LÜTFULLAH TÜRKMEN**Uşak University, Faculty Of Education, Mathematics And Science Education
*lutfullah.turkmen@usak.edu.tr***Abstract**

In today's world, the goals that countries have set, such as achieving sustainable economic growth and development, having the power to compete internationally, and having a leading role in science and technology, are directly related to the development of the understanding of STEM education. It is an undeniable fact that the most important role in achieving this depends on the developments in the field of education and therefore on teachers having positive views about STEM education. In this context, the aim of the study is to determine the thoughts and perceptions of science teachers about STEM education. In this context, the study was carried out with phenomenology design, one of the qualitative research methods. The sample of the study consists of 17 Science Teachers working in the Central District of Uşak Province. The research data were obtained using semi-structured interview technique. The research data were obtained using semi-structured interview technique. According to the findings obtained, it was concluded that Science Teachers conceptually know STEM and have a positive opinion about STEM education, but their field knowledge about STEM is insufficient when asked to define it as content.

Keywords: Stem Perception, Science Teachers, Teacher's Views, Phenomenology Design

THE EFFECT OF NANO PRE-TREATMENT AS AN ALTERNATIVE TO PHOSPHATE PRE-TREATMENT ON THE ADHESIVE AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS-COATED AA7075 ALUMINUM ALLOY

HATİCE CANTAZ

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
hatikim@hotmail.com

İBRAHİM USTA

Sakarya University, Engineering Faculty, Metallurgy And Materials Engineering
ibrahimusta@uzmankataforez.com

Prof. Dr. NURGÜL ÖZBAY

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
nurgul.ozbay@bilecik.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. ADİFE ŞEYDA YARGIÇ

Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
seyda.guler@bilecik.edu.tr

Abstract

Today, the use of phosphate coating in surface treatment processes continues rapidly. However, its use in various sectors, including the automotive industry, will be completely phased out by the regulations in the future due to the carcinogenic substances it contains. Additionally, phosphate coating processes generate phosphate sludge, which requires the bath to be kept under constant control and cleaned regularly. As a result, this situation causes high energy and time loss, and all these factors necessitate an alternative to phosphate coating. In this study, instead of phosphate pre-treatment to improve the adhesion and corrosion resistance of cataphoresis coating, which is widely used especially in the automotive industry, a nano pre-treatment was applied using OXILAN AL 0510 chemical. In experimental studies, AA7075 aluminium alloy, which is increasingly utilized in the automotive industry and especially in electric vehicles, was used as a substrate due to its lightness and superior properties. Cataphoresis-coated specimens were prepared after OXILAN AL 0510 or two different periods of phosphate pre-treatments, and the coated samples were analysed with cyclic corrosion resistance (according to 47-01-000/E specification) and dry adhesion (according to DIN EN ISO 2409 specification) tests. Cyclic corrosion resistance and dry adhesion tests were evaluated by visual inspection of the results.

Keywords: Aluminium, Cataphoresis, Nano Pre-treatment, Corrosion

THE ACTIVATING EFFECT OF PIMECROLIMUS ON THE ANTIOXIDANT ENZYME SYSTEM REDUCES HYDROGEN PEROXIDE-INDUCED OXIDATIVE STRESS IN NEURON-LIKE SH-SY5Y CELLS

Assist. Prof. Dr. FATMA GONCA KOÇANCI

Alanya Alaaddin Keykubat University, Vocational School Of Health Services, Medical
Services And Techniques
goncaok@gmail.com

Abstract

Pimecrolimus is a prominent topical immunomodulatory macrolide derivative that functions as a calcineurin inhibitor, thereby targeting the immune system and modulating inflammatory processes. Widely used in the treatment of inflammatory skin diseases, pimecrolimus effectively alleviates symptoms of atopic dermatitis by suppressing immune-mediated responses in the skin. Additionally, pimecrolimus has shown promise as a potential protective agent against neurodegenerative diseases associated with microglia-mediated pathways and oxidative stress. This study aimed to investigate the neuroprotective effect of pimecrolimus against hydrogen peroxide (H₂O₂)-induced oxidative stress in neuron-like differentiated SH-SY5Y cells (d-SH-SY5Y) by activating antioxidant enzymes such as human Cu-Zn superoxide dismutase (SOD1), catalase (CAT), and human glutathione peroxidase 1 (GPx1). Cell viability was assessed by MTT analysis following exposure to H₂O₂ and/or pimecrolimus. ELISA analyses were conducted to determine antioxidant enzyme activities. Following a 24-hour exposure to 250 µM H₂O₂ in d-SH-SY5Y cells, a statistically significant decrease in antioxidant enzyme activities was observed compared to the control group. However, the addition of H₂O₂ in the presence of pimecrolimus at various concentrations resulted in an increase in the activities of these enzymes compared to cells treated with H₂O₂ alone. In conclusion, pimecrolimus demonstrates a neuroprotective effect against H₂O₂-induced oxidative stress by activating antioxidant enzymes.

Keywords: Pimecrolimus, Hydrogen Peroxide, Oxidative Stress, Antioxidant Enzymes, Neuron Like Differentiated Sh-sy5y

CUTTING ANGLE AND SHAPE ANALYSIS TO INCREASE PRODUCTIVITY IN ROLL SHEET METAL CUTTING

Engineer ANIL ŞEKER

Demircioğlu Group, Research and Development Center
anilseker@hotmail.com

Engineer MERVE HATİPOĞLU

Demircioğlu Group, Research and Development Center
merve.hatipoglu28@gmail.com

Engineer MESUT KARAKUŞ

Demircioğlu Group, Research and Development Center
mesutkarakusmm@gmail.com

Abstract

Today, the use of rolled sheet metal materials in the automotive industry is quite common. These sheets are subjected to many processes such as cutting, bending and drawing. However, in order for these processes to be realized, first of all, the coil sheet metal must be cut to form the desired dimensions. The unusable part of the coil sheet metal that remains after the process is called "scrap". During the pressing of the coil sheet metal, the sheet metal is required to be placed in the press mold in the desired dimensions and position. In the cutting process of the coil sheet metal, the amount of scrap caused by the cutting geometry is of great importance, because less scrap indicates that the cutting process is performed efficiently. In this study, the efficiency of coil sheet metal cutting process was investigated. The optimization of the coil sheet metal cutting geometry designed with the help of CAD (Computer Aided Design) program was carried out in a virtual environment with CAE (Computer Aided Engineering) programs and compared with the cutting method used in the enterprise. As a result of the study, it was concluded that it is appropriate to perform the cutting process at 60° and in the infill pattern cutting geometry, where the least amount of scrap is released. This research provides important information to improve the efficiency of sheet metal coil cutting. Performing cutting operations with less scrap can save costs and reduce environmental impacts in the industry.

Keywords: Rolled Sheet Metal, Sheet Metal Cutting, Shear Analysis

**DEVELOPMENT OF A ZIGZAG WELDING SYSTEM THAT WILL INCREASE
PENETRATION AND EFFICIENCY IN WELDING TECHNOLOGY****Engineer ANIL ŞEKER**Demircioğlu Group, Research and Development Center
*anilseker@hotmail.com***Engineer MERVE HATİPOĞLU**Demircioğlu Group, Research and Development Center
*merve.hatipoglu28@gmail.com***Engineer İBRAHİM BACANAK**Demircioğlu Group, Research and Development Center
*ibrahimbacanak4@gmail.com***Abstract**

There are many methods used for the part joining process in the manufacturing industry. Among these methods, welding is the most widely used one. Products with more than one component are assembled by welding. Welding increases the durability and reliability of products by creating strong and durable connections between the joined parts. At the same time, welding simplifies the assembly process by reducing the number of parts and increases production efficiency. For these reasons, choosing the right welding method and applying it correctly is of great importance in industrial production processes. The MIG/MAG gas metal arc welding method is more widely used than other methods due to its mechanization, ease of welding in any position, etc. The quality control of joints made with this welding method is characterized by high penetration, low cost and high reliability at every stage of the welding process. Penetration refers to how deep the weld penetrates into the material and is a critical factor in the strength and durability of the weld joint. Sealing and durability of weld points are of great importance, especially in systems operating under high pressure or in sensitive parts. In this study, a zigzag welding apparatus was developed to eliminate the lack of penetration in gas welding technology. Cracks caused by lack of penetration at the welding point are prevented from preventing the part from fulfilling its purpose. When the results were examined; it was observed that there was insufficient melting and insufficient penetration in the visual controls of the products joined by the old welding method. The melting and penetration tests of the products joined with the developed zigzag welding apparatus were appropriate. In this project, it is aimed to produce higher strength products by preventing these problems caused by lack of penetration.

Keywords: Welding Penetration, Welding, Zigzag Welding

DNA-BINDING PROPERTIES OF WATER SOLUBLE BIS (2-PYRIDYLIMINO) ISOINDOLINE LIGAND

ASENA KAŞIKÇI

İstanbul Technical University, Graduate Institute, Chemistry
asenakasikci97@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. MUKADDES ÖZÇEŞMECİ

İstanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry
selcukoglu@itu.edu.tr

Abstract

In recent years, studies on the usability of new compounds in pharmacological and biological applications have been remarkable. DNA-drug interactions have a very important place in biological studies on the discovery of new compounds with drug potential. Bis(2-pyridylimino)isoindole (BPI) ligands and their metal complexes are thermally stable, can be synthesized under mild conditions, and are extremely original structures that can appeal to these application areas due to their easy modifications [1-3]. UV-Vis absorption spectroscopy is one of the simple and widely used instrumental techniques to study both the stability of DNA and its interactions with small molecules. Examination of molecule-DNA interactions can be performed by UV-Vis absorption spectroscopy by monitoring changes in the absorption properties of the molecule or DNA molecules [4]. The results obtained in the use of BPI compounds as artificial enzymes have been promising in the development of new drugs. In this study, it is anticipated that examining the DNA interaction properties of the BPI compound containing a glycerol group will contribute to research in the fields of biological and pharmacological use.

Keywords: 1,3-Bis (2-pyridillino) Isoindole (Bpi), Water Solubility, Dna, Photophysical Analysis

*This work was supported by Istanbul Technical University.

References

- [1] W.O. Siegl, J. Org. Chem. 42 (11) (1977) 1872–1878.
- [2] J.A. Elvidge, R.P. Linstead, J. Chem. Soc. (1952) 5000–5007.
- [3] T. Y. Tekbaşıoğlu, T. Soganci, M. Ak, A. Koca, M. K. Şener, Biosens. Bioelectron. 87 (2017) 81–88.
- [4] M. Özçeşmeci, Ö.B. Ecevit, S. Sürğün, E. Hamuryudan, Dyes Pigm. 96(1) (2013) 52–58.

THE EFFECT OF MATHEMATICAL MODELING ACTIVITIES PREPARED FOR 4TH GRADE SCIENCE COURSE ON STUDENTS' SCIENCE ACHIEVEMENT

MUSTAFA AÇIKGÖZ

Yıldız Technical University, Faculty Of Education, Basic Education/Mathematics Education
acikgoz.mustafa1982@hotmail.com

Assoc. Prof. Dr. ZEYNEP YILDIZ

Yıldız Technical University, Faculty Of Education, Basic Education/Mathematics Education
zeynepyildiz.2005@hotmail.com

Abstract

The aim of this study is to determine the effect of mathematical modeling activities prepared in line with the achievements of primary school science course on the science course achievements of primary school 4th grade students. For this purpose, in this study, a quasi-experimental design with pre-test, post-test and control group, which is one of the quantitative research methods, was used. The sample of the study consists of 4 th grade students studying in a public primary school in a district of Istanbul. A total of 50 students, 25 of whom were in the control group and 25 in the experimental group, took part in this sample. The research lasted for a total of 5 weeks and 2 hours of mathematical modeling activities were applied in addition to 3 hours of science lessons each week with the experimental group. The control group, on the other hand, received only 3 hours of training per week in line with the MEB science teaching program. Properties of Matter Academic Achievement Test (ÖABT) was used as a data collection tool and the data obtained were analyzed with the SPSS program. As a result of the analyzes, it was seen that the science lesson, which was taught using mathematical modeling activities prepared in line with the achievements of the science course, significantly increased the science achievement of the students. On the other hand, it was determined that the science course taught only in line with the MEB science curriculum did not provide a significant increase in the science achievement of the control group.

Keywords: Science Achievement, Science Education, Mathematical Modeling

EXAMINING WEB TRAFFIC AND HYBRID MODEL PROPOSAL FOR MORE RELIABLE DEFENSE AGAINST ATTACKS

UĞURCAN BAL

İstanbul Ticaret University, Institute Of Science And Technology, Cyber security
ugurcan.bal2@istanbulticaret.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. MUHAMMET ALİ AYDIN

İstanbul University - Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Computer Engineering Cyber security
aydinali@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. ABDÜL HALİM ZAIM

İstanbul Ticaret University, Institute Of Science And Technology, Cyber security
azaim@ticaret.edu.tr

Abstract

Various security methods have been developed against cyber attacks, which increase in direct proportion to the increase in internet usage areas in the modern world. WAF is one of the most frequently used of these methods. There are two methods used by WAF to prevent attacks, such as SQL Injection and XSS attacks, which are among the types of cyber attacks listed in OWAPS. The method that evaluates requests according to the determined rules and provides protection from possible attacks is called rule-based, and the method that prevents similar attacks by using information from past attacks is called signature-based. With these methods, WAF is preferred as a successful way to protect against most attacks. However, it may be insufficient to prevent new types of attacks that do not follow any rules and have not been experienced before. In this study, we aim to increase the effectiveness of WAF against attacks and minimize security vulnerabilities. Within the scope of this topic, we will examine the effect of behavioral analysis method of artificial intelligence with machine learning and artificial neural networks algorithms. In our research, we used a custom enterprise dataset for HTTP traffic and the NIDS-v2 dataset for behavioral analysis. In the first stage, we evaluated our data set by creating a hybrid structure using signature-based structure, artificial neural network algorithms MLP, ANN, CNN and machine learning algorithms Gradient Boosting Model and Decision Tree Classifier. In the second stage, when we added behavioral analysis data to our data set and re-evaluated it with the same hybrid structure, we observed that the success rate in detecting attacks increased. In this article, we will explain in detail the structure we used, our evaluations and the results we obtained.

Keywords: Waf, Sql Injection, Xss, Artificial Neural Networks, Machine Learning, Behavioral Analysis, Hybrid Model

TITANIUM DIOXIDE EFFECTS ON PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF DIFFERENT BASED INDUSTRIAL LUBRICANTS

Expert SEVDA ŞAHAN

Hacettepe University, Nanotechnology And Nanotype, Petrol Ofisi Lubricant Technology
Center

sevda.sahan@petrolofisi.com.tr

Engineer SENA EZGİ SELÇUK

Kocaeli University, Chemical Engineering, Petrol Ofisi Lubricant Technology Center

senaezgi.selcuk@petrolofisi.com.tr

MERVE ÇOBANOĞLU

Kocaeli University, Occupational Health And Safety, Petrol Ofisi Lubricant Technology
Center

merve.cobanoglu@petrolofisi.com.tr

Abstract

TiO₂ has a wide range of usage area. Because of its tribological properties it is also using in lubrication industry and it has a good potential to use in different forms in different industries. Bearing control is one of the most important performance characteristics of gear oils. Besides that additive type and amount, base oil type, ISO VG viscosity class are also important characteristics too. In this study, we particularly focused on bearing control and base oil types of gear oil formulations. Four different formulation type has been studied: food grade gear oil, synthetic gear oil, traditional gear oil and ester based gear oil. All formulations are applied respectively 0.2 %-0.5 %-1 % TiO₂ nanoparticles and TiO₂ microparticles. We have been reported stability, FTIR spectrum, viscosity, viscosity index, weld load performance and wear scar diameters of different lubricant formulations. We have been investigated and reported also particle size effect of titanium dioxide on wear performances of different types of lubricants.

Keywords: Gear Oil, Nanoparticles, Titanium Dioxide, Tribology, Lubricant, Base Oil

INVESTIGATION OF MYCOLOGICAL AIR QUALITY OF THE SÜLEYMANIYE MANUSCRIPT LIBRARY

ELİF ŞENGÜL

İstanbul University, Faculty Of Science, Biology
elifsengul@ogr.iu.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. DUYGU KADAİFÇİLER

İstanbul University, Faculty Of Science, Biology
dgoksay@istanbul.edu.tr

BUSE NUR ÖZTÜRK

İstanbul University, Faculty Of Science, Biology
busenur.ozturk@ogr.iu.edu.tr

MELİH UYGUN

İstanbul University, Faculty Of Science, Biology
melihuygun@ogr.iu.edu.tr

Abstract

Indoor fungi have an impact on the quality of the air. Inhalation of fungal spores by people in these environments can lead to health problems such as upper respiratory tract infections and skin irritations. In this study, it was aimed to determine the mycological air quality of Süleymaniye Manuscript Library, which has a high number of visitors. Air samples were collected from the reading room and the storage at 15 day intervals for 6 months. The Sabouraud Dextrose Agar petri dishes with streptomycin placed in the volumetric air sampling device were incubated at 27°C for 15 days after sampling. At the end of the incubation period, colony counts were performed and cfu/ m3 in the air were calculated. Colonies with different macroscopic and microscopic characteristics were isolated. Additionally, relative humidity and temperature values of indoors were measured during sampling. As a result of 6 months, an average of 54 cfu/ m3 was detected in the reading room, and an average of 17 cfu/ m3 was detected in the storage. Of the total 79 fungal isolates, 89% were identified as molds, and 11% as yeasts. It was determined that 60% of the isolates had green pigments, 22% white, 6% yellow, 6% pink, 4% orange and 2% black colors. The average humidity and temperature values of the reading room and storage were recorded as 21.6°C, 20.7°C, 40% and 35% respectively. When the findings were compared with the air limit values recommended by the European Commission (1993), the mycological load of library air was found to be low. Accordingly, it was concluded that the ambient air does not pose a risk to human health. In addition, when the humidity and temperature values of the library were compared with the values recommended by ASHRAE Standard-55 and ISO 7730, it was determined that the humidity was within the range suitable for human health, but the temperature was not within the desired range. Moreover, attention to the measured air values and hygiene conditions has led to the control of fungal growth. This work was funded by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University (Project number: FLO-2023-39981).

Keywords: Library, Indoor Air Quality, Fungi

INVESTIGATION OF BACTERIAL CONTAMINATION OF INDOOR AIR AT THE SÜLEYMANİYE MANUSCRIPT LIBRARY

BUSE NUR ÖZTÜRK

Istanbul University, Faculty Of Science, Biology
busenur.ozturk@ogr.iu.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. MİRAY ÜSTÜNTÜRK-ONAN

Istanbul University, Faculty Of Science, Biology
ustuntrk@istanbul.edu.tr

MELİH UYGUN

Istanbul University, Faculty Of Science, Biology
melihuygun@ogr.iu.edu.tr

ELİF ŞENGÜL

Istanbul University, Faculty Of Science, Biology
elifsengul@ogr.iu.edu.tr

Abstract

Indoor can provide an environment where bacteria can grow in indoor air due to factors such as various materials, humidity, temperature, and human activity. According to studies carried out at historic structures like Süleymaniye Manuscript Library, microorganisms grown on historical objects may be released into the air. Therefore, this project aimed to determine the bacterial load of indoor of the library. For this purpose, the indoor air of reading and storage rooms of the library were investigated for bacterial contamination for 6 months with 15 day intervals. In order to isolate aerobic heterotrophic bacteria (AHB), air samples were collected using the impaction method with an air sampling device containing Tryptic Soy Agar. Petri dishes were incubated at 37°C and colonies were counted after 24 and 48 hours. In addition, pure cultures were obtained from colonies with different morphologies and Gram characteristics were determined. Humidity and temperature values were recorded simultaneously. During the whole experimental period, average AHB numbers of reading and storage rooms was 45 cfu/m³ and 75 cfu/m³, respectively. Of 108 isolates, 55% were Gram (+) cocci, 36% were Gram (+) rods, and 9% were Gram (-) rods. The average temperature for the reading and storage rooms was 21.6°C and 20.7°C, respectively, and the average humidity was 40% and 35%, respectively. The indoor air of both rooms was determined as at low contamination level according to the parameters of the European Commission (1993). Accordingly, indoor air does not pose a risk for human health. When the average humidity and temperature values were compared with the parameters recommended by ASHRAE Standard-55 and ISO 7730, humidity values were suitable for human health, but temperature values were low. However, when evaluated in terms of bacterial contamination, measured air values and attention to hygiene conditions were evaluated as effective factors limiting bacterial growth. This work was funded by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University. Project number: FLO-2023-39980

Keywords: Library, Indoor Air Quality, Bacterial Contamination

SYNTHESIS OF BORON-TITANIUM DIOXIDE (TiO₂) AMINO-CONTAINING CATALYST FOR METHANOL PRODUCTION

GÜLSÜM ARIT

Kocaeli University, Engineering Faculty, Chemistry
gulsum.arit@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. MURAT EFGAN KİBAR

Kocaeli University, Engineering Faculty, Chemistry
efgankibar@kocaeli.edu.tr

Abstract

TiO₂ based catalysts can produce oxygen active species due to their photoenergy absorption capability. But high band gap of TiO₂ can also cause a decrease on the oxidation and reduction activities. This handicap can be tolerated by adding metal or metaloxides on TiO₂ or manipulating the lattice and by modifying the morphology of the support. In this study boron nanotube-titania photocatalyst was prepared by hydrothermal method. The morphology of commercial TiO₂ was converted from spherical to nanotube form with simultaneous addition of boron. The morphological properties determined by XRD, BET and TEM. The activity of the catalyst was performed in methanol production reaction and the conversion was found 4,16 µmol/gcat.h. The calculations were performed based on FTIR data to obtain the amount of methanol. The settling of elemental boron was also determined by XRD data which the boron participated in the titanium dioxide lattice.

Keywords: Boron-Titanium Dioxide, Photocatalysis, Methanol

PROTEASE ENZYME PRODUCTION FROM FOOD WASTE WITH BACILLUS LICHENIFORMIS SO7 STRAIN AND OPTIMIZATION OF THE CULTURE MEDIUM

GÖKSEN GÖREN

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
gksngrn@gmail.com

ŞEYMA ARAS

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
sedaaras9580@gmail.com

RAHİME ALTINTAS

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
rahimealtintas00@gmail.com

Prof. Dr. MELDA ŞİŞECİOĞLU

Atatürk University, Faculty Of Science, Molecular Biology And Genetics
msisecioglu@atauni.edu.tr

Abstract

Today, low-cost food waste and by-products, which still pose significant environmental and economic problems and are commonly found, can be used as substrates for the production of valuable products (such as biofuels, biopolymers, biosurfactants, and enzymes) through microbial processes from a biotechnological and industrial perspective. In this study; the best liquid medium selection for protease enzyme production with the *Bacillus licheniformis* SO7 strain from food waste has been optimized. Against the selected commercial Luria Bertani (LB Broth) liquid medium and combined with LB, cell density and activity determination were performed for 7 days for canned waste, domestic waste, and dairy product waste. Subsequently, from the three groups, the food wastes that gave the best results from the first day, namely domestic oily cheese whey (75 U/mL), canned pea waste (83.7 U/mL), and domestic kidney bean waste (93.5 U/mL), were selected and the same process was repeated for various liquid production media used in waste form alone combined with LB Broth without any chemical addition. The domestic kidney bean waste, which showed the best activity in the shortest incubation period, gave the best activity result (80-85 U/mL) with its increasing activity over the first 5 days. For the selected domestic kidney bean waste, medium optimization was performed using the Response Surface Methodology (RSM) method with the Box Behnken design (pH, temperature, duration). As a result, the best protease activity was obtained on the 3rd day with an incubation temperature of 55°C, pH 7.5, and 69.7 U/mL.

Keywords: Food Waste, *Bacillus Licheniformis* So7, Protease

EFFECT OF REACTION TIME AND CATALYST AMOUNT ON THE PHOTOCATALYTIC DEGRADATION BEHAVIOR OF METHYLENE BLUE WITH TiO₂

RAVAN ALLABABİDİ

Yıldız Technical University, Faculty Of Chemistry-metallurgy, Chemical Engineering
ravan.allababidi@std.yildiz.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. YASEMEN KALPAKLI

Yıldız Technical University, Faculty Of Chemistry-metallurgy, Chemical Engineering
kalpakli@yildiz.edu.tr

Abstract

Titanium dioxide (TiO₂) is preferred as the most suitable semiconductor for photocatalytic applications due to its high oxidation potential when excited by ultraviolet (UV) light and its high efficiency. On the other hand, methylene blue is a cationic dye commonly used in various industries including textiles, leather, paper, and plastics. The efficiency of photocatalytic degradation is influenced by various parameters such as the type of catalyst, catalyst concentration, pH, temperature, light intensity, and wavelength. In this study, the degradation behavior of methylene blue under TiO₂ catalysis at a surface pH of 5.9 was investigated with varying reaction times (10-90 minutes) and catalyst concentrations (0.125-0.75 mg/ml). The average size of anatase crystals of TiO₂ synthesized via the sol-gel method was determined to be 28.26 nm through XRD analysis. An optimum degradation time of 60 minutes was identified. The photocatalytic activities of TiO₂ samples were tested on the degradation reaction of methylene blue. Experiments were conducted in a discontinuous reactor (CAMAG® UV Cabinet) at room temperature. Methylene blue solution prepared from a stock solution of 3.2 ppm (10⁻⁵ molar) was examined under UV light. The optimum catalyst concentration was determined to be 0.75 mg/ml, where the adsorption efficiency was minimized and the degradation efficiency was maximized.

Keywords: Tio₂, Methylene Blue, Photocatalytic Activity, Adsorption, Oxidation, Degradation Efficiency

MACHINE LEARNING SOLUTIONS IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

EMEL OKKALI

Kocaeli University, Institute Of Science And Technology, Information Systems Engineering
Program

zedzedloy@gmail.com

Abstract

Machine learning and deep learning technologies are widely used in various fields today. Especially in critical applications like security and surveillance systems, they offer more effective and innovative solutions compared to traditional methods. These approaches can also be effectively utilized in the development of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). UAVs are widely used in diverse areas ranging from agriculture to security and search-and-rescue operations, providing significant benefits. However, along with the advantages offered by UAV technology, concerns regarding privacy, security, and safety complicate their usage. Developing innovative solutions for the effective detection and identification of UAVs is a forefront research area. Therefore, the effective detection and identification of UAVs are critically important in addressing these concerns. In the era of rapidly advancing technology where new data can be easily generated and recorded, data sets play a crucial role in analysis and decision-making processes. This study utilizes a data set created from radio frequency (RF) signals emitted by UAVs. The data set includes records of RF activities of UAVs functioning in different modes. The data collection process was conducted during operations of UAVs belonging to various models and brands within a specific time frame. The generated data set has been shared with developers for the development of new methods for UAV detection and identification. In this study aiming to detect drones using radio frequency signals, a series of models incorporating signal databases, machine learning, and deep learning techniques have been processed. Algorithms such as KNeighborsClassifier, RandomForestClassifier, and DecisionTreeClassifier have been utilized to evaluate UAV identification success. These metrics form the basis for evaluating the performance and reliability of the model in UAV identification. This study aims to propose an effective solution to address the security and privacy concerns associated with UAV technology and lay the groundwork for further research. The model developed using RF signals can significantly improve UAV identification processes and represent a new era in the development of UAV detection and identification systems.

Keywords: Machine Learning, Unmanned Aerial Vehicles (Uavs)/Drones, Uav Detection, Radio Frequency (Rf) Signals, Randomforestclassifier, Kneighborsclassifier, Decisiontreeclassifier

DESIGN OF STRUCTURAL STEEL TEES UNDER AXIAL COMPRESSION**MAHMOD BEKDASH**

Kocaeli University, Institute Of Science And Technology, Civil Engineering
mahmutpektas1@gmail.com

Prof. Dr. SEVAL PINARBAŞI ÇUHADAROĞLU

Kocaeli University, Engineering Faculty, Civil Engineering
seval.pinarbasi@kocaeli.edu.tr

Abstract

Typically produced by cutting steel hot-rolled I- or H-shapes, structural tees are widely used in different load resisting systems as primary/secondary members or connecting elements. The aim of this study is to define the fundamental limit states for structural steel tees under axial compression, to reveal how the "Specification for Design and Construction of Steel Structures (SDCSS)" incorporates these limit states into their design principles, and to calculate and tabulate the design compressive strengths of tees produced by splitting different European HEA shapes widely used in Turkey for various buckling lengths. For this purpose, the limit states of yielding, flexural buckling, flexural torsional buckling and local web/flange buckling are defined and how these limit states are incorporated into SDCSS is summarized first. Afterwards, the calculation of the design compressive strength for a typical structural tee based on the design principles defined in SDCSS is showed step by step and similar calculations are conducted to determine and present in a tabular form the design strengths of structural tees produced from different HEA shapes for different buckling lengths. In the study, it is found that the compressive behavior of tees cut from HEA shapes with profile numbers not exceeding 500 is governed by flexural torsional buckling limit state unless their buckling lengths are relatively small, in which case the governing limit state becomes flexural buckling. On the other hand, regardless of the buckling lengths, the governing global buckling limit state is found to be flexural torsional buckling for larger tees.

Keywords: Specification For Design And Construction Of Steel Structures, Axial Compression, $\frac{1}{2}$ Hea-Shape, Design Compressive Strength, Structural Tee, Load And Resistance Factor Design

ESKAPE PATHOGENS IN THE ENVIRONMENT: ANTIBIOTIC RESISTANCE AND TRANSMISSION VECTORS

Prof. Dr. LYUDMYLA SYMOCHKO

University Of Coimbra, Coimbra, Portugal, Faculty Of Science And Technology, Life
Sciences

lyudmilassem@gmail.com

Abstract

ESKAPE pathogens, an acronym encompassing *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterobacter* species, present a formidable challenge due to their resistance to antibiotics. Understanding the transmission vectors of these pathogens is crucial for devising effective strategies to mitigate their spread. Transmission of ESKAPE pathogens occurs through various routes, including direct contact between infected individuals, contaminated surfaces, and healthcare settings. Beyond healthcare facilities, ESKAPE pathogens can spread through environmental reservoirs such as water systems and agricultural settings. Contaminated water sources, including rivers and wastewater, can harbor these pathogens, leading to community-wide outbreaks. Agricultural practices, including the use of antibiotics in livestock farming, contribute to the dissemination of antibiotic-resistant strains into the environment. Between 2016 and 2021, extensive monitoring efforts surveyed various ecosystems, including the water ecosystem and agricultural domains, for the presence of ESKAPE pathogens. The findings unveiled a concerning surge in ESKAPE pathogens within these environments. Notably, the number of identified ESKAPE pathogens in the river escalated by 1.65-fold while in agroecosystems, it surged by 2.21-fold. Further analysis revealed high levels of antibiotic resistance among ESKAPE pathogens, with *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, and *Enterococcus faecium* dominating the water ecosystem, while multidrug-resistant strains including *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, and *Acinetobacter baumannii* were prevalent in soil samples from agroecosystems. Overall, understanding the diverse transmission vectors of ESKAPE pathogens is essential for implementing targeted interventions to control their spread. Strategies such as improved hygiene practices, antimicrobial stewardship, and surveillance of environmental reservoirs are critical for mitigating the impact of these pathogens on public health.

Keywords: Eskape Pathogens, Environment, Antibiotic Resistance, Monitoring, Transmission Vectors

DETERMINATION OF OIL RESERVOIR PARAMETERS BY IMAGE PROCESSING METHOD

Assoc. Prof. Dr. AYLİN GEÇER

Ankara University, Engineering Faculty, Chemical Engineering
agecer@eng.ankara.edu.tr

Prof. Dr. AYNUR BÜYÜKUTKU

Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering
butku@eng.ankara.edu.tr

FURKAN ABDULLAH AKINCI

Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering
abdullahak3181@gmail.com

HÜSEYİN YILMAZ

Selçuk University, Sarayönü Vocational School, Computer Programming
huseyinyilmaz93@hotmail.com

Abstract

Ceylan Formation Tuffs observed in the drilling wells of the Thrace basin, the most important natural gas basin of our country, are thought to be reservoir rocks due to their tectonic fractures and fissures. Scanning electron microscope (SEM) analyzes were carried out in order to determine the morphology, clay content and porosity of the core samples taken from the wells in the tuff units by image processing method. The petrophysical parameters of the reservoir, porosity (%) and permeability (mD) values, were found by image processing using the MATLAB software language using scanning electron microscope photographs. Porosity values were found between 11.6% and 23.7%. Permeability values were found to be between 270 mD and 747 mD. In addition, the clay content of tuffaceous rocks producing natural gas was found to be between 76.3 and 88.4 percent. High clay content was thought to negatively affect hydrocarbon production.

Keywords: Hydrocarbon, Matlab, Permeability, Porosity, Thrace Basin

RATIONAL LOGARITHMIC CUBIC SPLINE FOR ADVANCED VISUALIZATION OF 3D DATA STRUCTURES

ZÜBEYDE YAVUZ

Istanbul Technical University, Institute Of Science, Mathematical Engineering
yavuz19@itu.edu.tr

Prof. Dr. AHMET DURAN

Istanbul Technical University, Science Literature, Mathematical Engineering
aduran@itu.edu.tr

Abstract

Splines are functions in order to connect data points and important mathematical tools to visualize and process data. In this paper, we propose rational logarithmic cubic spline as a new approach for this purpose. We design this type of alternative spline to obtain advanced visualization of various suitable data structures in two and three dimensions. Due to the nature of our spline, the processes were optimized via suitable natural logarithmic transformations. Our rational logarithmic cubic spline has exactly four free shape parameters. These parameters allow the user to adjust slopes and curves as desired. Our spline function, which possesses $C1$ continuity, offers accuracy and effectiveness in derivative calculations requiring data interpolation. Additionally, special constraints were implemented during the interpolation process to maintain data positivity. Thanks to these constraints, when our spline function is applied to positive and proportional data, it yields consistent results. These consistent results may contribute significantly to the fields of science and engineering. Furthermore, by transforming our rational logarithmic cubic spline function into a bi-cubic form in suitable domain, we may achieve three-dimensional visuals as well as more effective interpolation compared to two-dimensional visualization, ensuring smoother transitions.

Keywords: Data Visualization , Rational Cubic Spline , Logarithmic Interpolation , Positive Surface, Rational Bi-cubic Spline

SYSTEMATIC OPTIMIZATION FOR PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYL BLUE BY GRAPHITIC CARBON NITRIDE

ELAF ELHUSSEİN

İstanbul University - Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Chemical Engineering
elafabdelillah@outlook.com

RAVAN ALLABABIDI

Yıldız Technical University, Faculty Of Chemistry Metallurgy, Chemical Engineering
ravan.allababidi@std.yildiz.edu.tr

Prof. Dr. İSMAİL BOZ

İstanbul University - Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Chemical Engineering
ismailb@iuc.edu.tr

Abstract

In this study, the impact of pH, irradiation time, and catalyst amount on the photocatalytic degradation of Methyl Blue was investigated by using graphitic carbon nitride (g-C₃N₄) as the catalyst and utilizing rigorous statistical modeling via Analysis of Variance. Photocatalysis is an effective method for pollutant removal, especially with g-C₃N₄ due to its stability and visible light absorption capabilities. MB was chosen as it is prevalent in industrial effluents and has challenging degradation kinetics. The results indicate that these parameters significantly influence degradation kinetics, with pH showing the most pronounced effect in alkaline conditions. Additionally, the study highlights the subtle roles of irradiation time and catalyst amount in MB degradation which offer valuable insights for optimizing photocatalytic performance. Notably, an optimal efficiency of 91% was achieved with a 60 min irradiation time and 0.01g of catalyst. These findings provide significant contributions to environmental remediation strategies and sustainable wastewater treatment technologies.

Keywords: Graphitic Carbon Nitride, Methyl Blue Degradation, Optimization, Degradation Efficiency

BIODOSIMETERS: MONITORING AND EVALUATION OF RADIATION EXPOSURE

HÜSEYİN KARABACAK

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
huseyin.karabacak220@gmail.com

BÜŞRA BRAHO

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
bsrbraho@gmail.com

DAMLA NUR KAYA

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
damlanurkaya433@gmail.com

FATMA ÖZGÜN

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
fatma.ozgun4345@gmail.com

Prof. Dr. AHMET KOLUMAN

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
akoluman@pau.edu.tr

Abstract

Today, radiation exposure is widely encountered in a wide range from medical treatments to industrial activities. This involves potential health risks, and it is imperative to adopt appropriate measurement and monitoring methods to manage these risks effectively. At this point, biosymmetries appear to be an important tool. Biodosimeters are devices used to accurately measure and evaluate a person's amount of radiation exposure. Biodosimeters accurately measure and evaluate the dose of radiation exposed to patients during procedures in the medical field, such as radiation therapy or diagnostic imaging, using various biological methods such as cytogenetics, biobeliterator, gene expression, luminescence and electron paramagnetic resonance (EPR). This helps minimize side effects while ensuring that patients receive the right treatment. Biodosimeters are vital for those working in industrial environments, especially in facilities such as nuclear power plants. These devices are used to monitor the health of workers who are regularly exposed to radiation and to ensure safe working conditions. This helps prevent long-term health effects and safeguard the well-being of employees. In emergencies, biosymmetries can help quickly and effectively assess radiation exposure. In cases such as nuclear accidents or the leakage of radioactive substances, these devices are used to determine the health status of the affected individuals and provide the necessary medical interventions. In addition, biosymmetries also play a critical role in monitoring environmental radiation. This is important to protect public health and minimize potential risks. As a result, biosimeters play a critical role in monitoring and assessing radiation exposure. These devices are indispensable tools for minimizing health risks and ensuring safe working conditions. In the future, further development and improvement of biosymmetry technology could help to manage the risks associated with radiation exposure more effectively.

Keywords: Biodosimeters, Radiation Exposure, Health Risks, Radiation Dose

EXAMPLE OF A BIOSENSOR DESIGN: CATALASE BIOSENSORS

FATMA ÖZGÜN

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
fatma.ozgun4345@gmail.com

HÜSEYİN KARABACAK

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
huseyin.karabacak220@gmail.com

BÜŞRA BRAHO

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
bsrbraho@gmail.com

DAMLA NUR KAYA

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
damlanurkaya433@gmail.com

Prof. Dr. AHMET KOLUMAN

Pamukkale University, Faculty Of Technology, Biomedical Engineering
akoluman@pau.edu.tr

Abstract

Biosensors are considered an important component of analytical chemistry. These devices combine biological detection elements with analytical devices for the accurate detection and measurement of specific analytcs. Catalase sensors can be used not only to detect pollutants such as heavy metals or pesticides, but also to measure the activity of hydrogen peroxide (H₂O₂), a powerful decontaminant. Hydrogen peroxide is a powerful oxidizing agent that is effectively used in many disinfectants and cleaning products. Catalase sensors use the catalase enzyme to detect the presence of H₂O₂ and measure its concentration. These sensors are based on the activity of the catalase enzyme, which reacts by converting catalase, hydrogen peroxide, into water and oxygen. The amount of oxygen generated during this process is used to determine the level of hydrogen peroxide. One of the most obvious advantages of these biosensors is their high precision and selectivity. They can detect hydrogen peroxide levels in different samples very accurately and deliver results quickly. It also ensures that they are practical, such as in terms of portability and ease of use, and that they can be used effectively outside the laboratory. However, catalase biosensors have some limitations. In particular, they may be sensitive to pH and temperature changes, and the presence of other components in the sample matrix may affect accuracy and precision. Therefore, it is important to take these factors into account and optimize the sensor. Catalase biosensors have various uses. In medicine, they are often used in the diagnosis and treatment of diseases, in the determination of oxidative stress, and in the monitoring of antioxidant activity in the food industry. They also play an important role in monitoring pollution levels in environmental applications and in controlling them in industrial processes. These sensors play a vital role in key areas such as preserving environmental health, early diagnosis of diseases, and ensuring quality in industrial processes. Therefore, the development and improvement of catalase biosensors is considered a subject of continuous research and development in analytical chemistry.

Keywords: Biosensors, Catalase Enzyme, Hydrogen Peroxide Detection, precision

WATER POLLUTION BECAUSE OF MINE ACTIVITY. A REVIEW OF STUDIES FOR “FANI” RIVER POLLUTION, ALBANIA

Prof. Dr. EDMOND HOXHA

Polytechnic University Of Tirana, Faculty Of Geology And Mining, Department Of Mineral
Resources Engineering
ehoxha63@gmail.com

PhD. JORGAQ THANAS

Polytechnic University Of Tirana, Faculty Of Geology And Mining, Department Of Mineral
Resources Engineering
jorgaq.thanas@fqjm.edu.al

Abstract

The mining industry for the extraction and processing of copper ore in the area of the Fan river basin (Big Fan and Little Fan) began in 1935, when the mine for the extraction of copper ore was opened in Rubik. The opening of this mine was followed by the construction of the Rubik metallurgical plant in 1937. These two objects were later followed by the opening of several mines, starting with the mine of Kurbnesh, Kaçinar, Spaçit, Tuç, Lak Rosh, Qaf Bari, etc. . The opening of the mines was accompanied by the construction of beneficiation factories in Kurbnesh, Reps, Fushë Arrëz, Rrëshen, etc., as well as the construction of the Rubik Copper Refinery. The mining and beneficiation works have affected the pollution of the waters coming out of the underground, with a high acid content. The deposition of mining wastes from beneficiation factories in dams, which have been constantly under the influence of atmospheric agents such as: wind, rain, snow, etc., has resulted in a polluting effect on the waters of the Fan River. From the studies over the years, it appears that, as a result of underground water discharges from the mine and as a result of atmospheric agents in the roofs of the beneficiation factories, several tens of tons of Cu, Zn, As, Co, etc. go into solution. The negative impact of these waters affects the entire region that they cross, starting from the Municipality of Rrëshen to the Adriatic Sea, where the waters of the Fan River flow after joining the waters of the Mat River. The article analyzes the current situation, draws conclusions and proposes concrete technical and administrative measures to prevent pollution of the Fan River in the future.

Keywords: Albania, Mining Activity, Water Pollution, Water Protection From Pollution

VALORIZATION OF WINERY WASTES FOR SUSTAINABLE (BIO)DYES IN THE TEXTILE INDUSTRY

Prof. Dr. MARIA NAZARÉ COELHO PINHEIRO

Coimbra Polytechnic- ISEC, Coimbra Institute Of Engineering, Chemical And Biological
Department
mnazare@isec.pt

FILIPA FONSECA

Coimbra Polytechnic- ISEC, Coimbra Institute Of Engineering, Chemical And Biological
Department
ffonseca@isec.pt

Prof. Dr. LYUDMYLA SYMOCHKO

University Coimbra, University Of Coimbra, Department Of Life Sciences
lyudmilassem@gmail.com

Abstract

Portugal is known for its remarkable diversity of grape varieties, with more than 300 types documented. The winemaking process generates several by-products, including vine prunings, grape stalks, pomace, and lees. Grape pomace, which consists of the skins, seeds, and stems remaining after grape pressing, typically represents 25% to 45% of the total grape weight. The aim of the present study was to investigate the textile dyeing potential of (natural) dyes derived from grape pomace. Extraction was performed using water at different pH values and a water/ethanol solution. Dyeing experiments were conducted on cotton (natural and cationized) and wool for different durations (100 and 200 min). Color and fastness properties were assessed, including washing (with hot and cold water) and exposure to natural light. ΔE^* values were used to quantify color differences between dyed samples and controls, resulting in uniform earth tones. Cationized cotton exhibited the highest ΔE^* values (33.91 to 37.98), indicating increased dye uptake compared to organic cotton, which achieved lighter earth colors. Grape pomace-based natural dyeing offers a sustainable, eco-friendly, and non-toxic alternative for textile dyeing, yielding unique tones with commercial potential. This approach promotes the sustainable use of natural resources and environmental protection, aligning with waste reduction and valorization principles and encouraging conscious consumption for sustainable development.

Keywords: Waste Valorization, Grape Pomace, Natural Dye

FULL TEXT PAPERS

In this area, there are full-text papers sent to the Incohis 2024 Spring congress that meet the conditions of the congress.

IPS ATAKLARININ İNCELENMESİ VE HATA ORANININ AZALTILMASI İÇİN HİBRİT BİR MODEL ÖNERİSİ

FERHAT TİMUR

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Siber Güvenlik
ferhat.timur@outlook.com, ORCID: 0009-0007-9026-9386

MUHAMMED ALİ AYDIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
aydinali@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1846-6090

ABDÜL HALİM ZAIM

İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
azaim@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0233-064X

Özet

Siber güvenlik dünyasında IPS sistemleri oldukça önemli bir yere sahip olup bu sistemlerin başarımları oranı ile güvenlik sistemlerindeki koruma seviyesi doğru orantılıdır. Bu çalışmada IPS sistemlerinde başarımları oranını artırmak ve hata oranını azaltmak için hibrit bir model önerisi sunulmuştur. Sadece klasik imza tabanlı çalışan veya tamamen makine öğrenmesi ile oluşturulmuş IPS sistemlerinin hata oranının beklenildiği kadar düşük olmaması siber güvenlik sistemlerinde koruma görevini olumsuz etkilemektedir. Bu soruna çözüm olması amacı ile bu çalışmada, hibrit bir IPS sistemi oluşturulmuş ve hata oranı azaltılmaya çalışılmıştır. Hibrit IPS Sistemi Modelinde, imza tabanlı koruma, makine öğrenmesi, kara liste kullanımı, DDoS koruması ve kaynak IP lokasyon kontrolü gibi birçok önemli faktöre yer verilmiştir. Birçok farklı parametrenin aynı sistemde kullanılması hem koruma başarımları oranını artırmış hem de sistemi yöneten siber güvenlik uzmanlarına esnek bir mimari yönetimi sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: IPS, DDoS, Hibrit IPS Modeli, Kara Liste ve IP İtibarı, Makine Öğrenmesi

A HYBRID MODEL PROPOSAL FOR THE STUDY OF IPS ATTACKS AND REDUCING THE ERROR RATE

Abstract

IPS systems have a very important place in the cyber security world, and the performance rate of these systems is directly proportional to the level of protection in security systems. In this study, a hybrid model proposal is presented to increase the performance rate and reduce the error rate in IPS systems. The fact that the error rate of IPS systems that work only on classical signature basis or are created entirely with machine learning is not as low as expected, negatively affects the protection duty in cyber security systems. In order to solve this problem, in this study, a hybrid IPS system was created and the error rate was tried to be reduced. The Hybrid IPS System Model includes many important factors such as signature-based protection, machine learning, blacklist usage, DDoS protection and source IP location control. The use of many different parameters in the same system both increased the protection performance rate and provided a flexible architectural management for the cyber security experts who manage the system.

Keywords: IPS, DDoS, Hybrid IPS Model, Blacklist and IP Reputation, Machine Learning

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesi ve internet dünyasında yeni gelişmelerin olması büyük şirketler için iş sürecinde kolaylıklar ve avantajlar sağlasa da en az bunun kadar çok tehdit ve riskleri de beraberinde getirdiği bir gerçektir. Siber güvenlik dünyasında artık neredeyse her hafta yeni bir saldırı türü ve buna karşın bir savunma stratejisi geliştirilmektedir. Tahminlere göre dünyada çapında her gün 30,000 web

sitesi saldırıya uğruyor. Bu rakamlar sürekli artmakta, şirketlerin karşı karşıya kaldığı siber saldırılar çoğalmakta ve bu saldırılara karşı savunma stratejileri de her daim güncellenmektedir. Savunma stratejilerine en çok katkıda bulunan ürünlerin başında IPS (Saldırı Önleme Sistemi) ürünleri gelmektedir.

Saldırı önleme sistemi (IPS), önceden tanımlı tehditleri tespit etmek ve gerekli ise önlemek için çalışan bir ağ güvenliği sistemidir. Saldırı önleme sistemleri, network ağını sürekli olarak izlemekte ve olası kötü amaçlı trafikleri tespit edip bilgi toplamaktadır. IPS, zararlı olayları sistem yöneticisine bildirir ve erişim noktalarını kapatıp güvenlik duvarlarını gelecekteki saldırıları önleyecek şekilde yapılandırmak gibi önleyici bazı eylemlerde bulunur. IPS çözümleri ek olarak, kurumsal güvenlik politikalarındaki sorunları tespit etmek ve bu ağı kullananları kuralları ihlal etmekten caydırmak için de kullanılabilir. Bir şirket ağında çok sayıda erişim noktası mevcuttur ve olası ihlal, olay ve tehdit işaretlerini izlemek için bir sistemimizin olması esastır. Günümüzde, ağ tehditleri gitgide daha tehlikeli bir hal almakta ve en güçlü güvenlik çözümlerine bile sızmayı başarmaktadır. Bu tarz saldırılara karşı güvenliğin sağlanması için IPS sistemlerinin en yüksek doğruluk oranı ile çalışması gereklidir. Birbirini destekleyen hibrit sistemlerin bir araya gelerek tek bir IPS sistemi oluşturması, bu doğruluk oranının artmasına yardımcı olacaktır.

Saldırı önleme sistemi mekanizması, giderek sayısı artan dijital sistemlerin korunmasında en önemli ürünlerden biridir. Yapay zekâ ve makine öğrenimi yaklaşımları son yıllarda ağ anormalliklerinin tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zekâ tabanlı IPS sistemleri, her geçen gün daha popüler hale gelmektedir. Saldırı Önleme Sistemi (IPS) için yapılan çalışmalar içinde en sık kullanılan makine öğrenme algoritmaları, K-En Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Rastgele Orman (RF) ve Multilayer Perceptron (MLP) olarak sıralanabilir. Bu makine öğrenme algoritmaları ile son dönemde çok sayıda çalışma yapılmış, yeni modeller ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, IPS sistemlerindeki hata oranlarının azaltılması ve sistem yöneticisine daha esnek bir yönetim mimarisi sunan hibrit bir model ortaya koymak hedeflenmiştir. Sadece imza tabanlı ya da sadece makine öğrenme algoritmalarına dayalı sistemlerin başarımları her zaman hedeflenen boyutta değildir. Ayrıca bu şekilde çalışan IPS sistemlerinde şartlara göre değişiklik yapılamadığı için sistemi yöneten siber güvenlik uzmanlarına esnek bir yapı da sunulmamış olur. Modelimizdeki her parametre belirli bir puan değerine sahip olup bu puan değerlerinin toplamı, sistem yöneticisinin belirlediği eşik değeri geçtiğinde koruma modu devreye girmektedir. Bu şekilde hem karar verici birden çok parametre oluşturulmuş hem de sistem yöneticisine müdahale hakkı verilmiştir.

Modelimiz, imza tabanlı IPS, IP itibarı (Kara Liste), Makine Öğrenimi Kontrolü, TCP Session (Oturum) sayısı, SIEM kontrolü ve Kaynak IP lokasyon kontrolü (Geolocation) olacak şekilde beş farklı parametreden oluşmaktadır. Erişim isteğinde bulunan her kaynak IP adresi ve isteğin içeriği, bu parametrelerden oluşan bir filtreden geçirilir, her parametreden eşleşmesi halinde bir puan değeri alır ve alınan toplam puan değeri çıktı olarak iletilir. Bu çıktı puan değeri, sistem yöneticisinin belirlediği üst değeri geçerse ilgili erişim engellenir ve kaynak IP kara listeye alınır. Siber güvenlik dünyasındaki değişen şartlara göre sistem yöneticisi modeldeki parametre puanlarını artırıp azaltabilir. Örneğin, yurtdışından çok sayıda atak alınan bir firmadaki sistem yöneticisi, lokasyon kontrolü parametresinin puan değerini artırabilir ve yurtdışından gelen istekler daha hassas bir filtreden geçirilmiş olur. Modelimizin bu esnek yapısı hem sistem yöneticisine esneklik sağlamak hem de değişen şartlarda daha hassas bir saldırı önleme sistemi olanağı sunmaktadır.

Önerilen modelimizin, elimizdeki veri setine göre, sadece imza tabanlı veya sadece makine öğrenimi tabanlı saldırı tespit sistemlerine göre daha yüksek doğruluk oranı gösterdiği kanıtlanmıştır. Çalışmanın genelinde, saldırı tespit sistemlerinde gelecekte daha sık karşılaşıcağımız hibrit sistemlere bir örnek model oluşturmak ve bu model ile hem başarı oranını artırmak hem de sistem yöneticisine esnek bir yapı sunmak hedeflenmiştir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Aksu ve Aydın 2018 yılında yaptıkları çalışmada, MLP (Multi-Layer Perceptron) ve SVM (Destek Vektör Makinesi) algoritmalarını kullanarak port tarama saldırılarını analiz etmeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda veri kümesi olarak CICIDS2017 kullanılmıştır. Makine öğrenme algoritmaları sonucu, MLP F-skoru 0.65, SVM F-skoru 0.95 olacak şekilde saldırı tespiti yapılmıştır. Ek olarak, daha başarılı bir saldırı tespiti için 7 katmanlı MLP modeli kullanılması gerektiği gösterilmiştir (Aksu & Aydın, 2018). Sharafaldin ve arkadaşları 2018 yılındaki çalışmalarında, kendi oluşturdukları CICIDS2017 veri kümesi üzerinde çalışma yapmışlardır. Bu veri kümesi saldırı tespiti yapmak için K En Yakın Komşu (KNN), Rastgele Orman, Tekrarlı İkili Ağacı, Adaboost, MLP, Naive Bayes ve Karesel Diskriminant Analizi gibi bazı makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Tekrarlı İkili Ağacı algoritması, en iyi sonucu, 0.98 F-skoru ile vermiştir (Sharafaldin, Lashkari & Ghorbani, 2018).

Wankhede ve Kshirsagar 2018 yılında yaptıkları çalışmada, bir günlük DoS saldırılarını içeren CICIDS2017 veri kümesini kullanmışlardır. Saldırı tespiti için Rastgele Orman ve Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network-ANN) yöntemlerini tercih etmişlerdir. Bu iki makine öğrenme algoritmasını başarı oranlarını kıyaslamak için veri setini % 20'e 80 olacak şekilde test ve eğitim verisi olarak ayırmışlardır. Sonuçlara göre Rastgele Orman yöntemi %99.95 doğruluk oranına ulaşmış ve daha başarılı olmuştur. Algoritmalarda en iyi (uygun) sonuç için, Rastgele Orman yönteminde %50, MLP yönteminde ise %30 gözlem oranının kullanılması gerektiğini ortaya koymuşlardır (Wankhede & Kshirsagar, 2018).

Kanimozhi ve Jacob 2019 yılında yaptıkları çalışmada, CSE-CIC-IDS2018 (CIC-AWS-2018) veri kümesini kullanmışlardır, bu veri setindeki Botnet (Bot) saldırılarını MLP yöntemini kullanarak tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Ek olarak, belirlenen hiperparametreler ile aşırı uyum (overfitting) gösteren modelleri üzerinde GridSearch yöntemini kullanarak optimizasyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada önerdikleri yöntemleri ile Botnet saldırılarını %99.97 doğruluk oranında tespit etmeyi başarmış ve sınıflandırılmışlardır (Kanimozhi & Jacob, 2019).

Yulianto ve arkadaşları 2019 yılındaki çalışmalarında, CICIDS2017 veri kümesini kullanmış ve AdaBoost makine öğrenme algoritmasının performansını iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Kullanılan CICIDS2017 veri kümesi üzerinde Temel Bileşen Analizi, SMOTE ve Topluluk Öznitelik Seçimi yöntemleri ile performans iyileştirmesi hedeflenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, AdaBoost algoritmasının performansını, F-skoru 0.90 olarak SMOTE ve EFS algoritmalarının birlikte kullanımı sağlamıştır. Bu ikili kullanım performansı en çok iyileştiren yöntem olmuştur (Yulianto, 2019).

Ullah ve Mahmoud 2019 yılında yaptıkları çalışmada, Nesnelerin İnterneti (IoT) ağlarındaki anormalliklerin tespiti üzerinde çalışmışlardır. Kullanılan CICIDS2017 ve UNSW-15 veri kümeleri üzerinde iki seviyeli bir hibrit bir model geliştirmişlerdir. İlk seviyede Karar Ağacı algoritması kullanılmış ve ikili sınıflandırma (Normal, Saldırı) yapılmıştır. Sonuca göre saldırı olarak sınıflandırılan paketler sonraki seviyeye sokulmuştur. İkinci seviyede aşırı örnekleme ve alt örnekleme yöntemleri olan Yinelemeli Öznitelik Elemesi, SMOTE ve Düzenlenmiş En Yakın Komşu kullanılmıştır. Bu aşamada öznitelik elemesi yapılmıştır. CICIDS2017 veri kümesi sonuçlarına göre her iki seviyede 1.0 F-skoru; UNSW-15 için ise ilk seviyede 0.99, ikinci seviyede 0.97 F-skoru ile saldırı tespiti yapıldığı gösterilmiştir. (Ullah & Mahmoud, 2019).

Wani ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları çalışmada, Bulut Bilişim Ortamı üzerinde DDoS saldırılarının tespiti amaçlanmıştır. Bu çalışmada SVM, Rastgele Orman ve Naive Bayes yöntemleri kullanılmış olup 0.998 F-skoru ile en başarılı sonuç SVM algoritmasından alınmıştır (Wani, 2019). Lin ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları çalışmada, CSE-CIC-IDS2018 veri kümesi üzerinde çalışmışlardır ve 7 sınıflı saldırı tespiti gerçekleştirmişlerdir. Modellerinde, Uzun Kısa Süreli Hafıza yöntemi kullanılmış, ek olarak Attention Mechanism yöntemi ile daha iyi performans hedeflenmiştir. Web ataklarının tespitindeki dengesizliği gidermek için SMOTE yöntemi kullanılmıştır. Saldırı tespitindeki algoritmaların başarı oranını ölçmek için doğruluk oranı, precision, recall ve f-skor gibi bazı parametreleri kullanmışlardır. Çalışma sonucunda ortaya çıkarılan değerlendirme metriklerinde, precision, recall ve f-skor değerleri birbirleri ile uyum göstermemektedir (Lin, 2019).

3. IPS KAVRAMI VE MODELİN PARAMETRELERİ

3.1. Siber Güvenlik ve IPS Kavramı

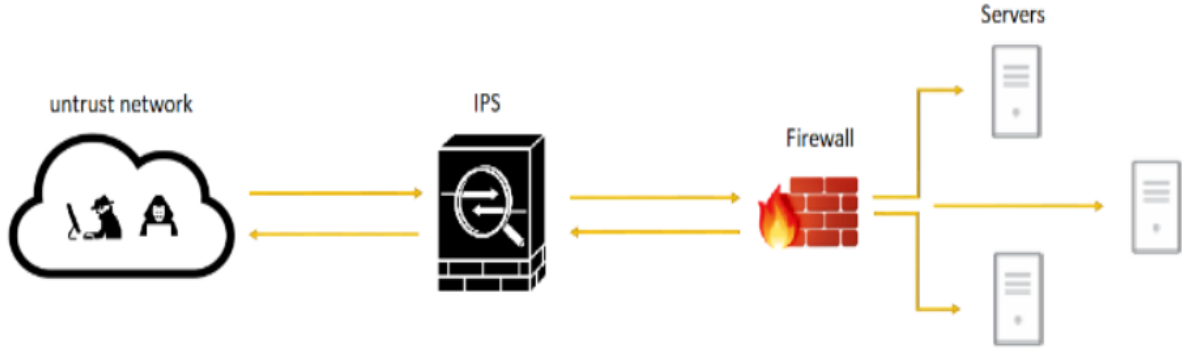
Teknoloji geliştikçe, siber dünyada her geçen gün yeni riskler oluşmakta ve saldırganlar sistemlere sızmak için her geçen gün yeni yollar ve taktikler üretmektedirler. Her yeni gün farklı saldırı türlerinin ortaya çıkması, siber savunmada işlerin daha da zorlaşmasına neden olmaktadır. Saldırı çeşitlerinin çok fazla olması ve her yeni gün yeni bir zafiyet/açıklık oluşması, sistemleri koruyan siber güvenlik uzmanlarını zorlamaktadır. Bazı durumlarda savunma sistemleri yetersiz kalmakta ve sistem uzmanları da savunma yapamaz hale gelmektedir. Yayımlanan son raporlara göre, siber saldırganların kurumlara verdikleri maddi zararlar yıllık 575 milyar dolara kadar çıkmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, sistemi savunan siber güvenlik uzmanlarına yardımcı sistemlerin/yazılımların kullanımı hem gereklidir hem de sayıları sürekli artmaktadır. Özellikle son yıllarda, Makine Öğrenmesi sistemleri, siber savunmada yardımcı araçlar olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tek başına makine öğrenme algoritmaları siber savunmada yeterli olmasa da tamamlayıcı bir etken oldukları yadsınamaz.

İzinsiz giriş önleme sistemleri (IPS), ağ trafiğini ve sistemleri potansiyel olarak kötü amaçlı trafiğe karşı izlemek için kullanılan siber güvenlik araçlarıdır. IPS, önceden tanımlanmış güvenlik politikalarını ve kural kümelerini kullanarak kötü amaçlı trafiği engelleyebilir, şüpheli bağlantıları sonlandırabilir veya saldırganın ilerlemesini başka şekilde engelleyebilir. Bu, önceden tanımlanmış kurallara göre istenmeyen trafiği engelleyen paket filtreleme veya paketlerin içeriğini kötü amaçlı yüklere karşı inceleyen derin paket incelemesi gibi teknikleri içerebilir.

Siber güvenlikte IPS, şüpheli davranışlara karşı trafiği (ağ tabanlı IPS) veya cihaz etkinliğini (ana bilgisayar tabanlı IPS) aktif olarak inceleyerek çalışır. İki ana aşamada çalışır: izleme ve uygulama. İzleme sırasında IPS motoru, tehditlere karşı trafiği veya etkinliği analiz eder. İki ana yöntem kullanır: İmza tabanlı algılama, etkinliği kötü amaçlı etkinliklerin parmak izleri gibi bilinen saldırı imzalarından oluşan bir veritabanına karşı denetler. Anomaliye dayalı tespit, istatistiksel analiz yoluyla belirlenen normal davranıştan sapmaları arar. Motor, güvenlik politikalarıyla uyumlu şüpheli bir şey tespit ederse IPS harekete geçer. Bu, ağ ucunda kötü amaçlı ağ trafiğinin engellenmesini, şüpheli bağlantıların aniden sonlandırılmasını veya bir cihazda anormal şekilde davranan işlemler için kaynakların sınırlandırılmasını içerebilir. IPS'nin etkili olabilmesi için güncel tehdit imzalarına, normal aktivite için iyi tanımlanmış temellere ve uygun şekilde yapılandırılmış güvenlik politikalarına ihtiyaçları vardır. Ek olarak, güvenlik duvarları ve SIEM sistemleri gibi diğer güvenlik araçlarıyla entegrasyon, genel tehdit yanıtını iyileştirebilir. IPS cihazları ilk olarak 2000'li yılların ortalarında bağımsız cihazlar olarak üretilmiş ve piyasaya sürülmüştür ve daha sonra Yeni Nesil Güvenlik Duvarlarına da entegre edilmiştir. Yeni nesil IPS çözümleri artık bulut tabanlı bilgi işlem ve ağ hizmetlerine bağlı çalışmaktadır.

IPS sistemi başarılı bir şekilde görevini yapmak için, açıkları bulmak ve ağı yetkisiz erişime karşı korumak için, bazı çeşitli teknikler kullanır. Bunlar, imza tabanlı tespit, açıklardan yararlanmaya yönelik imzalar, güvenlik açıklığına yönelik imzalar ve hedeflenen sistemdeki temel güvenlik açıklığını hedef alan daha geniş imzalar. Bu imzalar ağların kimliği belirsizliğe karşı korunmasını sağlar. Ayrıca anomaliye dayalı algılama ile yeni nesil IPS sistemleri daha da yüksek koruma sağlamaktadır.

IPS sistemleri güvenlik katmanında birçok avantaj sağlar. Bunlara örnek olarak, daha az iş riski ve ek güvenlik, saldırılara karşı daha iyi görünürlük ve dolayısıyla daha iyi koruma, artan verimlilik, tüm trafiğin tehditlere karşı incelenmesine olanak tanıma ve güvenlik açıklarını ve yamaları yönetmek için daha az kaynak gereksinimi olarak sıralanabilir. Birçok farklı IPS sistemi ve üreticisi olmasına rağmen genel olarak koruma yöntemleri benzerdir. Tek başına çalışan IPS sistemleri olduğu gibi diğer güvenlik ürünlerine entegre olan birçok IPS sistemi de mevcuttur. İlk zamanlar sadece imza tabanlı çalışan bu sistemler, zamanla anomali tabanlı ve yapay zekâ tabanlı sistemler olmak üzere farklılaşmıştır. Örnek bir IPS sistemi Şekil 1'de verilmiştir. Firewall sistemlerine entegre olan ve farklı konumlandırılan IPS sistemleri de mevcuttur.



Şekil 1: Örnek IPS Diyagramı (Yiğit, 2022).

3.2. IP İtibarı ve Kara Liste

IP itibarı, bir IP adresinin geçmiş davranışlarına bağlı olarak güvenilirliğinin bir ölçüsüdür. IP itibarı network ve güvenlik dünyasında önemli bir ölçüdür çünkü e-posta filtreleri, güvenlik duvarları ve diğer güvenlik araçları tarafından potansiyel olarak kötü amaçlı trafiği tanımlamak ve engellemek için kullanılır. İyi itibara sahip olan bir IP adresine bu araçlar tarafından güvenilme ve geçişe izin verilme olasılığı daha yüksek olmaktadır. Aynı şekilde kötü itibara sahip bir IP adresi ise daha sık engellenebilir veya ek incelemelere tabi tutulabilir. IP itibarı, IP adresinin davranışına bağlı olarak zaman içinde oluşturulur. Bu değerlendirme, IP adresinden gelen trafiğin hacmi ve türü, spam veya kötü amaçlı yazılım varlığı etkenleri dışında o IP adresinin bilgisayar korsanlığı veya kimlik avı gibi herhangi bir kötü amaçlı faaliyete dahil olup olmadığı gibi bazı faktörleri içerir. IP itibar verileri, internet servis sağlayıcıları (ISP'ler), güvenlik ürün satıcıları ve itibar hizmetleri sağlayıcıları dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından toplanır ve dinamik bir şekilde analiz edilir. IP itibarı düşük olan IP adresleri kara listelerde (blacklist) yer alabilmektedir. Kara listeye alınan ip adreslerinin, URL adreslerin yada web sitelerinin iç ağa erişimi yada iç ağdan bu adreslere erişimin engellenmesi, büyük bir güvenlik riskini ortadan kaldırmaya olanak sağlar.

Blacklist yani Kara liste kavramı, bir IP adresinin, alan adının veya e-posta adresinin bilerek ya da bilmeden spam mail göndermesi, virüs yayma / gönderme faaliyetinde bulunması ve zararlı trafik faaliyetlerinde bulunması gibi nedenlerle girdiği bir listedir. Her kara listenin kendine göre farklı kriterleri bulunmaktadır. Sistem, bu kriterler ile eşleşen IP adreslerini kara listeye alır. Bir IP adresi tek bir kara listede ya da birden fazla kara listede yer alabilir. Virüs, kötü amaçlı yazılım ya da spam bunun nedenlerinden bazılarıdır. IPS gibi güvenlik çözümleri kara listelerden faydalanabilmektedir. Ayrıca bazı kurumlar kara liste kullanımını en öncül koruma bariyeri olarak devreye almaktadır. IP itibarı düşük olan ve kara listelere girmiş olan IP adresleri birçok güvenlik sistemi tarafından otomatik olarak engellenir ya da daha detaylı analiz edilir. Kara Listeler dinamik yapıda olup belli periyotlarla güncellenmekte ve değişmektedir.

3.3. DoS ve DDoS Kavramı

DoS (Denial Of Service) ya da Türkçe karşılığı Servis Hizmet Reddi saldırısı, günümüz teknoloji dünyasında en çok kullanılan saldırı türlerinden biridir. Bu saldırıdaki amaç, saldırı yapılan hedefe doğru aşırı bir trafik hacmi üretmek ve bu hedefin hizmet veremez hale gelmesini sağlamaktır. İnternet dünyasında her sistemin ya da sunucunun kaldırabileceği belirli bir trafik yükü kapasitesi vardır. DoS ya da birden çok kaynaktan yapılan DDoS (Distributed Denial of Service- Dağıtılmış Hizmet Reddi) saldırılarının amacı, bu kapasiteleri doldurarak sistemi çökertmek ve ilgili hizmetin durmasına neden olmaktır. Birden çok kaynakla yapılan DDoS saldırılarında, siber korsanlar tarafından ele geçirilen zombi adında makinalar kullanılır. DDoS saldırılarının zarar verme etkisi, DoS saldırılarından çok daha fazladır çünkü çok sayıda kaynak ile yüksek hacimli trafikler oluşturulur. Özellikle birçok kaynaktan yapılan saldırılarda, saldırı kaynağını tespit etmek çok güçtür.

DoS ve DDoS saldırıları gelişen teknoloji ile beraber hem daha kolay yapılabilir hale geldi hem de daha çok sayıda karşımıza çıkar oldu. Tarihte bilinen ilk Dos saldırısı, 1974'te , ilk DDoS saldırısı ise 1999'da

gerçekleştirilmiştir. DoS veya DDoS saldırılarında korsanların amacı sistemlere sızmak değildir. Bu saldırıların temel amacı saldırılan kurumdaki servisleri hizmet veremez hale getirmek ve çöktürmektir. İlgili sistem hizmet veremediğinden dolayı hem maddi hem de manevi zararlar ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz dahil olmak üzere birçok ülkede DoS ve DDoS saldırıları yasa dışı kabul edilir ve suç teşkil eder. Bunun nedeni saldırılan kurumların büyük maddi ve manevi zarar görebilme ihtimalidir. Volume Based DDoS (Hacim Odaklı Saldırı), Protocol Based DDoS (Protokol Odaklı Saldırı), Application Layer DDoS (Uygulama Katmanlı Saldırı), HTTP Flood, UDP Flood, ICMP Flood, Syn Flood gibi farklı türlerde DDoS saldırı çeşitleri bulunmaktadır.

Güvenlik duvarı cihazlarının DoS/DDoS ataklarına karşı savunma mekanizmaları bulunur. Rate Limiting denilen savunmada bir kaynaktan cihaza gelen paket sayısında sınır belirlenebilir. Bu durumda saldırganın çok sayıda istek yapması engellenir. Bir kaynak adresten gelen istek, istemin normal akışına uygun sayıda ise izinli geçer ancak çok üstünde ise Rate Limit'e takılır.

3.4. Siber Güvenlikte Geolocation Kavramı

Siber Güvenlikte Geolocation ifadesi IP adreslerinin coğrafi konum bilgilerini ifade etmektedir. DDoS benzeri birçok siber saldırıda, saldırıların kaynağı tek bir ülke ip adreslerinden gelebilir. Bu gibi saldırılarda sistemlerimizi, bir ya da birden çok ülke IP adresine karşı kapatmak saldırının zararlarını azaltabilir ya da tamamen durdurabilir. Ağ koruması, yalnızca kuruluşunuzu sızmaya karşı korumayı gerektirmez, aynı zamanda erişilebilirliğin korunması anlamına da gelir. IP coğrafi konum bilgileri de bu konuda yardımcı olabilir. Günümüzde birçok güvenlik ürünü üzerinde entegre şekilde, IP coğrafi konum bilgisi hizmeti sunan araçlar bulunmaktadır. IP coğrafi konum bilgileri, sistemlerinizi veya servislerinizi korumanızda büyük avantaj sağlayabilir. Normal zamanında servisin hizmet verdiği lokasyonlara göre veya atak anlarında en çok atak yaratan lokasyona göre farklı koruma önemleri alınabilir.

Coğrafi konum IP adresi izleyici araçları, siber saldırılara karşı savaşmak için giderek daha popüler hale geliyor. Web sitesi trafiğini filtrelemek için bir IP arama aracı veya API'si kullanılabilir. Örneğin, Türkiye'de bir işletmeniz varsa ve genellikle bu bölgeden ziyaretçi ve istek alıyorsanız, Türkiye dışındaki IP adreslerinden gelen olağandışı veya şüpheli istekleri engelleyebilirsiniz. Ayrıca zararlı aktivite, dolandırıcılık veya şüpheli etkinliklerle ilişkili IP adreslerini de engelleyebilirsiniz. Siber atak anlarında, en çok atak yaratan kaynak lokasyonlarına yönelik daha sıkı analizler yapılabilir, engel kuralları yazılarak sistem daha güvenilir hale getirilebilmektedir.

4. MAKİNE ÖĞRENMESİ VE ALGORİTMALARI

Makine öğrenmesi, yapay zekanın bir alt dalıdır. İlk olarak 1959 yılında sayısal öğrenme ve model tanıma çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Bu öğrenme sisteminde, bazı algoritmalar ile sistemi eğitmek ve sonucunda sistemin doğru sonuçlar üretmesi hedeflenmektedir. İlgili algoritmalar, tamamen matematiksel işlemler ile çalışmaktan ziyade, öğrendikleri veri setlerine dayanarak kararlı ve doğruluk oranı kabul edilebilir düzeyde sonuçlar ortaya koymaktadır. Sağlık ve ekonomi alanından siber güvenliğe kadar çok geniş bir yelpazede makine öğrenme algoritmaları ile yapay zekâ kullanılır.

Teknolojinin ve buna bağlı olarak tüm sistemlerin dijitalleşmesi sonucu, benzer siber güvenliğe yönelik tehditler ve saldırılar da artmaktadır. Siber korsanlar da bu teknolojik imkanları kullanmakta ve saldırı çeşitlerini artırmaktadır. Bu korkutucu gelişmeler ışığında, siber güvenlik sistemlerinde kullanılan geleneksel koruma ürünlerinin zaman içinde yeterli olmadığı görülmektedir. Saldırıların artması ve giderek çeşitlenmesi nedeni ile son yıllarda yapay zekâ siber güvenlik alanında önemli gelişmelere sebep olmuştur. Yapılan birçok araştırma, günümüzde işlenen siber suçlar nedeni ile birçok kurumun ve kişilerin maddi ve manevi olarak mağdur edildiğini göstermektedir. Sistemlerin hizmet verememesine neden olan saldırganlar aynı zamanda askeri veriler, kişisel veriler ve finansal kayıtlar gibi önemli bilgileri de çalabilmektedir. Siber saldırıların kurum ve bireyler üzerindeki etkilerine yönelik yapılan araştırmaların tahminlerine göre önümüzdeki yıllarda milyonlarca siber güvenlik çalışanına ihtiyaç duyulacaktır. Aynı araştırmalarda, kurumların siber güvenlik koruması kapsamında her yıl milyarlarca

dolar harcayacağı tahmin edilmektedir. Son yıllarda işlenen siber suçlarda yaklaşık olarak 400 milyar dolardan fazla para çalınmıştır (Reyhanoğlu, 2020).

Saldırıların çok çeşitlenmesi ve karmaşık hale gelmesi nedeni sistemleri korumak giderek daha zor ve maliyetli bir hal almaktadır. Siber dünyada saldırıların zarar vermek etkisi her geçen gün artmaktadır. Siber korsanlar çok farklı saldırı çeşitliği ile sistemleri zorlamakta ve tehdit etmektedir. Bu nedenlerden dolayı siber korumada yapay zekâ önemli bir yer almaya başlamıştır. Günümüz akademik çalışmalarında siber korumada yapay zekâ konusu çok sık ele alınmaktadır. Teknoloji firmaları saldırı tespitinde ve korumasında iyi sonuçlar veren yeni ürünler geliştirmektedir. Siber güvenlik Ar-ge çalışmalarının büyük bir kısmı yapay zekâ ve makine öğrenimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Her alanda olduğu gibi geleceğin siber dünyasında da yapay zekanın büyük bir rol oynayacağı neredeyse kesin görünmektedir. Siber güvenlikte, en güncel koruma ürünleri zararlı yazılımları yüksek doğruluk oranında tespit etmeyi başarmaktadır. Günümüzde klasik koruma ürünlerine yardımcı olarak kullanılan yapay zekâ sistemleri, gelecekte korumanın tamamında yer alacak diye tahmin edilmektedir.

4.1. Sınıflandırma, Regresyon ve Tahmin

Sınıflandırma ve regresyon tahmini kavramları, makine öğrenimi algoritmalarında kullanılan temel tekniklerdir. Sınıflandırma, bir veri kümesinin belirli kategorilere göre ayrılması yani kategorize edilme sürecidir. Regresyon tahmini ise, veri kümesindeki değişkenler arasındaki ilişkiyi tahmin etme sürecidir. Regresyon ve Sınıflandırma algoritmaları Denetimli Öğrenme algoritmalarıdır. Her iki algoritma da Makine öğreniminde tahmin için kullanılır ve etiketli veri kümeleriyle çalışır. Ancak her ikisi arasındaki fark, bunların farklı makine öğrenimi problemlerinde nasıl kullanıldığıdır. Regresyon ve Sınıflandırma algoritmaları arasındaki temel fark, Regresyon algoritmalarının fiyat, maaş, yaş benzeri sürekli değerleri tahmin etmek için kullanılmasıdır. Sınıflandırma algoritmalarında ise amaç ayrık değerleri tahmin etmektir. Buna örnek olarak Kedi veya Köpek, Doğru veya Yanlış, Sıfır veya Bir gibi ayrık değerleri tahmin etmek/sınıflandırmak için kullanılır.

Makine öğreniminde sınıflandırma, denetimli bir makine öğrenimi tekniğidir. Veri kümesindeki veri örnekleri için grup ilişkilerini tahmin eder. Etiketleri kullanarak veri nesnelerini önceden tanımlanmış kategoriler halinde tanıma, anlama ve gruplandırmaya yönelik yinelemeli bir süreçtir. Daha basit bir deyişle, her yeni gözlemin ait olduğu uygun bir kümeyi veya sınıfı tanımlar. Çıkış değişkeni birden fazla sınıfa veya kategoriye ait olabilir. Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmaları aşağıdaki türlere ayrılabilir:

- Lojistik regresyon
- K-En Yakın Komşular
- SVM (Destek vektör makinesi)
- Naive Bayes
- Karar Ağacı Sınıflandırması
- Rastgele Orman Sınıflandırması

4.2. Sınıflandırmada Hata Metrikleri

Sınıflandırma modellerinin gerçek dünya problemlerini çözmek için güvenilir bir şekilde kullanılması, sınıflandırma modelinin performansını değerlendirmeye bağlıdır. Performans ölçümleri, doğruluk(accuracy), kesinlik (precision), geri çağırma (recall) ve F1 puanını içerir. Gerçek dünyada tahminlerde bulunmak için bu modellerin, model performansı makine öğrenimi için çok önemlidir. Modelimizde, algortima sonuçlarının başarısı için Accuracy (doğruluk) metriği kullanılmıştır.

Doğruluk, gerçek pozitiflerin ve gerçek negatiflerin tüm pozitif ve negatif gözlemlere oranı olarak tanımlanan metriklerdir. Başka bir deyişle, doğruluk bize, makine öğrenimi modelimizin toplam tahmin sayısından bir sonucu doğru bir şekilde tahmin etmesini ne sıklıkta bekleyebileceğimizi söyler.

Makine öğrenimindeki kesinlik, gerçekten doğru olan pozitif tahmin edilen etiketlerin oranını ölçer. Kesinlik, pozitif prediktif değer olarak da bilinir. Kesinlik puanı, yanlış pozitifleri ve yanlış negatifleri dengelemek için geri çağırma puanıyla birlikte kullanılır. Kesinlik puanı, sınıf dağılımından etkilenir.

Recall, modelin gerçek pozitiflerden pozitifleri doğru bir şekilde tahmin etme yeteneğini temsil eder. Bu, modeller tarafından yapılan tüm olumlu tahminlerden kaç tanesinin gerçekten olumlu olduğunu ölçen kesinlikten farklıdır. Geri çağırma, duyarlılık veya gerçek pozitif oran olarak da bilinir.

F1 puanı, kesinlik ve hatırlama puanının harmonik ortalamasıdır. Performansını doğruluk açısından ölçmek için hem Kesinliğe hem de Geri Çağırma'ya eşit ağırlık verir, böylece onu Doğruluk ölçümlerine bir alternatif haline getirir.

Karmaşıklık matrisi kavramı, sınıflandırma modelleri sonucu ortaya çıkan verilerdeki gerçek sonuçlara kıyasla, yapılan doğru ve yanlış tahminlerin sayısını gösteren bir matristir. Bu matris modellerin performans değerlendirilmesinde en çok kullanılan metriktir.

		GERÇEK	
		Pozitif	Negatif
TAHMİN	Pozitif	TP	FP
	Negatif	FN	TN

Şekil 2: Karmaşıklık Matrisi (Bilen, 2021)

4.3. Modelde Kullanılan Sınıflandırma Algoritmaları

4.3.1. K-NN Algoritması

KNN algoritması, nesneleri özellik uzayındaki en yakın eğitim örneklerine göre sınıflandırmak için kullanılan bir yöntemdir. k-NN, bir tür örneğe dayalı öğrenme veya tembel öğrenmedir. K-NN, verinin dağıtımı hakkında çok az veya hiç ön bilgi olmadığında temel ve en basit sınıflandırma tekniğidir. Bu kural, öğrenme sırasında tüm eğitim setini korur ve her sorguya, eğitim setindeki k-en yakın komşularının çoğunluk etiketiyle temsil edilen bir sınıfı atar. Bu yöntemde her numune kendisini çevreleyen numunelere benzer şekilde sınıflandırılmalıdır. Bu nedenle, bir örneğin sınıflandırması bilinmiyorsa, en yakın komşu örneklerinin sınıflandırması dikkate alınarak tahmin edilebilir.

4.3.2. Naive-Bayes

Naive Bayes sınıflandırıcısı, metin sınıflandırma gibi sınıflandırma görevleri için kullanılan denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır. Sınıflandırma görevlerini gerçekleştirmek için olasılık ilkelerini kullanır. Naive Bayes algoritması matematikteki Bayes teoremine dayanır. Tembel bir öğrenme algoritmasıdır. Dengesiz veri kümelerinde de çalışabilen bir yöntemdir. Çalışma mantığı olarak, bir eleman için her durumun olasılığını hesaplanır ve olasılık değeri en yüksek olana göre sınıflandırılır. Bayes Teoremi kullanılarak yeni veriler için tahminler yapılmaktadır.

4.3.3. Linear Destek Vektör Makinesi

Doğrusal regresyon algoritması, gelecekteki olayların sonucunu tahmin etmek için bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki sağlayan bir algoritmadır. Tahmine dayalı analiz için veri bilimi ve makine öğreniminde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bağımsız değişken aynı zamanda diğer değişkenlerdeki değişime bağlı olarak değişmeyen açıklayıcı değişkendir. Ancak bağımlı değişken, bağımsız değişkendeki dalgalanmalarla birlikte değişir. Regresyon modeli, analiz edilen veya incelenen yanıt veya sonuç değişkeni olan bağımlı değişkenin değerini tahmin eder. Dolayısıyla doğrusal regresyon, değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiyi baz alan ve satış, maaş, yaş, ürün fiyatı vb. gibi sürekli veya sayısal değişkenler için tahminler yapan denetimli bir öğrenme algoritmasıdır.

Bu analiz yöntemi, borsa tahminlerinde, portföy yönetiminde, bilimsel analizlerde kullanılmaktadır ve verilerde en az iki değişken mevcut olduğunda avantajlıdır. Doğrusal regresyon yalnızca öngörücü bir araç değildir. Aynı zamanda çeşitli gelişmiş modellerin temelini oluşturur. Düzenleştirme ve destek

vektör makineleri gibi teknikler, doğrusal regresyondan ilham alarak faydasını genişletir. Ek olarak doğrusal regresyon, varsayım testinde bir temel taşıdır ve araştırmacıların verilerle ilgili önemli varsayımları doğrulamasını sağlar. Kod içindeki Ridge regresyonu istatistiksel bir düzenleme tekniğidir. Makine öğrenimi modellerindeki eğitim verilerine aşırı uyum sağlamayı düzeltir. Düzenleme gücü parametresine alfa denir. En uygun sonuç için alfa değeri 3.000 olarak alınmıştır.

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from numpy import genfromtxt
from sklearn.linear_model import Ridge
ridge = Ridge(alpha=3000).fit(X_train, y_train)
print(f'Ridge Regression-Training set score: {ridge.score(X_train,
y_train):.2f} ')
print(f'Ridge Regression-Test set score: {ridge.score(X_test, y_test):.2f}')
```

Şekil 3: Modeldeki Doğrusal Regresyon Algoritma Kodu

4.3.4. Neural Network Algoritması – MLPClassifier

Yapay sinir ağları (Neural Networks), nöron denilen birçok birimden oluşur. İnsan beynin çalışma mantığından esinlenerek oluşturulmuş bilgisayar sistemleridir. Yapay sinir Ağı, 3 ya da daha fazla katmandan oluşan bir yapıya sahiptir. Bu ağda, 1 adet girdi katmanı, en az 1 gizli katman ve 1 adet çıktı katmanı yer alır. Girdi ve çıktı katmanları arasında çok sayıda ara katman da yer alabilir. Katmanlardaki nöronlar bağlı olduğu diğer nörona çeşitli ağırlıklar ile bağlıdır. Girdi katmanından alınan her veri, belirlenen ağırlık değeri ile çarpılır ve daha sonra gizli katmana iletilir. Bu şekilde son durumda sonuç çıktı katmanına ulaşır.

MLP, karmaşık sınıflandırma görevlerini yerine getirmede etkili olduğu kanıtlanmış bir tür yapay sinir ağıdır. Bir MLP sınıflandırıcısı temelde, algılayıcılar olarak da bilinen, birbirine bağlı yapay nöronların birden fazla katmanından oluşur. Bu katmanlar tipik olarak bir giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve bir çıkış katmanı içerir. Ağdaki her bir nöron giriş sinyallerini alır, doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonu uygular ve dönüştürülen çıktıyı bir sonraki katmana iletir. Bu süreç sınıflandırma çıktısını üreten son katmana kadar devam eder. Bir MLP sınıflandırıcısının eğitimi, ileri yayılım ve geri yayılım olmak üzere iki ana adımdan oluşur. İleri yayılım sırasında giriş verileri ağ üzerinden iletilir ve her nöronun çıkışı hesaplanır. Hesaplanan çıktılar daha sonra gerçek etiketlerle karşılaştırılır ve çapraz entropi kaybı gibi bir hata ölçüsü hesaplanır. Geri yayılım adımında hata ağ boyunca geriye doğru yayılır ve nöronların ağırlıkları gradyan iniş optimizasyonu kullanılarak ayarlanır. Bu yinelemeli süreç, ağ tatmin edici bir performans seviyesine ulaşana kadar devam eder.

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from numpy import genfromtxt
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.20, random_state=0)
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
mlpcl = MLPClassifier(hidden_layer_sizes=(10, 10, 10, 10), max_iter=1300)
mlpcl.fit(X_train, y_train.values.ravel())
predictions = mlpcl.predict(X_test)
from sklearn.metrics import classification_report
print(classification_report(y_test, predictions))
```

	precision	recall	f1-score	support
-1	1.00	0.87	0.93	737
1	0.97	1.00	0.98	2781
accuracy			0.97	3518
macro avg	0.98	0.93	0.96	3518
weighted avg	0.97	0.97	0.97	3518

Şekil 4: Modeldeki MLP Algoritma Kodu ve Karmaşıklık Matrisi Sonucu

4.3.5. SVC Algoritması

Destek Vektör Makinesi algoritması, iki ya da daha fazla sınıfı birbirinden ayıran hiperdüzlemin belirlenmesine dayalı bir sınıflandırma algoritmasıdır. Sınıfları birbirinden ayırmak için sonsuz adet düzlem belirlenebilmektedir. Destek Vektör Makinesi algoritmasında amaç, sınıfları birbirinden ayıran ve sınıf örneklerinin hiper-düzleme olan mesafelerinin maksimum olduğu bir hiperdüzlemin belirlenmesidir. Destek Vektör Makinesi (SVM), doğrusal veya doğrusal olmayan sınıflandırma, regresyon ve hatta aykırı değer tespit görevleri için kullanılan güçlü bir makine öğrenme algoritmasıdır. SVM'ler, metin sınıflandırma, görüntü sınıflandırma, spam tespiti, el yazısı tanımlama, gen ifadesi analizi, yüz tespiti ve anormallik tespiti gibi çeşitli görevler için kullanılabilir. SVM'ler, yüksek boyutlu verileri ve doğrusal olmayan ilişkileri yönetebildikleri için çeşitli uygulamalarda uyarlanabilir ve etkilidir.

Destek Vektör Makinesi (SVM), hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılan denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır. Her ne kadar regresyon problemleri de söylesek de, sınıflandırma için en uygun olanıdır. SVM algoritmasının temel amacı, N boyutlu uzayda, özellik uzayındaki farklı sınıflardaki veri noktalarını ayırabilen en uygun hiperdüzlemi bulmaktır. Hiperdüzlem, farklı sınıfların en yakın noktaları arasındaki marjın mümkün olduğu kadar maksimum olmasını sağlamaya çalışır. Hiperdüzlemin boyutu, özelliklerin sayısına bağlıdır. Giriş özelliklerinin sayısı iki ise hiperdüzlem yalnızca bir çizgidir. Giriş özelliklerinin sayısı üç ise hiperdüzlem 2 boyutlu bir düzlem haline gelir.

5. VERİ SETİ

5.1. Veri Seti ve Öz nitelik Seçimi

Bu çalışmada gerçek bir veri seti kullanılmıştır, veri setinde internetten iç ağa doğru IPS sistemine takılan farklı zamanlara ait veriler bulunmaktadır. Veri setinde 19 kolondan ve 21.059 satırdan oluşan loglar bulunmaktadır. Bu veri setindeki trafikler gerçek bir IPS sistemine takılan alert (izinli) ve block (engelli) isteklere aittir. Alınan veri üzerinde çeşitli düzenleme ve veri temizleme işlemleri yapılmıştır. İlk olarak veri seti Microsoft Excel platformuna aktarılmıştır ve ardından modeli eğitmek için gerekli olmayan verilerin veri setinden çıkartılması şeklinde düzenlenmiştir. Veri seti Microsoft Excel üzerinde sırasıyla Type, Threat/Content Type, Source address, Application, Source Port, Destination Port, IP Protocol, Threat/Content Name, Severity, Source Country, url_idx, thr_category, Subcategory of app, Category of app, Technology of app, Risk of app, Characteristic of app, Tunneled app, Action kolonları olacak şekilde düzenleme sağlanmıştır. İlgili öz niteliklerin açıklamaları aşağıdaki gibi Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Veri seti nitelikleri

Type	Logun türünü belirtir; değer TEHDİTtir.
Threat/Content Type	Tehdit logun alt türü; değer url'dir.
Source address	Orijinal oturum kaynağı IP adresi.

Application	Oturumla ilişkili uygulama.
Source Port	Oturum tarafından kullanılan kaynak bağlantı noktası.
Destination Port	Oturum tarafından kullanılan hedef bağlantı noktası.
IP Protocol	Oturumla ilişkili IP protokolü.
Threat/Content Name	Bilinen ve özel tehditler için IPS Firmasının tanımlayıcısı. Bu, bazı Alt Türler için parantez içinde 64 bitlik sayısal tanımlayıcının izlediği bir açıklama dizesidir.
Severity	Tehdidin ciddiyeti; değerler bilgilendirici, düşük, orta, yüksek ve kritiktir.
Source Country	Kaynak ülke
url_idx	Bir uygulama, bağlantıyı belirli bir süre açık tutmak için TCP canlı tutma özelliğini kullandığında, o oturuma ait tüm günlük girişlerinin tek bir oturum kimliği vardır. Bu gibi durumlarda, birden fazla URL girişi içeren tek bir tehdit günlüğünüz (ve oturum kimliğiniz) varsa, url_idx, tek oturum içindeki her günlük girişinin sırasını ilişkilendirmenize olanak tanıyan bir sayacıdır.
thr_category	Farklı tehdit imza türlerini sınıflandırmak için kullanılan tehdit kategorilerini açıklar. Günlüğü bir alan adı harici dinamik listesi oluşturduysa, bu alanı domain-edl doldurur.
Subcategory of app	Uygulama yapılandırma özelliklerinde belirtilen uygulama alt kategorisi.
Category of app	Uygulama yapılandırma özelliklerinde belirtilen uygulama kategorisi. Değerler: business-systems, collaboration, general-internet, media.
Technology of app	Uygulama yapılandırma özelliklerinde belirtilen uygulama teknolojisi. Değerler şunlardır: browser-based, client-server, network-protocol, peer-to-peer
Risk of app	Uygulamayla ilişkili risk düzeyi (1=en düşük ila 5=en yüksek).
Characteristic of app	Uygulamanın uygulanabilir özelliklerinin virgülle ayrılmış listesi
Tunneled app	Tünellenmiş uygulamanın adı.
Action	İzinli yada engelli olarak aksiyon türüdür.

5.2. Veri Önleme ve Modeli Eğitme

Mevcut imza tabanlı IPS sistemine ait kurum verisi alındı, kurum bilgisi içeren kolonlar kaldırıldı, veri setindeki kategorik ifadeler Dummy Variable Trap yöntemi ile 0 ve 1'lere çevrilmiştir. Oluşan veri seti eğitim ve test olarak ayrılmıştır; GaussianNB, KNeighborsClassifier, LinearRegression, SVC ve MLPClassifier algoritmaları kullanılarak doğruluk oranları hesaplandı. LogisticRegression, DecisionTreeClassifier ve RandomForestClassifier algortimaları bu veri setimizde her daim aşırı öğrenmeye neden olduğu için kullanılmamıştır.

Veri seti içindeki kaynak ip adreslerinden hangilerinin tcp oturum sayısını aşır DDoS'a neden olduğu ve hangi iplerin kara listeye dahil olduğu belirlenmiştir (6 farklı black list otoritesi kullanıldı). Veri setinde toplam 17.588 satır veri bulunmaktadır. Bu veriler içinde 1.080 adet aktif TCP oturum sayısını

aşan ve DDoS atağını tetikleyen IP adresi ile 118 adet en az bir kara listede yer alan IP bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan veri setine ait küçük bir örnek parça Şekil 5'te verilmiştir. Veri setimizin %80'i eğitim verisi, %20'si ise test verisi olarak kullanılmıştır.

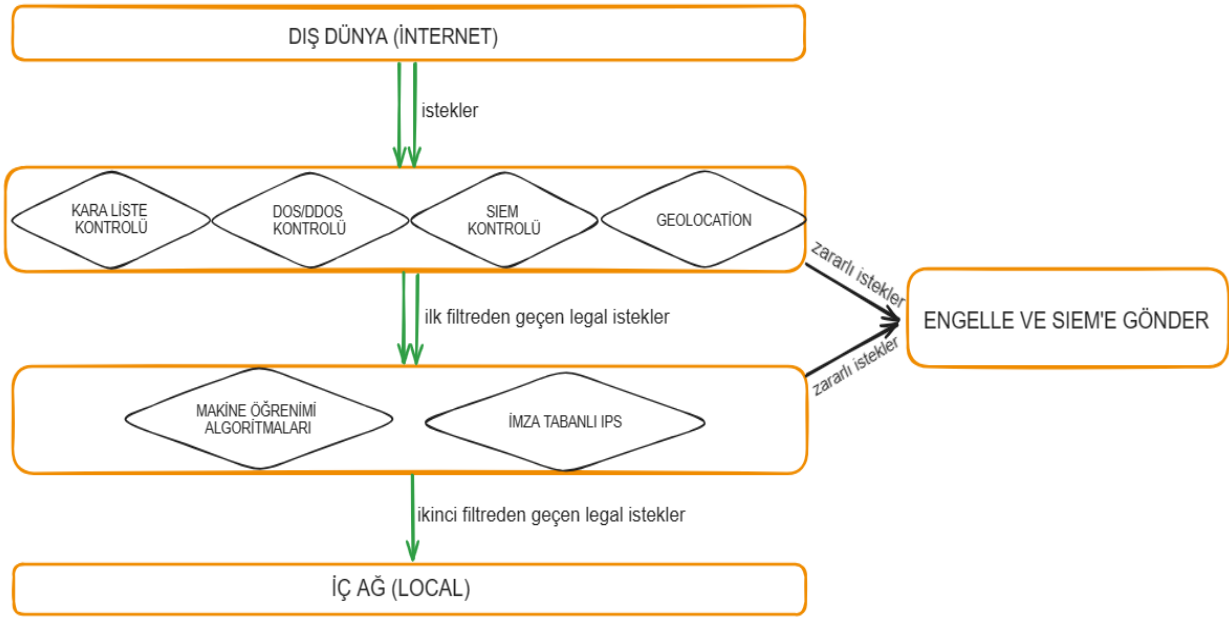
Type	Threat/Content Type	Source address	Application	Source Port	Destination Port	IP Protocol	Threat/Content Name	Severity	Source Count	URL ID	URL Category	Subcategory of app	Category of app	Technology of app	Risk of app	Unlabeled app	Action
THREAT	vulnerability	111.182.239.41	smtp-base	49794	25	tcp	Failed Authentication Through Mail Protocol(31709)	informational	China	0	code-execution	email	collaboration	client-server	5	smtp-base	1
THREAT	spyware	87.196.80.228	ssl	6460	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Portugal	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.112.91	ssl	6645	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	193.93.27.238	ssl	40142	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Bulgaria	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	vulnerability	58.34.176.82	smtp-base	34274	25	tcp	Failed Authentication Through Mail Protocol(31709)	informational	China	0	code-execution	email	collaboration	client-server	5	smtp-base	1
THREAT	spyware	203.171.112.211	ssl	36376	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.96.8	ssl	6206	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.112.51	ssl	37979	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.112.11	ssl	25870	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.112.171	ssl	2285	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	203.171.112.251	ssl	56639	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Afghanistan	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	37.63.12.204	ssl	14136	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Bulgaria	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	82.102.23.120	ssl	48094	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Bulgaria	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	vulnerability	222.223.118.67	smtp-base	54549	25	tcp	Failed Authentication Through Mail Protocol(31709)	informational	China	0	code-execution	email	collaboration	client-server	5	smtp-base	1
THREAT	spyware	45.191.120.172	ssl	56895	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Brazil	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	spyware	80.72.82.27	ssl	41204	443	tcp	Suspicious TLS Evasion Found(14978)	informational	Bulgaria	0	spyware	encrypted-tunnel	networking	browser-based	4	ssl	1
THREAT	vulnerability	101.34.47.253	smtp-base	38956	25	tcp	Failed Authentication Through Mail Protocol(31709)	informational	China	0	code-execution	email	collaboration	client-server	5	smtp-base	1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	54660	80	tcp	ThinkPHP Remote Code Execution Vulnerability(54825)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	54349	80	tcp	ThinkPHP Remote Code Execution Vulnerability(54825)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	53411	80	tcp	ECShop Remote Code Execution Vulnerability(54648)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	53010	80	tcp	ECShop Remote Code Execution Vulnerability(54648)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	52521	80	tcp	ECShop Remote Code Execution Vulnerability(54648)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	vulnerability	111.92.243.106	web-browsing	52264	80	tcp	ECShop Remote Code Execution Vulnerability(54648)	critical	China	1	code-execution	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	spyware	111.92.243.106	web-browsing	52231	80	tcp	Smallshell ASP Webshell Upload Detection(18260)	critical	China	1	webshell	internet-utility	general-internet	browser-based	4	web-browsing	-1
THREAT	packet	222.174.48.50	not-applicable	22661	60998	tcp	TCP SYN with data(8723)	informational	China	0	unknown	unknown	unknown	unknown	1	not-applicable	-1
THREAT	packet	222.174.48.50	not-applicable	33548	30131	tcp	TCP SYN with data(8723)	informational	China	0	unknown	unknown	unknown	unknown	1	not-applicable	-1
THREAT	vulnerability	91.92.251.208	unknown-udp	49242	53413	udp	Netis/Netcore Router Default Credential Remote Code Exe	high	Bulgaria	0	code-execution	unknown	unknown	unknown	1	unknown-udp	-1
THREAT	packet	222.173.195.6	not-applicable	62464	24880	tcp	TCP SYN with data(8723)	informational	China	0	unknown	unknown	unknown	unknown	1	not-applicable	-1
THREAT	scan	118.123.109.93	not-applicable	65144	443	tcp	SCAN: Host Sweep(8020)	medium	China	0	scan	unknown	unknown	unknown	1	not-applicable	-1
THREAT	vulnerability	91.92.251.208	unknown-udp	47686	53413	udp	Netis/Netcore Router Default Credential Remote Code Exe	high	Bulgaria	0	code-execution	unknown	unknown	unknown	1	unknown-udp	-1

Şekil 5. Çalışmada kullanılan veri setinden küçük bir örnek

6. ÖNERİLEN MODEL, SONUÇLARI VE AJANTAJLARI

Modelimiz ve makine öğrenme algoritması doğruluk sonuçları aşağıdaki gibidir. Burada 5 farklı ML algoritması kullanılmış ve doğruluk oranları bulunmuştur. Veri setindeki DoS'a neden olan ip adresleri ile en az bir kara listede yer alan ip adresleri belirlenmiştir. Makine Öğrenme algoritmalarının doğruluk oranlarına göre yaklaşık olarak kaç adet zararlı ip adresinin iç ağa kadar gelebildiği hesaplanmıştır. Modelimize göre dış ağdan gelen istekler önce bir filtreden geçmekte daha sonra ML algoritmasına sokulmaktadır. Bu şekilde kara liste (blacklist) içinde yer alan veya DoS atağına sebep olan IP adresleri Makine Öğrenme algoritmasına gelmeden erişimi kesilmektedir. Sistem geri beslemeli olarak SIEM logu oluşturmaktadır. Modelimizdeki ön filtremizde bulunan her bir kontrol tek başına karar verici olduğu gibi en az iki kriter sağlanırsa direk engelle yap ve Makine Öğrenme adımına dahil etme denilebilir. Bu modelde sistemi yöneten siber güvenlik uzmanlarına esnek bir mimari sunulmaktadır. Örneğin tek başına kara liste kontrolü false-positive durumlara sebep olursa, kara listede olması ve saniyedeki aktif tcp oturum değerini aşması, yani DoS atağına neden olması, engelleme nedeni olarak belirlenebilir. Aynı şekilde atak dönemlerinde, atağın geldiği ülke için, bu ülkeden gelen istekler ve kara listede olması şartı ile engelleme sağlanabilir.

Modelde dış dünyadan gelen istekler önce ilk filtreden geçmekte daha sonra ise ikinci filtreden geçip iç ağa erişebilmektedir. İlk filtrede 4 farklı koruma kriteri yer alırken ikinci filtrede ise yapay zeka ve imza tabanlı IPS sistemi kullanılmıştır. Modelimizde, ayrı ayrı kullanıma sahip birçok koruma bariyerinin tek bir entegre sisteminde kullanılması önerilmektedir. Klasik koruma yöntemlerinin yanında, yapay zeka kullanımı ile korumada doğruluk oranının artırılması amaçlanmıştır. Modelin aşamaları ve çalışma prensibi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: Önerilen Hibrit IPS Modeli

6.1. Algoritma Sonuçları Ve Modelin Katkısı

Modelimizde GaussianNB, KNeighborsClassifier, LinearRegression, SVC ve MLP sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. IPS sistemlerinin yapay zekaya dayalı çalışmalarında en çok kullanılan algoritmalar da Destek Vektör Makinesi, Bayesian Ağı, Yapay Sinir Ağı, Karar Ağacı ve k-En Yakın Komşu'dur.

Algoritmaların sonuçları Jupyter notebook ile python dilinde hesaplanmıştır. Jupyter notebook, python kod parçalarını adım adım çalıştırmaya, her kod parçasının çıktısını almanıza olanak sağlayan local bir web projesidir. Kullanılan veri setinde toplam 17.588 satır veri bulunmaktadır. Bu veriler içinde 1.080 adet aktif TCP oturum sayısını aşan ve DoS atağını tetikleyen IP adresi trafiği ile 118 adet en az bir kara listede yer alan IP bulunmaktadır. Dolayısı ile ilk filtreden geçmesi gereken toplam 1.198 adet IP adresi Makine Öğrenme algoritması veri setine karışmıştır.

Veri seti üzerinde beş farklı algoritma çalıştırılmıştır. Doğruluk oranına göre en yüksek başarımlı Gaussian ve MLP sınıflandırmasına aittir. Makina Öğrenme algoritma sonuçlarında başarımlı oranını ölçmek için accuracy (doğruluk) metriği kullanılmıştır. Kullanılan algoritmaların sonuçları, yüzde 79 ile yüzde 97 arasında doğruluk oranlarına sahiptirler. Hata oranına göre, ilk filtreden geçen ip adreslerinden kaç tanesinin iç ağa kadar erişebildiği hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi Tablo 2'de gösterilmektedir.

Algoritmaların hata payı %3 ile %21 arasındadır. Dolayısı ile bu hata payına göre sadece makine öğrenmesi sistemi kullanıldığında, internet dünyasından gelen birçok zararlı ip adresine ait trafik iç ağa erişebilmektedir. Yapılan ölçümlerde en çok SVC Algoritması hata payına neden olmuş ve toplamda 251 zararlı ip adresi makine öğrenme algoritması filtresinden geçmiştir. Başarı oranı en yüksek algoritma olan Gaussian sınıflandırmasında sadece 35 adet zararlı ip iç ağa erişebilmektedir. Önerilen modelimizde en yüksek doğruluk oranına sahip olan GaussianNB ve MLPClassifier algoritmaları kullanılabilir.

Tablo 2: Algoritma Sonuçları

ML Algoritması	Doğruluk Oranı	Hata Payına Göre IP sayısı
GaussianNB	% 97	%3 x 1198 : 35 adet ip
KNeighborsClassifier	% 86	%14 x 1198 : 167 adet ip

LinearRegression	% 95	%5 x 1198 :	59 adet ip
SVC	% 79	%21 x 1198 :	251 adet ip
MLPClassifier	% 97	%3 x 1198 :	35 adet ip

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi, insanoğlunun bilinç ve bilgi düzeyinin artmasıyla birlikte her geçen gün çeşitli ticari, iletişim, bilgi ve diğer ağlara yönelik yaygın saldırılar yaşanmaktadır. Bu saldırılardan bazıları bu ağların içerdiği önemli ve hassas veri ve bilgileri hedef alırken, bazıları da kullanıcılara farklı hizmetler sunan kaynak ve sunucularla iletişim yollarını kapatmayı amaçlamaktadır. Bu saldırılar, yetkili kullanıcıların bu hizmetlere erişimini engelleyerek sunucuları kullanılamaz hale getirir veya ağ performansını birkaç dakika veya saatlerce kesintiye uğratar. Siber saldırıları durdurmanın bir yolu, saldırı olasılığını çeşitli yollarla tespit etmeye veya tahmin etmeye çalışan izinsiz giriş önleme sistemlerini (IPS'ler) kullanmaktır. Bu çalışmada önerilen modelde hibrit bir IPS sistemi kurgulanmıştır. İyi bir IPS sisteminden beklenen, yüksek doğruluk oranı ile çalışması ve bu kapsamda hatalı kararlar vermemesidir.

Modelimizde kullanılan veri seti, gerçek bir IPS sistemine ait verilerden elde edilmiştir. İmza tabanlı IPS sisteminden alınan veri setine göre kullanılan algoritmalar içinde en başarılı ML algoritmaları yüzde 97 doğruluk oranı ile GaussianNB ve MLPClassifier'dir. En az başarılı algoritma SVC olarak ölçülmüştür. Yapılan teknik analizde modelimizdeki filtre olmadan kara liste ve DDoS kontrolü olmayacağı için yaklaşık olarak 35 ile 251 adet zararlı IP trafiği iç ağa erişebilmektedir. Modelimizdeki SIEM kontrolü çalışan model sonrası geri besleme ile alınan verileri kullanıp zararlı olarak direkt engelleyebilir. Aynı şekilde atak zamanı Geolocation özelliği ile bazı ülkelerden gelen istekler kısıtlanabilir. Amaç; siber güvenlik dünyasında sıkça kullanılan IPS sisteminin incelenmesi ve hata oranının azaltılması için model oluşturulmasıdır. Aynı zamanda bu sistemi kullanan Siber Güvenlik Uzmanlarına duruma ve şartlara bağlı olarak esnek bir mimari/sistem sunulması amaçlanmaktadır. Bunun için özgün ve çok katmanlı bir mimari önerisi sunulmuştur. Hem makine öğrenimi algoritmaları hem de klasik IPS imza yönteminin benzeri bir ön filtre kullanılarak hibrit bir model oluşturulması hedeflenmiştir.

Modelimizdeki ülke kontrolü (IP Geolocation) duruma ve şartlara göre kullanılabilir. İlk senaryoda kurumumuz ya da ülkemiz bir siber atak alıyorsa o ülkeye doğru kısıtlama yapılabilir, o ülkeden gelen istekler Makine Öğrenme algoritmalarına dair veri setine dahil edilmez. İkinci senaryoda sistem otomatik olarak atak haritalarından beslenebilir. Modelimizdeki ön filtredeki her bir kontrol adımı tek başına yada şartlara göre kombinasyon halinde kullanılabilir. Örnek bir siber atak haritası Şekil 7'te verilmiştir.

Gelecekteki siber koruma ürünlerinin birçoğunun hibrit yapıda olması ve bulut tabanlı çalışması beklenmektedir. Hibrit koruma sistemlerinin tek bir modelde veya üründe birleştirilmesi hem sistem yöneticisi olan siber güvenlik uzmanlarına esneklik sağlamakta hem de farklı ürünlerin yönetiminden kaynaklanan iş yükünü azaltmaktadır. Siber güvenlik koruma sistemlerinde, sadece klasik koruma sistemlerinin ya da sadece yapay zekâ algoritmalarının kullanılması yerine ikisinin birleşik bir sistem oluşturması ve bu sistemin kullanılması daha yüksek başarımlarına sahip olacaktır. Siber saldırıların birçok farklı türlerinin olması, korumanın da birçok farklı bariyer ile yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, birçok farklı özelliği bünyesinde barındıran hibrit modelimizin ve çalışmamızın gelecekteki akademik çalışmalara katkıda bulunması amaçlanmıştır.



Şekil 7: Örnek Siber Atak Haritası (Check Point, 2024)

Bildirim: Bu çalışma; İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Siber Güvenlik Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Muhammed Ali AYDIN ve Abdül Halim ZAİM danışmanlığında, Ferhat TİMUR tarafından yürütülecek olan, "IPS ATAKLARININ İNCELENMESİ VE HATA ORANININ AZALTILMASI İÇİN HİBRİT BİR MODEL ÖNERİSİ" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Aynı zamanda İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 45437

KAYNAKÇA

- [1] Aksu, D., & Aydin, M. A. (2018, December). Detecting port scan attempts with comparative analysis of deep learning and support vector machine algorithms. In 2018 International congress on big data, deep learning and fighting cyber terrorism (IBIGDELFT) (pp. 77-80). IEEE.
- [2] A. R. Wani, Q. P. Rana, U. Saxena and N. Pandey, "Analysis and Detection of DDoS Attacks on Cloud Computing Environment using Machine Learning Techniques," 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI), Dubai, United Arab Emirates, 2019, pp. 870-875.
- [3] Bilen B. (2021, Şubat 4). Karışıklık Matrisi (Confusion Matrix). <https://burhanbilen.medium.com/karışıklık-matrisi-confusion-matrix-990dfc718653>
- [4] Check Point. (2024, Mayıs 17). Live Cyber Threat Map. <https://threatmap.checkpoint.com/>
- [5] I. Ullah and Q. H. Mahmoud, "A Two-Level Hybrid Model for Anomalous Activity Detection in IoT Networks," 2019 16th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 1-6.
- [6] Lin P., Ye K., Xu CZ. (2019) Dynamic Network Anomaly Detection System by Using Deep Learning Techniques. In: Da Silva D., Wang Q., Zhang LJ. (eds) Cloud Computing – CLOUD 2019. CLOUD 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11513. Springer, Cham. 2019.
- [7] Sharafaldin, I., Lashkari, A. H., & Ghorbani, A. A. (2018). Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization. ICISSp, 1, 108-116.
- [8] S. Wankhede and D. Kshirsagar, "DoS Attack Detection Using Machine Learning and Neural Network," 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, 2018, pp. 1-5. Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP), Portugal, January 2018.
- [9] V. Kanimozhi and T. P. Jacob, "Artificial Intelligence based Network Intrusion Detection with Hyper-Parameter Optimization Tuning on the Realistic Cyber Dataset CSE-CIC-IDS2018 using Cloud

Computing," 2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Chennai, India, 2019, pp. 33-36.

[10] Yulianto, Arif & Sukarno, Parman & Anggis Suwastika, Novian, "Improving AdaBoost-based Intrusion Detection System (IDS) Performance on CIC IDS 2017 Dataset," Journal of Physics: Conference Series, 1192.

[11] Yiğit M. (2022, Aralık 2022). IPS Sistemi ve Yönetimi.
<https://yenigelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/blog/ips-sistemi-ve-yonetimi>

AA5754 ALÜMİNYUM ALAŞIMI ÜZERİNE UYGULANAN CHROME-FREE ÖN-İŞLEMİN KATAFOREZ KAPLAMALARININ YAPIŞMA VE KOROZYON DİRENCİNE ETKİSİ

OĞUZ YILMAZ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, Bilecik, oguzyilmaz@uzmankataforez.com, ORCID: 0009-0002-7300-8823

İBRAHİM USTA

Uzman Kataforez Yüzey Kaplama San. ve Tic. A.Ş., Bursa, ibrahimusta@uzmankataforez.com, ORCID: 0000-0001-7557-9617

ÇAĞLAYAN AÇIKGÖZ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, Bilecik, caglayan.acikgoz@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2195-6231

Özet

Genel olarak kataforez öncesi yapışma mukavemetini arttırmak için geleneksel olarak fosfatlama ön işlemi uygulanmaktadır. Ancak alüminyum malzeme yüzeyine uygulanan fosfatlama ön işlemi yeterli miktarda fosfat kristali oluşturmamakta ve kataforez kaplamanın yapışma mukavemetini düşürerek, korozyon özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, otomotiv sektörü için en ucuz ve yaygın olarak kullanılan kataforez kaplama yönteminde yapışma ve korozyon direncini artırmak amacıyla fosfatlama ön işlemi yerine ticari ürün EcoAL 20A çözeltisi kullanılarak Chrome-Free ön işlemi uygulanmıştır. Deneysel çalışmalarda; otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan AA5754 alüminyum alaşım altlık olarak kullanılmıştır. %1 konsantrasyonda EcoAL 20A kullanılarak, farklı daldırma süreleri (45, 60 ve 75 saniye) ile deneysel sürecin optimizasyonu sağlanmıştır. İlk aşmada numune kaplama kalınlıkları Elcometer ile ölçülmüş, daha sonra yapışma ve korozyon testi olarak; Kuru Yapışma (REF DIN EN ISO 2409), Su Direnci (ASTM D 870-02) ve Nem Direnci (MIL-STD-810G) testleri verilen standartlara göre yapılmıştır. Kaplamalara uygulanan testler sonrası görsel değerlendirme (beyaz ve kırmızı pas gözleme) yapılmıştır. Görsel değerlendirme sonrası Cross Cut ile yapışma mukavemetleri ve korozyon özellikleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, Kataforez, Chrome-Free, Yapışma Mukavemeti, Korozyon

THE EFFECT OF CHROME-FREE PRE-TREATMENT ON ADHESION AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS COATINGS ON AA5754 ALUMINIUM ALLOY

Abstract

Traditionally, phosphate pretreatment is used to increase adhesion strength before cataphoresis. However, phosphate pretreatment applied to aluminium material surfaces does not form sufficient phosphate crystals, reducing cataphoresis coating adhesion strength and adversely affecting corrosion properties. In this study, a chromium-free pretreatment using the commercial product EcoAL 20A solution was applied instead of the phosphate pretreatment to improve adhesion and corrosion resistance in the cataphoresis coating process, which is the cheapest and most widely used in the automotive sector. AA5754 aluminium alloy, commonly used in the automotive industry, was used as the substrate in the experimental studies. The experimental process was optimised with different immersion times (45, 60 and 75 seconds). EcoAL 20A was used at a concentration of 1%. Adhesion and corrosion testing was performed by DIN EN ISO 2409 (dry adhesion), ASTM D 870-02 (water resistance), and MIL-STD-810G (moisture resistance). Visual evaluation (observation of white and red rust) was performed on the coatings after testing. After the visual assessment, the adhesion strength and corrosion properties were evaluated using cross-cut.

Keywords: Aluminium, Cataphoresis, Chrome Free, Adhesion Strength, Corrosion

1. GİRİŞ

Günümüz endüstrisinde kullanılan metalik malzemelerin korozyondan korunması, maliyet ve hasarları minimize etmek ve çevre kirliliğini azaltmak amacıyla giderek artan bir öneme sahiptir. 2020 yılında otomobil endüstrisindeki korozyon maliyetleri 28 milyar dolar üzerine çıkmış ve endüstrinin toplam değerinin %2,82'sine ulaşmıştır [1], [2], [3]. Bu bağlamda, elektro kaplama teknikleri, özellikle de kataforez kaplama, metal nesnelere korozyon konusunda uzun ömürlü koruyuculuk sunmaktadır. Kataforez kaplamalar esasında otomotiv sektöründe 1970'lerden beri sıklıkla kullanılan çelik, alüminyum ve dökme demir gibi metalik yüzeyler üzerine korozyon koruması için gerçekleştirilen popüler organik kaplama yöntemlerinden biridir [3], [4].

Genel olarak kataforez öncesi yapışma mukavemetini arttırmak için geleneksel olarak yüzeyde fosfat kristalleri oluşturulmalıdır. Ancak alüminyum malzeme yüzeyine uygulanan fosfat ön işlemi yeterli miktarda fosfat kristali oluşturmamakta ve kataforez kaplamanın yapışma mukavemetini düşürerek, korozyon özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

Son zamanlarda nanopartiküller polimer koruyucu kaplamalarda fosfatlama ön işlemi yerine inorganik nano dolgu maddesi olarak kullanımı, benzersiz bariyer özellikleri nedeniyle özel bir ilgi çekmiştir. Nanopartiküllerin homojen dağılımı, kataforez kaplamada kilit bir faktördür. Eşsiz özellikleri, büyük yüzey alan/hacim oranlarının neden olduğu mikro boyutlu dolgu maddelerine (fosfatlama) kıyasla nano boyutlu partiküllerin daha yüksek yüzey alanından kaynaklanmaktadır [5].

Chrome-Free olarak kullanılan çözelti içerisinde nano boyutta Ti tozları bulunmaktadır. Kataforez kaplama öncesi yüzeyde fosfat kristalleri yerine yüzeyde nano boyutta bir tabaka elde edilmektedir. Bu tabaka kataforez kaplamanın Al yüzeyinde daha sıkı tutunmasını sağlayarak yapışma mukavemetini artırmaktadır.

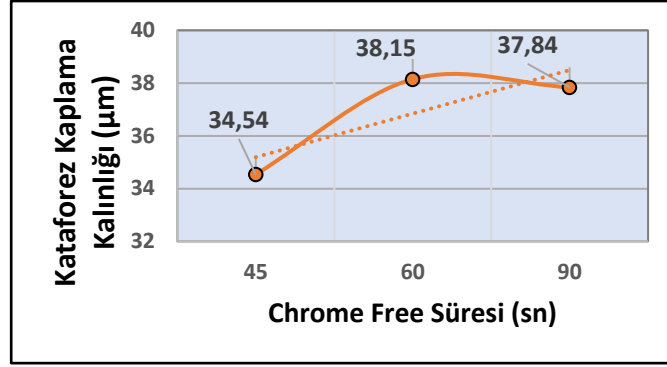
Bu çalışma, Chrome-Free ön işleminin kataforez kaplama öncesi uygulanmasıyla AA5754 alüminyum alaşımının kataforez kaplama kalınlığı, korozyon özellikleri ve yapışma mukavemeti üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışma kapsamında otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan AA5754 alüminyum alaşımlar altlık olarak kullanılmıştır. Kataforez kaplama öncesi kullanılan fosfatlama ön işlemi yerine bu çalışmada ticari ürün EcoAL 20A (Chrome-Free) kullanılmıştır. EcoAL 20 A, Al ve alaşımları için fosfatlama alternatifi olarak kullanılan (pasivasyon amaçlı) bir kimyasaldır. EcoAL 20 A ile elde edilen pasivasyon tabakası, boya tutunmasını artıran ideal bir koruma yüzeyi oluşturan bu kaplamalar Heksaflorotitanat (H_2TiF_6) ve asitten oluşmaktadır. EcoAL 20A altlık yüzeyinde nano tabaka sağlayarak kataforez kaplamanın yüzeye fosfatlama ön işleminden daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. En iyi yapışma mukavemetini sağlayabilmek için %1 konsantrasyonda EcoAL 20A farklı daldırma süreleri (45; 60 ve 75 sn) kullanılarak deneysel sürecin parametrik optimizasyonu sağlanmıştır. Elde edilen deney numunelerinde kataforez kaplamanın kalınlığı Elcometer 456 Prob kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca numunelere; Kuru Yapışma (REF DIN EN ISO 2409), Su Direnci (ASTM D 870-02), Nem Direnci (MIL-STD-810G) testleri uygulanmıştır. Test sonrası numunelere Cross Cut/Çapraz Kesim işlemi yapılmış ve bu işlem sonrasında görüntülerinin karşılaştırılması için her bir numune Canon EOS 600D kamera ile fotoğraflanmıştır. Değerlendirme bir başka makalemizde yer bulan tabloya göre yapılmıştır [6], [7].

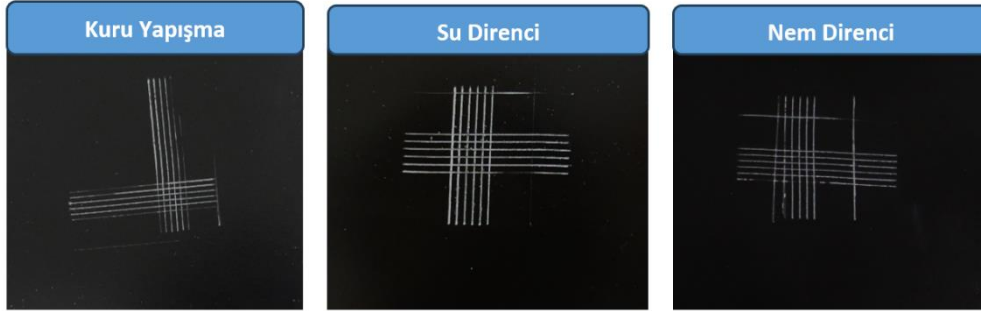
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Şekil 1'de Elcometer ile ölçülen Chrome-Free (%1 konsantrasyon) ön işlemi uygulanan kataforez kaplama numunelerinin kaplama kalınlıkları verilmiştir. Optimum Chrome Free ön işlem süresi ise 60 sn'de gözlenmiş ve 38,15 μm kaplama kalınlığı ile en iyi sonuç elde edilmiştir.



Şekil 1: Farklı sürelerde gerçekleştirilen Chrome Free ön işlemlerinin Kataforez Kaplama kalınlığına etkisi

Şekil 2’te ön işlem olarak 60 sn süre ile uygulanan Chrome Free sonrası üretilen kataforez kaplamaların kuru yapışma, su ve nem direnci sonrası yapılan yapışma testleri sunulmuştur. Tüm test sonuçları incelendiğinde Alüminyum alaşımına uygulanan Chrome Free yüzey hazırlığının etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 2: %1 Konsantrasyonda EcoAL 20A kullanılarak 60 sn’de gerçekleştirilen Chrome Free ön işlemi ile gerçekleştirilen kataforez kaplamaların kuru yapışma, su ve nem direnci sonrası Cross Cut görüntüleri

3. SONUÇ

Chrome Free yüzey hazırlıkları sonrası AA5754 Alüminyum alaşımına uygulanan Kataforez kaplamalar, başarılı bir şekilde üretilmiştir. Kaplamalarda optimum en yüksek kalınlığa 38,15 µm ile 60 sn Chrome Free süresinde ulaşıldı. Su ve Nem direnci testleri sonrası uygulanan Cross Cut işlemi sonrasında yüzeyde herhangi bir sıyrılma gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, Chrome Free yüzey hazırlığının su ve nem direnci açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Tüm test sonuçları incelendiğinde, Chrome Free yüzey hazırlığının geleneksel fosfatlamaya kıyasla daha yüksek kaplama kalınlığı ve yapışma mukavemeti sağladığı görülmüştür. Ayrıca, Chrome Free ön işlemiyle elde edilen kaplama kalınlığının fosfatlama işlemine göre daha kısa sürede gerçekleşmesi, endüstride seri üretim için daha uygun bir seçenek sunmaktadır. Bu bulgular, endüstriyel kaplama sektöründe yeni bir yöntem olarak Chrome Free yüzey hazırlığının daha etkili ve verimli bir kaplama sürecini mümkün kıldığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] M. Czaban, “Aircraft corrosion - Review of corrosion processes and its effects in selected cases,” *Fatigue of Aircraft Structures*, vol. 2018, no. 10, pp. 5–20, Dec. 2018, doi: 10.2478/FAS-2018-0001.
- [2] S. J. Findlay and N. D. Harrison, “Why aircraft fail,” *Materials Today*, vol. 5, no. 11, pp. 18–25, Nov. 2002, doi: 10.1016/S1369-7021(02)01138-0.

- [3] W. Skotnicki and D. Jędrzejczyk, "The Comparative Analysis of the Coatings Deposited on the Automotive Parts by the Cataphoresis Method," *Materials* 2021, Vol. 14, Page 6155, vol. 14, no. 20, p. 6155, Oct. 2021, doi: 10.3390/MA14206155.
- [4] H. J. Streitberger and K. F. Dössel, "Automotive Paints and Coatings: Second Edition," *Automotive Paints and Coatings: Second Edition*, pp. 1–493, May 2008, doi: 10.1002/9783527622375.
- [5] M. Toorani, M. Aliofkhazraei, and A. Sabour Rouhaghdam, "Microstructural, protective, inhibitory and semiconducting properties of PEO coatings containing CeO₂ nanoparticles formed on AZ31 Mg alloy," *Surf Coat Technol*, vol. 352, pp. 561–580, Oct. 2018, doi: 10.1016/J.SURFCOAT.2018.08.053.
- [6] İ. USTA, O. YILMAZ, M. GÜL, A. CAN, and H. GÜL, "Effect of Adhesion and Corrosion Performance of Geomet Basecoat (321)- Topcoat (ML Black) Applications on Cataphoretic Coating," *Sakarya University Journal of Science*, vol. 28, no. 1, pp. 220–236, Feb. 2024, doi: 10.16984/SAUFENBILDER.1345904.
- [7] "Cross Hatch Method." Accessed: Jan. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.elcometer.com/en/cross-hatch-method>

PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR-COOLED CONDENSER IN ORGANIC RANKINE CYCLE

HASSAN IBRAHIM ABDULRAHMAN

Kocaeli University, Institute of Natural Sciences, Energy Systems Engineering
hassan140669@hotmail.com, ORCID: 0009-0008-5552-7068

Asst. Prof. Dr. MUHARREM EYİDOĞAN

Kocaeli University, Institute of Natural Sciences, Energy Systems Engineering
muharrem.eyidogan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7235-2633

Abstract

An Organic Rankine Cycle (ORC) is a closed-loop thermodynamic cycle. It is similar to the traditional Rankine cycle, except that ORC tends to use organic fluid with a boiling temperature typically lower than water at atmospheric pressure ($<100\text{ }^{\circ}\text{C}$). An Air-Cooled Condenser (ACC) is a part of an ORC used for condensation through heat rejection. However, an ACC is very prone to changes in ambient temperatures. In countries like Türkiye, the ORC performance and efficiency vary from season to season due to changes in the performance of the ACC. In the summer, the condenser's performance degrades when the ambient temperature reaches $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ or slightly more in some regions. Therefore, the overall cycle efficiency of the ORC also degrades. The study used the Computational Fluid Dynamics (CFD) method to analyse the ACC rejection capacity by acquiring the temperature drop of organic fluid at different air velocities at different ambient temperatures. The temperature drop was utilised to obtain the ACC's heat rejection capacity, which is crucial for figuring out cycle efficiency. The findings demonstrated that when air velocity is increased from 1 m/s to 8 m/s at ambient temperatures of 40, 35, and $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and an organic fluid flow velocity of 0.3 m/s, the average percentage increase in heat rejection capacities was 2.67%, 2.39%, and 3.11%, respectively. For an organic fluid velocity of 0.5 m/s, the average percentage increase in heat rejection capacities was 4.73%, 5.02%, and 5.65%, respectively. This suggests that the ACC's ability to reject heat is enhanced by an increase in air velocity. An increase in heat rejection capacity leads to the enhancement of effective condensation of the organic fluid, eventually leading to an enhanced ORC cycle efficiency. However, the increment happens at a certain limit of air velocities; the heat rejection capacity will remain constant beyond that limit. It was also found that the alternative method of enhancing the ACC performance is to lower the flow rate of the organic fluid. However, this will result in lower output power, eventually leading to lower overall efficiency for the ORC.

Keywords: Air-Cooled Condenser, Organic Rankine Cycle, Computational Fluid Dynamics, Air Flow Velocity, Heat Rejection Capacity, Cycle Efficiency

1. INTRODUCTION

Türkiye has been utilizing several types of renewable energy resources with the help of the Organic Rankine Cycle (ORC) system to generate power. Geothermal power plants are the most common power plants using ORC systems to generate power. For instance, until 2021, up to 3% of the total power generation in Turkey has been contributed by geothermal power (Global Data, 2023). Manisa and Aydin are the most well-known cities in Türkiye and have many geothermal power plants. Therefore, there is a greater need to optimize the efficiency of ORC systems to enhance power production in geothermal power plants and other power plants that use ORC systems. One of the most important components of an ORC is a condenser. A condenser cools and condenses the organic fluid in ORC through heat rejection. In this study, the main focus is to analyze the Air-cooled type of condenser (ACC) performance since, in recent years, ACC has become more popular than water-cooled condensers due to its ability to reject heat without wasting a single drop of water. However, during peak summer seasons, the ORC systems, especially those utilizing ACCs, possess very low efficiencies due to difficulty rejecting heat from the organic fluid. This is due to high ambient temperatures, which lowers the overall efficiency of the cooling process. Different studies have been done to analyze this case (Davies & Hrnjak, 2018), (Xue et al., 2011), (Baweja & Bartaria, 2013), (Kunke, 2017), (Deng et al., 2020), (Wei et al., 2007), (Yang et al., 2017) and (Wang et al., 2023). One of the findings was that the increase in

condenser temperature due to high ambient temperatures has a negative effect on the overall efficiency of the expander, and As a result, the ORC system produces less electric power when the condenser temperature rises (Wei et al., 2007). Another study indicated that when the wet-bulb temperature is 3 °C, net power and net efficiency were observed to be 8.21 kW and 11.6%, respectively. When the wet-bulb temperature was 31.35 °C, the net power and net efficiency were observed to be 3.64 kW and 6% respectively (Wang et al., 2023). Last but not least, another finding indicated that an increase in air temperature from -5 to 0 °C increased condenser power consumption by 0.107% and decreased the power plant output power by 0.246%. However, when the air temperature increases from 10 to 21°C, there is an increase in condenser power consumption of about 6.54% and a decrease in output power of about 20.66% (Keshvarparast et al., 2020). Several works have also been done to enhance the performance of ACC to deliver highly efficient heat rejection capacities (Zhao et al., 2018), (Zhu et al., 2021), (Keshvarparast et al., 2020), (Lin et al., 2020) and (He et al., 2014). For instance, in a combined thermal power system, to achieve optimum efficiency, the speed of the condenser fans must be adjusted to deliver enough mass flow rate of air to achieve the heat rejection capacity. It was found that with a rise of the ambient temperature of 304K to 308K, the mass flow rate of air required to achieve the optimum heat rejection should be raised from 416.2 kg/s to 733.4 kg/s (He et al., 2014). Another work focused on adjusting the fins' geometry to acquire the optimum initial temperature difference (ITD). It was found that optimized plain fins with a height of about 30.48 mm, fins spacing of 1.27mm, and thickness of 0.254 mm gave the highest efficiencies in both Rankine Cycle Power Plant (34.03%) and Combined Cycle Power Plant (53.52%) (lin et al., 2020). However, unlike the previous studies, this current study focuses on using the Computation Fluid Dynamics (CFD) to enhance the performance of ORC systems by examining the ACCs' ability to reject heat at high temperatures while operating at various air velocities. This ACC airflow analysis will help ACC design engineers to design highly efficient ACCs that can deliver overall high efficiency in the ORC systems despite the rise in ambient temperatures.

2. MATERIAL AND METHOD

The general method used in this study is the CFD method. Computational Fluid Dynamics (CDF) can be defined as one of the branches of fluid mechanics that deals with studying and analyzing the behavior of fluid properties using numerical methods. The study and analysis of fluid behavior can be a very challenging and complicated process. In computational fluid dynamics (CFD), there are three key phases: pre-processing, solving, and post-processing. The figure below depicts the CFD method's flow chart;

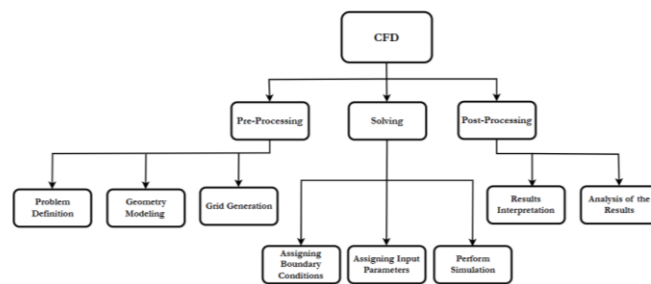


Figure 1: The main stages of Computational Fluid Dynamics

2.1. Conceptual Design of ACC tubes

This research considers the use of cross-flow ACCs consisting of finned tubes. The performance analysis of the overall ACC is not possible due to the size of the ACC, which cannot be done using the available academic version of the CFD tool. Therefore, the analysis will be done by considering only 4 finned tubes with similar dimensions, each having 6 meters of length and 350 spiral fins. The full dimensions of the tubes are given in the table below;

Table 1: Design Parameters of the ACC

Name of Parameter	Value
External Diameter of the tube	60.00 mm
Tube thickness	2.00 mm
Length of the fins	20.00 mm
Thickness of the fins	2.00 mm
Pitch	16.60 mm
Number of Fins per tube	350
Pipe Material	Steel

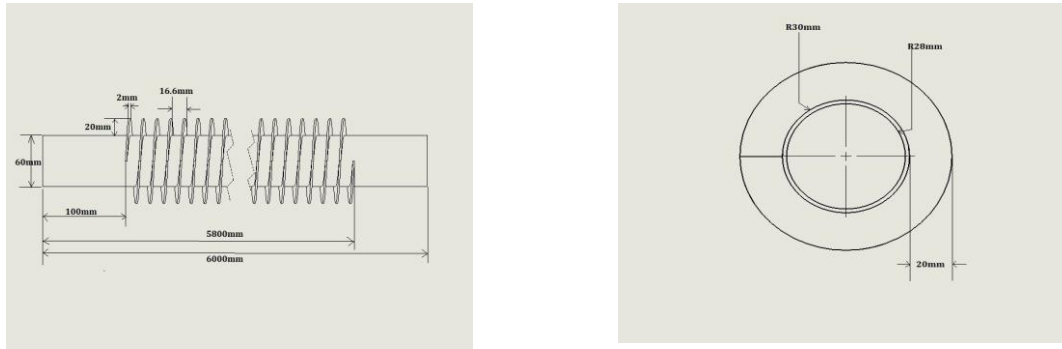


Figure 2: Side View and Front View of the ACC Pipe with Dimensions

2.2. Geometrical Design and Set-up

The geometry for simulation was designed by considering the real-time setup of condenser tubes in a cross-flow ACC. Four tubes were designed with 6000 mm length and 60mm diameter. The tubes contained helix fins with a depth of 20mm, thickness of 2mm, and a pitch of 16.6 mm, totalling 350 fins for each pipe. Each pipe is separated from the other by a length of 110 mm from their centres

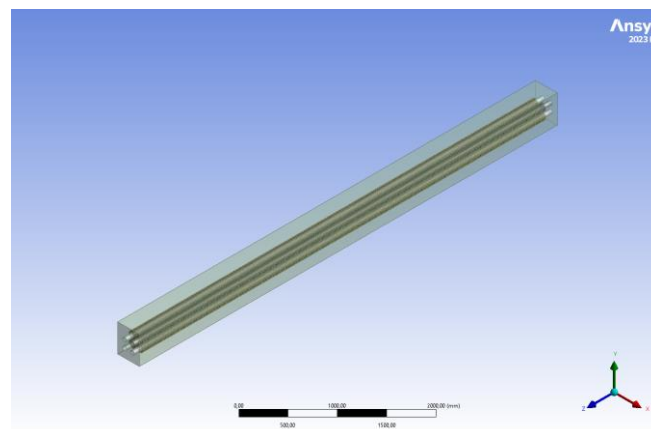


Figure 3: The Geometric Set-up Design of the Simulation

2.3. Meshing and Mesh Dependence Study

This analysis used the automatic meshing process, which involves assigning the global element size and further mesh tuning using edge size and inflation layers. Generally, having a finer mesh ensures more

accurate results; however, this increases the computation effort and costs. The best way to acquire efficient computational effort and cost without compromising the quality of the results is by conducting the mesh independence test.

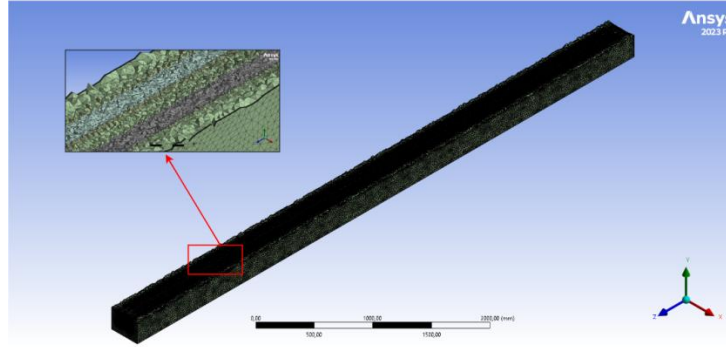


Figure 4: Fully Meshed Geometrical Set-up of the ACC

Table 1: Mesh Dependence Study Results

Case No.	Number of Elements	Outlet Temperature (tube 1 and tube 2)	Outlet Temperature (tube 3 and tube 4)
1.	3879921.00	54.30	51.35
2.	4056394.00	53.55	52.09
3.	6192148.00	51.35	48.43
4.	6429851.00	51.40	48.90
5.	6620330.00	51.60	48.45

In cases 4 and 5, the outlet temperatures from tubes 1 and 2 differed by 0.39%, and from tubes 3 and 4 differed by 0.92%. Therefore, the mesh related to case number 4 was selected since it has been proved to show high mesh independence compared to the previous cases, i.e., cases 1, 2, and 3. At the same time, it contains a reasonable number of elements enough to reduce the computational effort compared to the later case, i.e. case 5.

2.4. Material Selection & Boundary Condition Set-up

Table 2: Table of Materials

Domain	Selected Material	Reasons for Selection
--------	-------------------	-----------------------

Organic Fluid Domain	n-Pentane Vapor	Stable at high temperatures, higher saturation temperatures, and lower freezing points.
Air Domain	Air	-
Tubes' Domain	Steel	High conductivity, resistance to rust, stable at high temperatures.
Fins' Domain	Aluminium	Very high conductivity, lesser weight, stable at high temperatures.

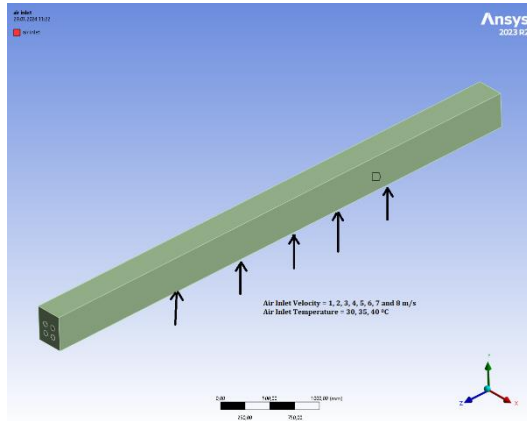


Figure 5: Air Inlet Boundary Condition

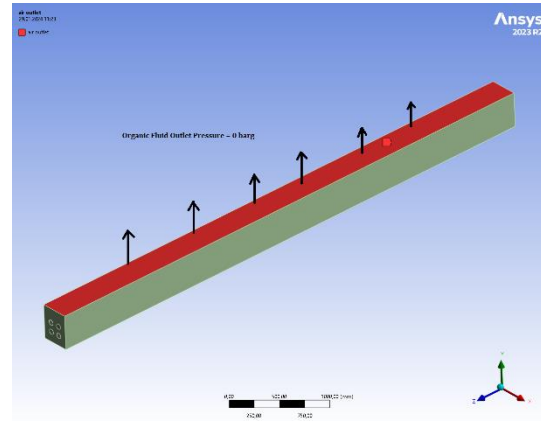


Figure 6: Air Outlet Boundary Condition

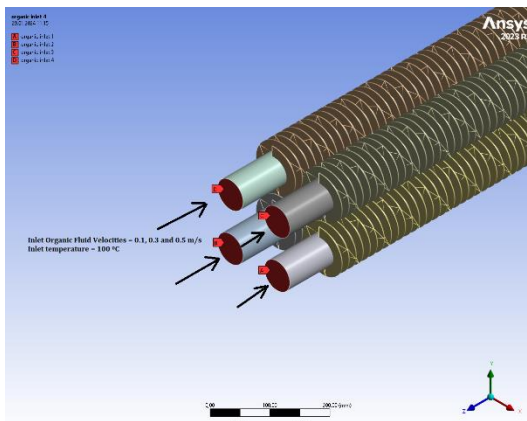


Figure 7: Organic Fluid Inlet Boundary Condition

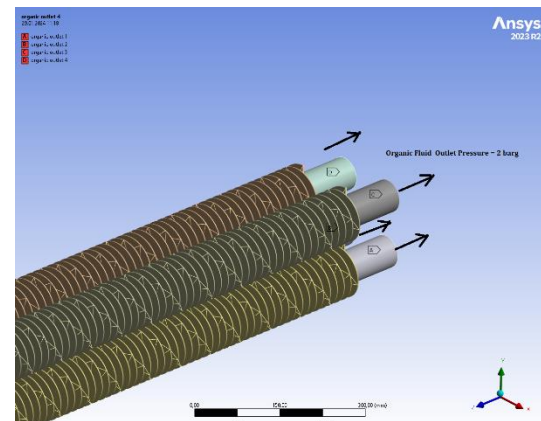


Figure 8: Organic Fluid Outlet Boundary Condition

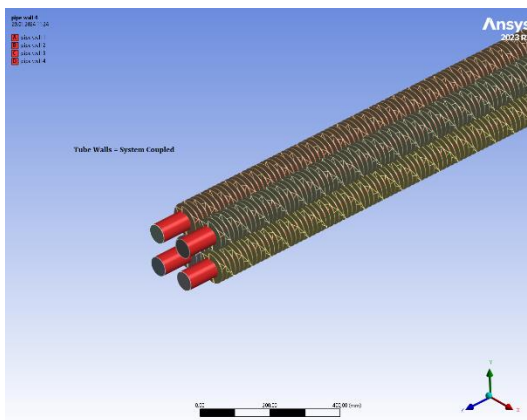


Figure 9: Tubes' Wall Boundary Condition

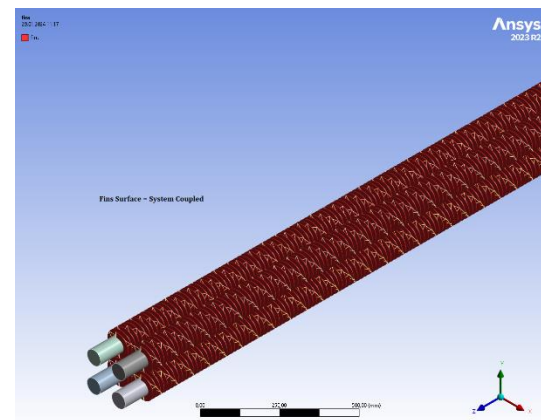


Figure 10: Fins' Wall Boundary Condition

2.5. Results Validation

Table 3: Results Validation Table

Study	Condition 1			Condition 2		
	Super-heated Temperature 1	Vaporization Pressure 1	Efficiency 1	Super-heated Temperature 2	Vaporization Pressure 2	Efficiency 2
Ata, Kahraman & Şahin (2019)	100 °C	400 kPa	12.42%	80 °C	250 kPa	9.79%
Current Study	100 °C	100 kPa	12.07%	80 °C	250 kPa	9.46%

3. RESULTS

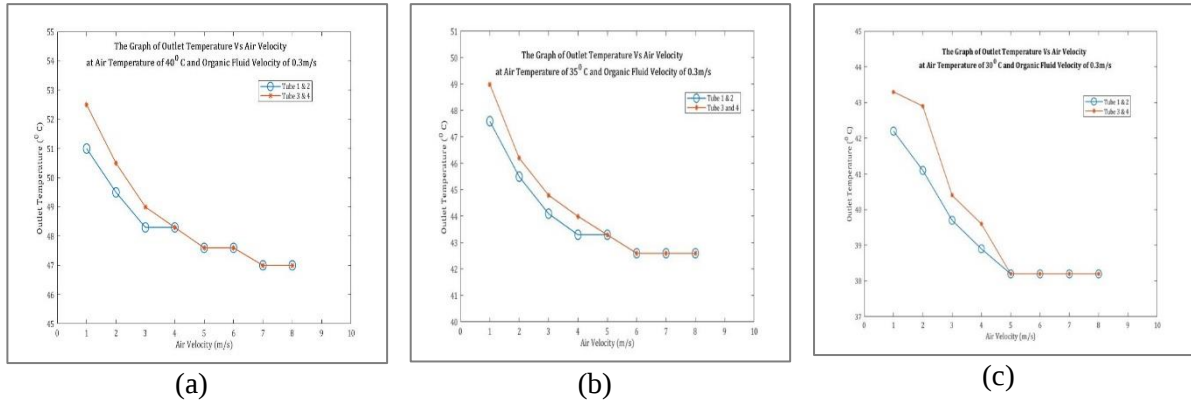


Figure 11: The relationship between the organic fluid outlet temperature and an organic fluid velocity of 0.3 m/s under different air temperatures: (a) 40 °C, (b) 35 °C, and (c) 30 °C."

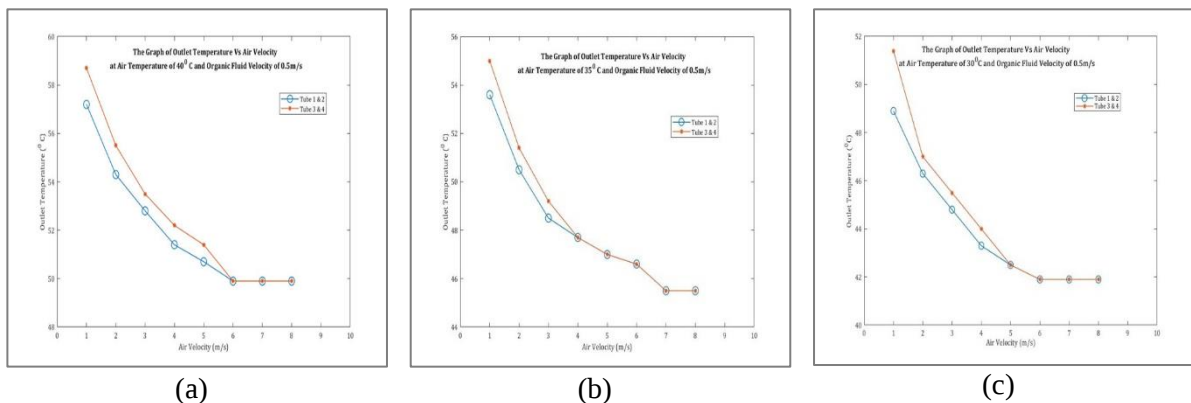


Figure 12: The relationship between the organic fluid outlet temperature and an organic fluid velocity of 0.5 m/s under different air temperatures: (a) 40 °C, (b) 35 °C, and (c) 30 °C

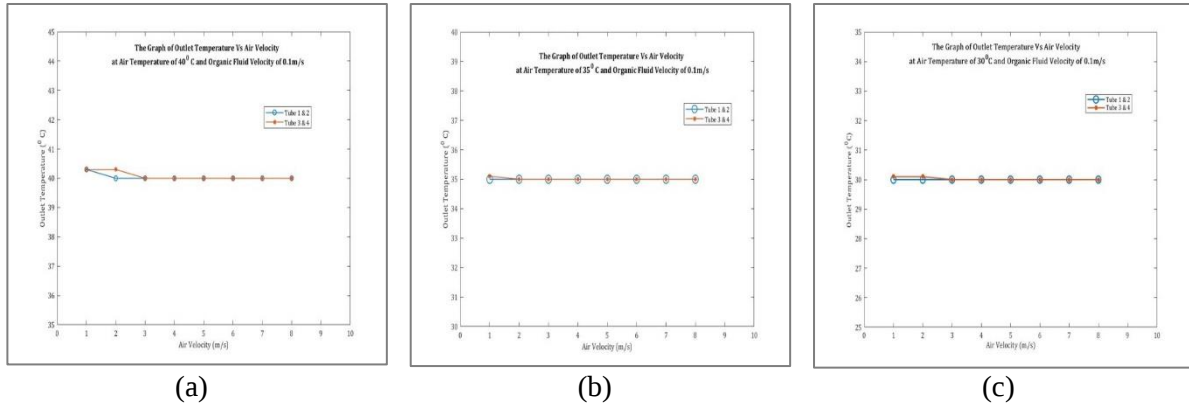


Figure 13: The relationship between the organic fluid outlet temperature and an organic fluid velocity of 0.1 m/s under different ambient temperatures: (a) 40 °C, (b) 35 °C, and (c) 30 °C

Figures 11, 12 and 13 provide an overview of the outcomes from the ANSYS simulation programme. The findings indicate that the organic fluid's outlet temperature decreased as air velocity increased but the organic fluid's velocity remained constant at 0.3 m/s. The temperature drop, however, decreases with increasing air velocity until it reaches a point where an increase in air velocity has no effect on it. Maintaining the organic fluid velocity at 0.5 m/s also produced this effect. Nonetheless, for all air velocity values, the temperature loss was less at 0.5 m/s organic fluid velocity than it was at 0.3 m/s. Furthermore, the temperature differential was caused by a very quick temperature drop when the organic fluid velocity was maintained at 0.3 m/s.

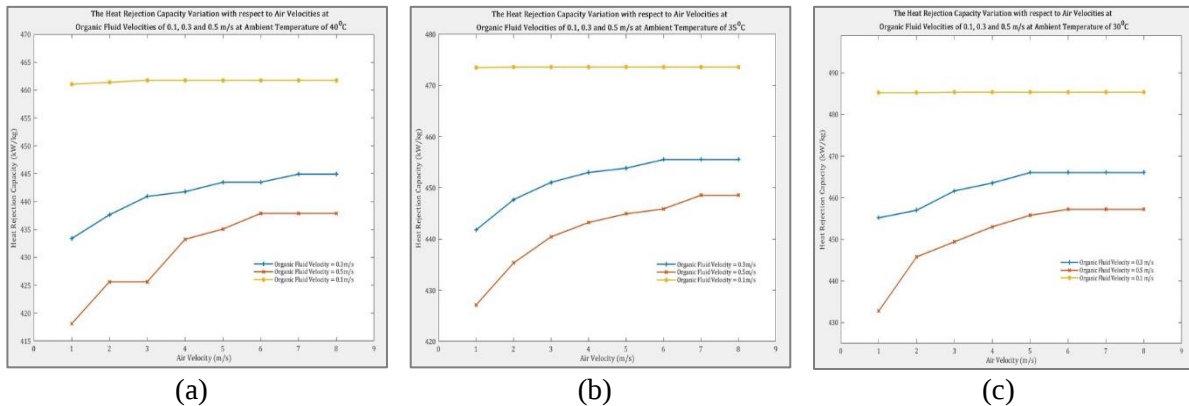


Figure 14: The relationship between the heat rejection capacity of the ACC and the organic fluid velocities of 0.1, 0.3, and 0.5 m/s is examined at air temperatures of (a) 40°C, (b) 35°C, and (c) 30°C

Figure 14 demonstrates that when air velocity is increased from 1 m/s to 8 m/s at ambient temperatures of 40, 35, and 30 °C and an organic fluid flow velocity of 0.3 m/s, the average percentage increase in heat rejection capacities was 2.67%, 2.39%, and 3.11%, respectively. For an organic fluid velocity of 0.5 m/s, the average percentage increase in heat rejection capacities was 4.73%, 5.02%, and 5.65%, respectively. This suggests that the ACC's ability to reject heat is enhanced by an increase in air velocity. An increase in heat rejection capacity leads to the enhancement of effective condensation of the organic fluid, eventually leading to an enhanced ORC cycle efficiency. However, the increment happens at a certain limit of air velocities; the heat rejection capacity will remain constant beyond that limit. It was also found that the alternative method of enhancing the ACC performance is to lower the flow velocity of the organic fluid. For instance, it was seen that when the organic fluid velocity was 0.1 m/s, the maximum temperature drop was reached at all air velocities starting from 1 m/s to 8 m/s. This implies that the maximum possible heat rejection capacity was acquired when the organic fluid velocity was too low. Despite acquiring maximum heat rejection capacity from the ACC, keeping low organic fluid velocities will result in lower output power, eventually leading to lower overall efficiency for the ORC.

4. CONCLUSION

Computational fluid dynamics was successfully used to analyse the performance of ACC in ORC. The goals acquired during this study involve acquiring organic fluid outlet temperatures from the ACC by varying the air velocities and air temperature. The study also managed to calculate the heat rejection capacities of the ACC using the acquired outlet temperature and with the help of ORC thermodynamics equations. The study also revealed that different studies had been conducted previously that focused on how to improve the efficiencies of both ORC and ACC in power production. However, the current study focused on analysing the performance of ACC in ORC during high ambient temperatures using air velocity as the main variable. In this analysis, the air velocity was continuously changed from low to high; simultaneously, the temperature drop of the organic fluid in the ACC was observed. The results of this study were that when the air velocity was increased, the temperature of the organic fluid also increased, causing an increase in heat rejection capacity. Therefore, it can be concluded that, during high-temperature conditions, the overall cycle efficiency of the ORC can be improved by ensuring high heat rejection capacities are delivered by ACC through the increase of air velocity. However, the results also revealed that this increase in heat rejection capacity occurs to a certain limit of air velocity; the temperature drops and as a result, the heat rejection capacity will remain constant beyond that limit. The study of the results also revealed that at a very low velocity of the organic fluid, the temperature drop and the heat rejection capacity were very high (to near maximum). This has further led to the conclusion that, in extreme ambient temperature conditions, where an increase in air velocity will not provide sufficient heat rejection capacity, lowering the velocity of organic fluid will improve the performance of ACC. However, there is a cost for that: the turbine's total net efficiency will decrease, resulting in a reduced output power.

REFERENCES

- Baweja, M., & Bartaria, V. N. (2013). A Review on Performance Analysis of Air-Cooled Condenser under Various Atmospheric Conditions. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(1), 411-414.
- Davies, W. A., & Hrbak, P. S. (2018). Effects of Airflow Direction, Air Velocity Profile, and Condensation Pressure on the Performance of Air-Cooled Condensers. 17th International Refrigeration and Air Conditioning Conference (s. 1-10). Indiana: Purdue University.
- Deng, H., Liu, J., & Liu, M. (2020). Numerical investigation on complete condensation and freezing of finned tube air-cooled condensers. *Applied Thermal Engineering*, 168(2020), 1-9.
- Global Data. (2023). Power Generation and Cumulative Capacity of Geothermal Power Plants in Turkey (2017 – 2021). January 12, 2024. <https://www.globaldata.com/data-insights/power-and-utilities/power-generation-and-cumulative-capacity-of-geothermal-power-plants-in-turkey-2017-2021/#:~:text=Turkey%20is%20one%20of%20the,at%20a%20CAGR%20of%2012.3%25>.
- He, W., Han, D., Yue, C., & Pu, W. (2014). A Combined Thermal System with an Air-cooled Organic Rankine Cycle (ORC). *Energy Procedia*, 61(2014), 137-141.
- Kekaula, K. (2020). Numerical and Experimental Analysis of Air-Cooled Condensers . PhD Thesis, University of Nevada, Las Vegas.
- Keshvarparast, A., Ajarostaghi, S. S., & Delavar, M. A. (2020). Thermodynamic analysis the performance of hybrid solar-geothermal power plant equipped with air-cooled condenser. *Applied Thermal Engineering*, 172(2020), 1-24.
- Kunke, T. S. (2017). EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF AIR-COOLED CONDENSERS. Masters Degree Thesis, Georgia Institute of Technology, Georgia.

- Lin, J., Mahvi, A. J., Kunke, T. S., & Garimella, S. (2020). Improving air-side heat transfer performance in air-cooled power plant condensers. *Applied Thermal Engineering*, 170(2020), 1-10.
- Wang, H.-X., Lei, B., & Wu, Y.-T. (2023). Simulations on organic Rankine cycle with quasi two-stage expander under cross-seasonal ambient conditions. *Applied Thermal Engineering*, 222(2023), 1-11.
- Wei, D., Lu, X., Lu, S., & Gu, J. (2007). Performance analysis and optimization of organic Rankine cycle (ORC) for waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 48(2007), 1113-1119.
- Yang, S.-C., Hung, T.-C., Feng, Y.-Q., Wu, C.-J., Wong, K.-W., & Huang, K.-C. (2016). *Applied Thermal Engineering*, 113(2017), 756-764.
- Zhao, J., Feng, Z., Bou, Z., Yao, Y., Zhu, A., Li, Y., . . . Jiang, Z. (2019). Numerical analysis of factors affecting condensation capacity of air-cooled condenser. *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (s. 1-5). IOP Publishing.
- Zhu, M., Wu, X., Shen, J., & Lee, K. (2021). Dynamic modeling, validation and analysis of direct air-cooling condenser with integration to the coal-fired power plant for flexible operation. *Energy Conversion and Management*, 245(2021), 1-17.

ELEKTRİK ARK KAYNAĞIYLA BİRLEŞTİRİLMİŞ DOĞALGAZ BORULARININ RADYOGRAFİK MUAYENESİ

TUĞÇE ÜN GÜRHAN

Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü
tugceunghan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9478-3127

Dr. Öğr. Üyesi OĞUZ ERDEM

Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü
oguz.erdem@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8094-3222

Özet

Doğalgaz, organik maddelerin yeryüzünün alt katmanlarında milyonlarca yıldır süregelen kimyasal ayrışması sonucunda oluşmuş, renksiz, kokusuz ve çeşitli hidrokarbonlardan oluşan yanıcı bir gaz karışımıdır. 2. Dünya savaşı sonrası ve özellikle 1973 Petrol Krizi'nin ardından, tüm Dünyada doğalgaz dağıtım şebekelerinin güçlendirilmesiyle doğalgaz kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Günümüz sanayi sektörlerinin giderek büyümesi, doğalgazın çevreci, güvenli ve ekonomik oluşu sebebiyle, doğalgaz dağıtım hatlarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Doğalgaz borularının birbirine birleştirilmesinde en çok elektrik ark kaynağı tercih edilmektedir. Bu çalışmada, saha koşullarında yapılan doğalgaz boru kaynaklarında kullanılan elektrotların temiz ve kuru olmadığı durumlarda, kaynağa ne gibi zararlar verebileceği ve ne tür hatalara sebep olabileceği araştırılmıştır. Ayrıca, selülozik ve bazik elektrotlarla boru kaynağı yaparken uygulanması gereken akım değerinin altında ve üstünde akım değerleri kullanıldığında, kaynak dikişinde ne gibi etkilerin oluşabileceği de araştırılmıştır. Selülozik elektrotlarla kaynak yaparken 40A, 70A ve 85A, bazik elektrotlarla kaynak yaparken ise 65A, 75A ve 85A akım değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan 12 farklı deney koşulluyla doğalgaz boruları kaynak edilmiş ve kaynak dikişlerinin X-ray röntgen cihazıyla 3 tekrarlı olacak şekilde çift cidar tek görüntü filmleri çekilmiştir. Toplamda 36 adet film üzerindeki kaynak dikişleri incelenerek yorumlanmıştır. İncelemeler sonucunda, 70A akım kullanılarak temiz selülozik elektrotla (S-70A-T) yapılan boru kaynağında herhangi kaynak hatasına rastlanılmazken, en çok kaynak hatası düşük amperde kirli bazik elektrot (B-65A-K) kullanılarak yapılan boru kaynağında görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektrik ark kaynağı, örtülü elektrotlar, tahribatsız muayene yöntemleri, radyografik muayene, doğalgaz boruları

RADIOGRAPHIC INSPECTION OF NATURAL GAS PIPES COMBINED WITH ELECTRIC ARC WELDING

Abstract

Natural gas is a colorless, odorless and flammable gas mixture consisting of various hydrocarbons, formed as a result of the chemical decomposition of organic substances in the lower layers of the earth that has been going on for millions of years. After World War II and especially after the 1973 Oil Crisis, the use of natural gas became more widespread with the strengthening of natural gas distribution networks all over the world. Due to the gradual growth of today's industrial sectors and the fact that natural gas is environmentally friendly, safe and economical, the need for natural gas distribution lines is increasing day by day. Electric arc welding is most preferred when combining natural gas pipes together. In this study, it was investigated what kind of damage and errors may cause when the electrodes are not clean and dry in natural gas pipe welding under field conditions. Moreover, when pipes welding with cellulosic and basic electrodes, it was also investigated what kind of effects may occur on the weld seam when current values below and above the required current value. When welding with cellulosic electrodes, 40A, 70A and 85A current values were used, and when welding with basic electrodes, 65A, 75A and 85A current values were used. Natural gas pipes were welded by 12 different experimental conditions, and double-wall single-image films of the weld seams were taken with the X-ray device in 3 repetitions. Weld seams on a total of 36 films were examined and interpreted. As a result of the

inspections, no welding errors were observed in pipe welding with the clean cellulosic electrode (S-70A-T) using 70A current, while the most welding errors were seen in pipe welding with the dirty basic electrode (B-65A-K) at low amperage.

Keywords: Electric arc welding, coated electrodes, non-destructive testing methods, radiographic inspection, natural gas pipes

1. GİRİŞ

Kaynak; farklı malzemeleri ısı veya basınç uygulayarak ilave bir metal kullanarak veya kullanmadan yapılan sökülemez birleştirme veya dolgu işlemlerine denir (Geliş, 2014). Kaynak işlemi genellikle endüstriyel alanlardaki metal parçaların birleştirmelerinde kullanılmaktadır. Metal malzemeleri bir araya getirilerek bir bütün oluşturmasını sağlayan kaynak işleminin mutlaka uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir (Anık, 1975). Metalleri birleştirmek için kullanılan en yaygın kaynak işlemi elektrik ark kaynağıdır. Elektrik arkından elde edilen ısıнын uygulanmasıyla, iki metal parça arasındaki temas yüzeyi eritilir ve araya erimiş bir dolgu metali eklenir. Kaynak bölgesi için gereken sıcaklık 5000°C'nin çok üzerindedir. Yüksek sıcaklık değerleri kaynak edilecek parçalarla kaynak dikişi boyunca hareket ettirilen elektrot arasında oluşan elektrik arkı vasıtasıyla elde edilir. Kaynak eriyik havuzunun soğuması ve katılaşması sonrası metalurjik bir bağ oluşur ve bu bağ ile kaynaklanan metaller aynı mukavemettedir (Pehlivan, 2020).

Endüstriyel sektörlerde borular çok farklı amaçlar için kullanılsa da en temel kullanım alanı sıvı ve gazların taşınmasıdır. Boruların birleştirilmesinde genellikle oksî-asetilen kaynağı tercih edilmektedir. Fakat büyük çaplı ve kalın boruları oksî-asetilen kaynağıyla birleştirilmesinde yeterli dayanım sağlanamayabilir. Bu sebepten et kalınlığı 2 mm'nin üzerinde olan boruların birleştirilmesinde elektrik ark kaynağı kullanılmaktadır. Kaynakla birleştirilen boruların kaynak dikişi temizlendikten sonra gözle muayene işlemleri yapılır. Bu muayenede; kaynak bölgesinin şekli, köşe bağlantı kısımları, kaynak bölgesinde cüruf veya gözenek olup olmadığı, dikiş başlangıç ile bitiş yerleri ve her pasonun başlangıç yerindeki uyumu sağlayıp sağlamadığı mutlaka kontrol edilmelidir (Adsan, 1991; Özkara, 1998). Doğalgaz borularının kaynakla birleştirilmesinde ise durum daha da kritiktir. Birçok fiziki olgunun birlikte ele alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Doğalgaz borularının kaynağı ilk olarak boruların üretimiyle başlar ve bu süreç boruların uç uca birleştirilmesiyle devam eder. Kaynak dikişlerin tahribatsız muayeneleriyle de son bulur (Adin, 2021).

Literatürde farklı yöntemlerle kaynak edilmiş doğalgaz boruların tahribatsız muayeneleriyle ilgili yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Tahribatsız muayene yöntemlerinden gama radyografi, malzeme içindeki hataların tespit edilmesinde oldukça hassas olması nedeniyle oldukça yaygın kullanılır. Gama radyografi tekniğinde, iyonlaşmış radyasyonun nüfus etme özelliği kullanılarak malzemeye zarar vermeden kaynak hataları tespit edilip olası kazalar önlenmiş olur. Yaşar, çalışmada çelik doğalgaz borularının gaz altı kaynağıyla yapılan birleştirmelerini gama radyografi metoduyla incelemiştir. Kaynak dikişlerinin radyografik muayenesini, EN 1435'e göre yapmış ve TS EN 5817 standardına göre değerlendirmiştir. İncelemeler sonunda, en sık karşılaşılan hataların, gaz boşluğundan kaynaklanan gözenek hataları ile cüruf kalıntılarından oluşan hatalar olduğunu tespit etmiştir (Yaşar, 2010).

Yine Salma, çalışmada beş farklı tahribatsız muayene yöntemini kullanarak avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmıştır. Ayrıca, doğalgaz şebekelerinde kullanılan malzemeleri ve kaynak yöntemlerini de incelemiştir. Kaynak dikişlerini eksen boyunca gama radyografi tekniğiyle taramış ve kaynak hatalarını belirlemiştir. Yaptığı incelemeler sonunda, gözenek hataları ve cüruf kalıntılarının oldukça fazla olduğunu gözlemlemiştir (Salma, 2011). Benzer şekilde Kaba çalışmada, doğalgaz borularının kaynak dikişlerine radyografik muayene uygulamıştır. Çalışmada X ışını ve gama ışını cihazları kullanarak boruların çok sayıda filmlerini çekmiştir. Filmlerdeki değişik kaynak hatalarını tespit ederek bu hataların API 1104 standardına göre uygunluğunu değerlendirmiştir. Hataların genellikle gaz boşluğundan kaynaklanan gözenek hataları olduğunu belirtmiştir (Kaba, 2009).

Akat, çalışmada 1900'lü yıllardan beri kullanılmaya devam eden klasik radyografi (Gama ve X-ray) yöntemlerine alternatif olarak kullanılabilecek Dijital Radyografi metodunun ön araştırmalarını

yapmıştır. Saha şartlarında uygulanabilirliği, elde edilen görüntü kalitesi, maliyet ve işlem hızı açısından karşılaştırmalarını yapmıştır. Gerçek zamanlı film değerlendirmelerinin, eski radyografi yöntemlerine göre hız kazandırıyor olmasının proje takvimi üzerindeki etkilerinin olumlu olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak dijital radyografi yönteminin görüntü kabiliyetinin yüksek olması ve bilgisayar ortamında filtreleme yaparak görünürlüğü artırmasıyla birlikte kaynak hatalarını yakalamadaki kabiliyetinin çok yüksek olması, anında erişim sağlamaya imkan vermesi, diğer yöntemlerdeki sarf malzemelerini ve proje sonrası depolama maliyetlerini ortadan kaldırması, daha küçük bir ekiple operasyonun gerçekleştirilebilmesi, hızlı ve güvenilir bir yöntem olması ve belirtilmiş olan maliyeti düşürücü sebeplerle birlikte saha uygulamalarında tercih edilmesini önermiştir (Akat, 2023).

Uslu yaptığı çalışmada, sanayideki kaynak operasyonlarında malzeme sarfiyatı, zaman, performans ve kalite gibi konularda yararlı olması bakımından bir optimizasyon programı geliştirmeyi amaçlamıştır. Optimizasyon çalışmasında; elektrik ark, MIG (metal inert gaz), MAG (metal aktif gaz) ve TIG (tungsten asal gaz) kaynak yöntemlerine ait kaynak işleme parametrelerini değiştirmenin yanı sıra literatürde ve uygulamada belirlenen ideal elektrik ark kaynak parametrelerini belirleyerek bir veri tabanı oluşturmuştur. Hazırlanmış olduğu bu veri tabanı ile birlikte çalışan programda; kaynak yapılacak malzemeler, ortam, sıcaklık gibi parametreler girilerek optimum düzeydeki işlemin hangi şartlarda gerçekleştiğini belirlemiştir. Ayrıca, kaynak dikişinde oluşabilecek çatlama ve kopma gibi hatalardan dolayı gerçekleşebilecek kazaları da azaltmıştır (Uslu, 2010). Yine, Angigün çalışmasında, kaynaklı birleştirmelerin metalürjisi, mekanik özellikleri ve ısı işlemleri hakkında genel bilgiler vermiştir. Daha sonra düşük alaşımlı bir doğalgaz borusuna yapılan kaynaklı birleştirmeye uygulanan ısı işlemleri detaylı olarak ele almıştır (Angigün, 1996).

Harman yaptığı çalışmada, QSTE 420 TM çeliğinin kaynaklı birleştirmeden sonra da devam ettirilebilir olması için farklı kaynak yöntemlerinde kaynaklanabilirliğini araştırmıştır. Deneyisel çalışmasında kaynaklanabilirlik parametrelerini; malzeme türü ve kalınlığı, kaynak yöntemi, ilave kaynak telinin kimyasal kompozisyonu ve ısı girdisi (kaynak hızı, paso sayısı, paso türü ve elektrot çapı, akım, gerilim) olarak belirlemiştir. Bu parametrelerin optimum biçimde belirlenmesiyle kaynak yöntem prosedürlerini (pWPS) oluşturmuştur. Bu prosedürlerde QSTE 420 TM sacları 3 grup altında sırasıyla metal aktif gaz (MAG özlü tel ve masif tel), TIG, elektrik ark kaynağı (E) yönteminde alın kaynağı işlemleri yapmıştır. QSTE 420 TM saclarının kaynaklanmasının en iyi sac kalınlıklarını; TIG’de 2,5 mm, MAG’da 4 mm ve E’de 8 mm olarak tespit etmiştir (Harman, 2019).

Akoğlanoğlu çalışmasında, elektro-eritme kaynağı ile -30 °C ile 30 °C arasındaki on bir farklı sıcaklıkta aynı seride üretilmiş olan manşon ve boruları birleştirerek numuneler üretmiştir. Elde ettiği numunelere TS ISO 13954, TS ISO 13955, TS ISO 13956 ve TS EN 1555-3 standartlarında tanımlanmış test ve ölçümler uygulamıştır. Testler sonucunda -18 °C ile 18 °C arası ortam sıcaklıklarında yapılan elektro-eritme kaynaklarının en iyi mukavemet sonuçlarının elde edildiği çevre sıcaklıkları olarak tespit etmiştir. Bu sıcaklıkların dışındaki ortam sıcaklıklarının elektro-eritme kaynağı ile birleştirme işlemi için uygun olmadığını belirlemiştir. Ayrıca, doğalgaz transfer hatlarındaki toprak katmanlarındaki sismik hareketlerin neden olduğu esneme, bükülme ve burulma gibi istenmeyen durumların oluşturduğu tahribatların hat güvenilirlikleri üzerinde büyük etkilere sahip olduğu sonucuna varmıştır (Akoğlanoğlu, 2014). Benzer şekilde, Özaltun yaptığı çalışmada, genel olarak doğalgaz boru hatlarında hasar oluşum sebeplerini ve hasarların kaynak yöntemlerini kullanarak tadilat esaslarını araştırmıştır. Hem korozyonlu bölgelere kaynak metal yığılması, hot-top tekniği ve astarlama tekniği gibi servis sırasında tamirat yöntemleri hem de bağlantı tekniği gibi servis dışı kalmış boru hatlarında tamirat yöntemlerini incelemiştir. Sonuç olarak, diğer kaynak yöntemlerine nazaran örtülü elektrotlu ark kaynağı ve gaz altı ark kaynak yöntemleri hem servisteki hem de servis dışı kalmış olan boru hatlarının tamiratında daha başarılı şekilde uygulanabildiğini belirtmiştir (Özaltun, 1999).

Bu çalışmada, selülozik ve bazik elektrot olmak üzere iki farklı cinsten örtülü elektrot kullanarak saha koşullarında yapılan doğalgaz boru kaynaklarında kullanılan elektrotların temiz ve kuru olmadığı durumlarda kaynağa ne gibi zararlar verebileceği ve ne tür hatalara sebep olabileceği araştırılmıştır. Ayrıca, selülozik ve bazik elektrotlarla boru kaynağı yaparken uygulanması gereken akım değerinin altında ve üstünde akım değerleri kullanıldığında, kaynak dikişinde ne gibi etkilerin oluşabileceği de

araştırılmıştır. Bunun için selülozik elektrotlarla kaynak yaparken 40A, 70A ve 85A, bazik elektrotlarla kaynak yaparken 65A, 75A ve 85A akım değerleri kullanılmıştır. Oluşturulan 12 farklı deney koşulluyla doğalgaz boruları kaynak edilmiş ve kaynak dikişlerinin X-ray röntgen cihazıyla 3 tekrarlı olacak şekilde çift cidar tek görüntü filmleri çekilmiştir. Toplamda 36 adet film üzerindeki kaynak dikişleri incelenerek yorumlanmıştır.

2. BORU KAYNAK HATALARI VE TAHRİBATSIZ MUAYENESİ

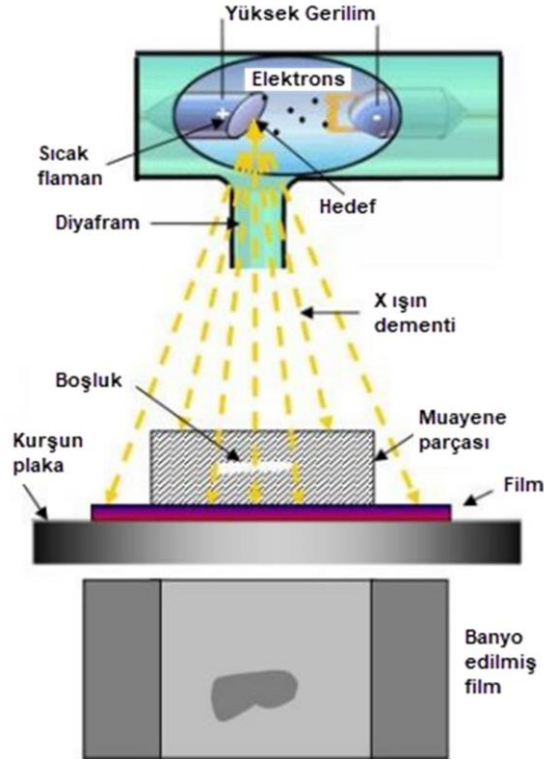
2.1. Doğalgaz Borularındaki Kaynak Hataları

Elektrik ark kaynağıyla doğalgaz borularının birleştirilmesinde; borunun çapı, taşıdığı gazın veya sıvının basıncı, boru malzemesinin kimyasal bileşimi ve borunun çalışma koşulları dikkat edilmesi gereken hususlardır (Adsan, 1991; Özkara, 1998). Doğalgaz borularının elektrik ark kaynağında kaynak ağızı mekanik işlemle açılmalıdır. Kaynakçı, kaynağın durumunu göz önünde bulundurularak ark boyu, hız ve elektrot yönlendirmesiyle nüfuziyeti ayarlamalıdır. Ark kararlılığı, nüfuziyet derinliği, dolgu oranı ve pozisyonda kullanılabilme yeteneği elektrot örtüsünün kimyasal bileşiminden büyük ölçüde etkilenir. Elektrik ark kaynağında radyografik kalitede kaynak istenildiğinde taktirde bazik karakterli ve selülozik karakterli elektrot olmak üzere iki farklı seçenek bulunmaktadır. Örtülü elektrotlardan selülozik elektrotların temel özelliği daha hızlı ve daha iyi erdiklerinden nüfuziyeti daha iyi sağlarlar. Cüruf tabakası ince olduğu durumlarda yukarıdan aşağıya düşen pozisyonda kaynak yapma olanağını sağlar. Bazik elektrotlar ise yüksek akım gerektiren kalın parçalar ve yüksek mukavemet istenen köprü, büyük çelik konstrüksiyonlar ve boru hatlarının kaynaklanmasında daha uygundur (Doğan, 2021). Uygun şartlar sağlanmadığı taktirde boru kaynaklarında hatalar meydana gelmektedir. Bunlar; pasolar arasında boşluk oluşması, dikiş kalınlığının yetersiz olması, dikiş genişliğinin yetersiz olması, nüfuziyetin sağlanmaması, boruların eksenlerinin kaçık olarak kaynatılması, dikişin parçalar üzerine eşit miktarda olmaması ve kaynak yerinde delik ve cüruf kalıntılarının oluşmasıdır (Adsan, 1991; Özkara, 1998).

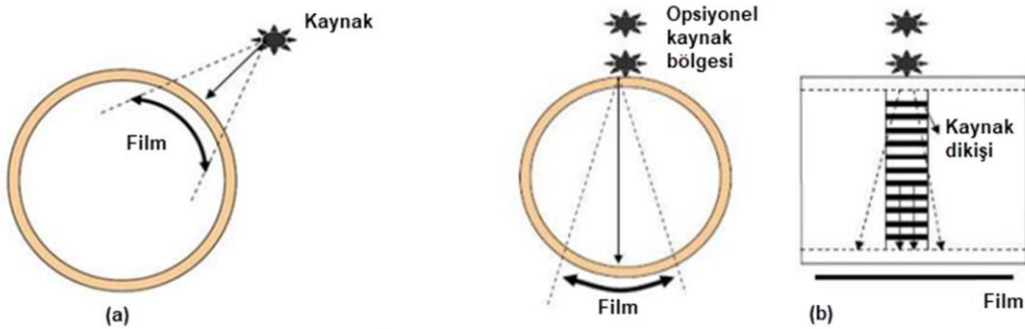
2.2. Doğalgaz Borularındaki Kaynak Dikişlerinin Radyografik Muayenesi

Yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar çoğu malzemeye nüfuz edebilirler. Belli bir malzemeye nüfuz eden ışınlam malzemenin diğer tarafına konan ışınlama karşı duyarlı filmleri etkiler. Bu filmler daha sonra banyo işlemine tabi tutulduğunda ışınlamın içinden geçen malzemenin iç yapısının görüntüsü ortaya çıkar. Bu görüntü, malzeme içindeki boşluklar veya kalınlık / yoğunluk değişiklikleri nedeniyle oluşur. Malzemenin iç yapısının bu şekilde görüntülenmesine radyografi denir. Bu yöntemle yapılan değerlendirmeye de radyografik muayene denir. Eğer malzemenin arka tarafına film yerine bir detektör konup malzemedan geçen ışınlam toplanarak bir monitöre aktarılırsa bu teknik de radyoskopi olarak adlandırılır (Gönül, 2020). Şekil 1'de X ışını ile yapılan radyografi şematik olarak görülmektedir (Komut, 2018).

Radyografik muayene için çeşitli ışınlam kaynakları kullanılmaktadır. Bu kaynaklar X-ışını tüpleri veya gama (γ) ışını üreten izotoplardır. Endüstriyel radyografide kullanılan X-ışını enerji aralığı genellikle 50 kV – 350 kV arasındadır. Işınlama enerjisi ışınlanacak malzemenin cinsine ve kalınlığına bağlı olarak değişir. En çok bilinen ve kullanılan gama kaynakları ise Ir 192 ve Co 60'tır. Bunlardan başka Se 75, Yb 169 ve Tm 170 gibi izotoplar da endüstriyel radyografi alanında kullanılmaktadır (Gönül, 2020). Boru dış çapı 89 mm üzerinde olan borularda tek cidar tekniği ile radyografik film çekilmektedir (Şekil 2). Tek cidar tekniğinin uygulanmadığı veya pratik olmadığı durumlarda Çift cidar tekniği kullanılır. Çift cidar görüntü için kaynak tarafında penetremetre kullanılır (Komut, 2018).



Şekil 1: X ışını röntgeni (Komut, 2018)



Şekil 2: Boruların radyografik film çekim teknikleri: a) tek cidar (Kaba, 2009) ve b) çift cidar (Yaşar, 2010)

3. DENEYSEL METOT

Deneysel çalışmalarda, Miller XMT 450CC/CV marka elektrik ark kaynak makinesi kullanılmıştır. İş parçası olarak 6 inçlik çapa (168,3 mm dış çap, 150 mm iç çap ve 2,7 mm PE izole kılıf kaplı) ve 4,37 mm et kalınlığına sahip API 5L Gr.B PSL1 ticari sınıfında sıcak haddelenmiş karbon dikişsiz çelik siyah doğalgaz borusu kullanılmıştır. Doğalgaz borularının elektrik ark kaynağında, genellikle saha uygulamalarında boruların birbirine kaynaklanmasında selülozik elektrotlar kullanılırken, bağlantı elemanlarının (fittings) kaynağında ise genellikle bazik elektrotlar kullanılmaktadır. Bu sebeple, örtülü elektrot olarak 2,5 mm ve 3,25 mm çaplara sahip Lincoln marka selülozik ve bazik elektrotlar kullanılmıştır. İki farklı tip elektrotla temiz ve kirli koşullarda olmak üzere farklı 3 farklı elektriksel kaynak parametrelerinde toplam 12 farklı deney koşulu oluşturulmuş ve deney kodlaması yapılmıştır. Deney kodlamasında S: selülozik elektrot, B: bazik elektrot, T: temiz ve kuru elektrot, K: kirli ve nemli elektrotu simgelemektedir (Tablo 1). Tablo 1’de yer alan kaynak akım değerleri, pratikte bu sınıf doğalgaz borularının elektrik ark kaynağıyla birleştirilmesinde kullanılan optimum değere göre belirlenmiştir. Yani, selülozik elektrot için olması gereken normal akım değeri 70 A iken, 40 A düşük akım değeri ve 85 A ise yüksek akım değerini kurgulamaktadır. Benzer şekilde, bazik elektrot için olması gereken normal akım değeri 75 A iken, 65 A düşük akım değeri ve 85 A ise yüksek akım değerini

temsil etmektedir. Buradaki temel amaç; kullanılan elektrot tipine göre olması gereken akım değerinin üstünde veya altında akım değerleri kullanıldığında kaynak dikişinin ne gibi etkilere maruz kalacağını tespitidir.

Tablo 1: Selülozik ve bazik elektrotlarla farklı ortamlar ve farklı parametrelerle oluşturulan deney koşulları

Kaynak akımı ve tipi	Kaynağın yapıldığı ortamdaki elektrot durumu	Deney kodu
40 A – Düşük	Selülozik elektrot temiz ve kuru ortam	S-40A-T
70 A – Normal	Selülozik elektrot temiz ve kuru ortam	S-70A-T
85 A – Yüksek	Selülozik elektrot temiz ve kuru ortam	S-85A-T
40 A – Düşük	Selülozik elektrot kirli ve nemli ortam	S-40A-K
70 A – Normal	Selülozik elektrot kirli ve nemli ortam	S-70A-K
85 A – Yüksek	Selülozik elektrot kirli ve nemli ortam	S-85A-K
65 A – Düşük	Bazik elektrot temiz ve kuru ortam	B-65A-T
75 A – Normal	Bazik elektrot temiz ve kuru ortam	B-75A-T
85 A – Yüksek	Bazik elektrot temiz ve kuru ortam	B-85A-T
65 A – Düşük	Bazik elektrot kirli ve nemli ortam	B-65A-K
75 A – Normal	Bazik elektrot kirli ve nemli ortam	B-75A-K
85 A – Yüksek	Bazik elektrot kirli ve nemli ortam	B-85A-K

Normal koşullarda gerçekleştirilecek bir kaynak işleminde örtülü elektrotun temiz ve kuru olması gerekmektedir. Fakat, bazı durumlarda örtülü elektrotlar yeraltında kirlenme (yağlanma vb.) veya yerüstünde ıslanma (yağmur vb.) çevresel koşullardan ötürü kirlenmekte ve nemlenmektedir. Bu gibi sebeplerden doğalgaz borularının kaynak işlemlerinde ciddi derece hayati tehlike oluşturabilecek kaynak hataları gerçekleşebilmektedir. Saha ortamında doğalgaz borusu kaynağı yapılırken gerçek ortam koşullarını canlandırmak adına bu çalışmada elektrotlar temiz-kuru ve kirli-nemli olacak şekilde şartlandırılmıştır. Bunun için elektrotlar 1 saat süreyle su içerisinde bekletilerek nemlendirilip daha sonra gres yağı sürülerek kirlenmiştir (Şekil 3.a). Olması gereken temiz ve kuru ortam için ise elektrotlar kurutma fırınında 150 °C’de kurutulduktan sonra kullanılmıştır (Şekil 3.b).



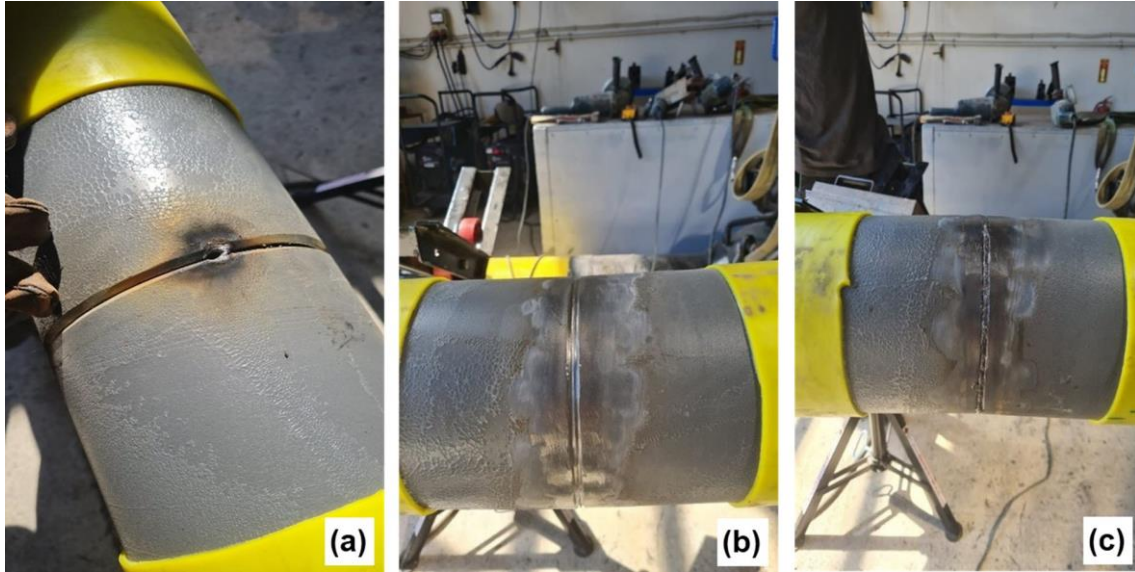
Şekil 3: Elektrot şartlandırması: a) elektrot nemlendirme-kirletme ve b) TİT marka elektrot ısıtma fırınında kurutma

Tablo 1’de belirtilen deney kodlarına sahip kaynak işlemlerine başlamadan önce 6 m uzunluğa sahip doğalgaz borusunun PE izole kılıfı ısıtılarak soyulmuştur (Şekil 4.a). Soyma işleminin ardından birbirine alın kaynağı yapılacak 200 mm uzunluğa sahip boru parçaları kesilerek deney numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 4.b). Kesilen 200 mm’lik numune boruların bir kenarına 45° aç ve 2 mm ağız kalınlığına sahip V kaynak ağı açılmıştır.



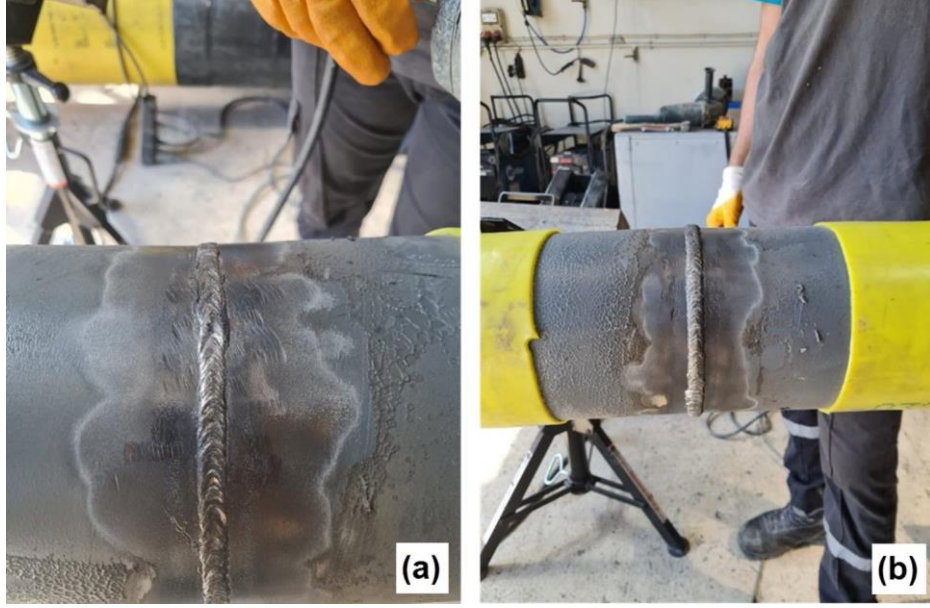
Şekil 4: İş parçası hazırlıkları: a) PE izole kılıf soyulması ve b) 200 mm uzunluklarda kesme işlemi

İlk aşamada kaynak ağzı açılmış borular uç uca getirildikten sonra üç noktadan puntalanarak birleştirilmiştir (Şekil 5.a). Ardından kaynak makinesinde pense eksi kutba getirilerek kök paso kaynağı yapılmış ve çapaklar fırçalama işlemiyle temizlenmiştir (Şekil 5.b). İkinci aşamada kaynak makinesinde pense artı kutba alınarak sıcak paso kaynak yapılmış ve tekrardan çapaklar fırçayla temizlenmiştir (Şekil 5.c). Kök paso ve sıcak paso aşamalarında 2,5 mm çapa sahip elektrotlar kullanılmıştır.



Şekil 5: Kaynak işlemi aşamaları: a) Puntalama, b) temizlik sonrası kök paso ve c) temizlik sonra sıcak paso

Üçüncü aşamada pense kutbu artıda bırakılarak dolgu paso yapılmış ve çapaklar fırçayla temizlenmiştir (Şekil 6.a). Dördüncü aşamada kapak paso yapılmış ve daha sonra fırçalama yapılarak kaynak işlemi bitirilmiştir (Şekil 6.b). Dolgu ve kapak paso aşamalarında ise 3,25 mm çapa sahip elektrotlar kullanılmıştır.



Şekil 6: Kaynak tamamlama süreçleri: a) dolgu paso ve b) kapak paso

Belirtilen aşamalarla selülozik ve bazik elektrotlar kullanılarak 12 farklı deney koşuluyla doğalgaz borularının kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sağlıklı bir kaynak işlemi için bazik elektrot kullanılarak yapılan kaynaklarda aşağıdan yukarıya, selülozik elektrot kullanılarak yapılan kaynaklarda ise yukarıdan aşağıya kaynak metodu uygulanmıştır.

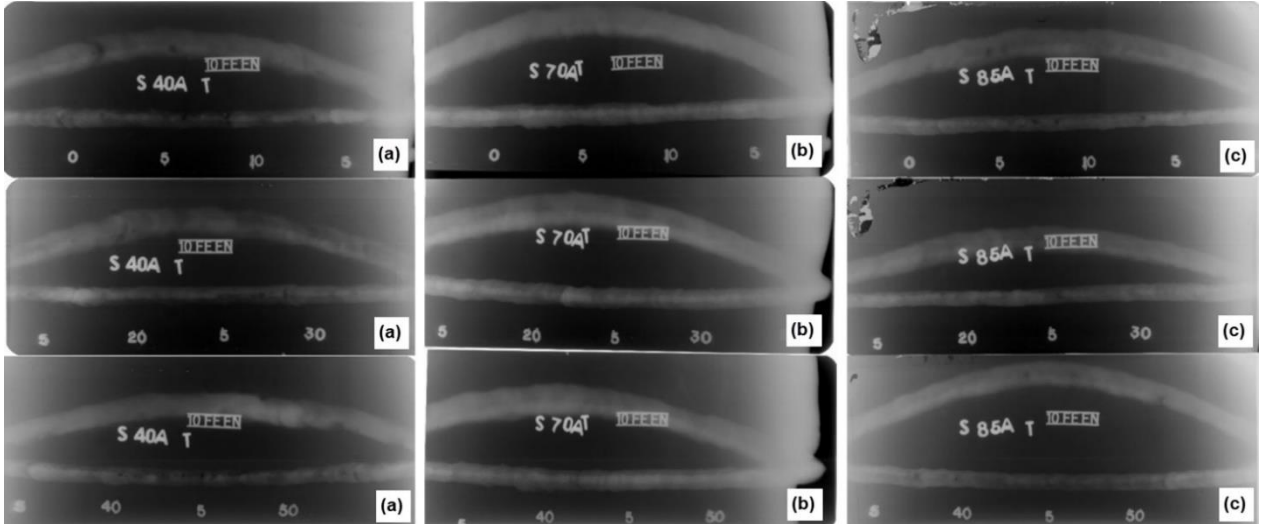
Yapılan kaynak işlemlerinin ardından 12 adet farklı kaynak dikişinin ICM SA-Belgium marka X-ray röntgen cihazıyla 3 tekrarlı olacak şekilde çift cidar tek görüntü filmleri çekilmiştir. Film çekimi esnasında 5 mA tüp akımı ve 40 kV tüp gerilimi kullanılarak 10x24 cm boyutlara sahip Kodak Mx 125 film üzerlerine çekimler gerçekleştirilmiştir. Çekilen filmler UGETAM San. Tic. A.Ş firmasında yüksek kalitede taranıp birleştirilmiştir. Toplamda 36 adet film üzerindeki kaynak dikişleri tek tek incelenerek kaynak kusurları bakımından yorumlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Selülozik ve bazik elektrotlar kullanılarak 12 farklı deney koşuluyla doğalgaz borularının kaynak işlemlerinin ardından X-ray röntgen cihazıyla çekilen filmleri (Şekil 7-Şekil 10) incelenerek yorumlanmış ve kaynak hataları tespit edilmiştir.

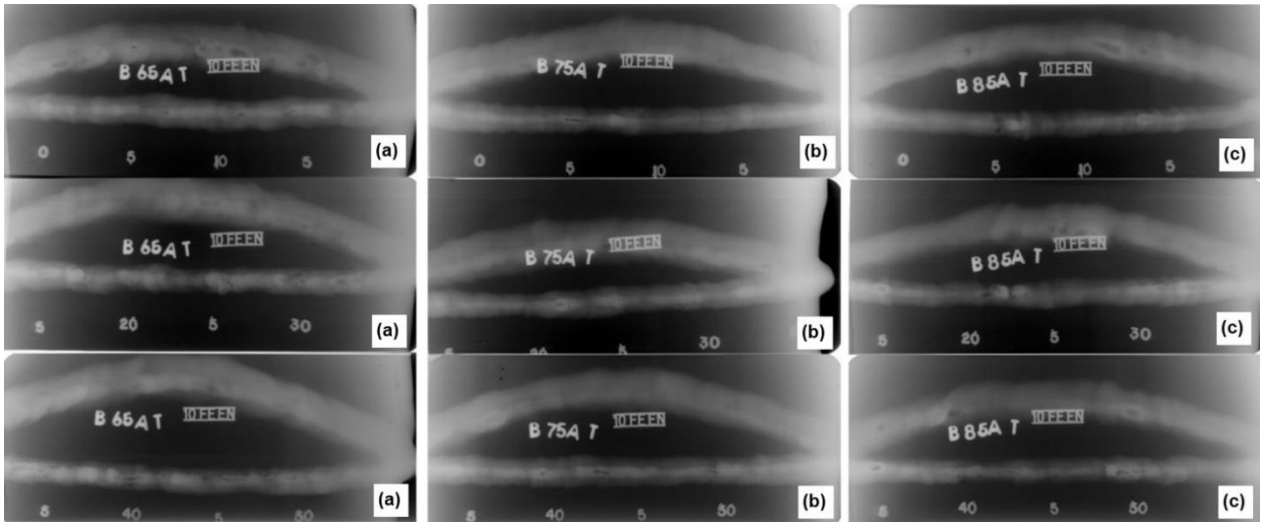
4.1. Temiz ve Kuru Elektrotlarla Yapılmış Kaynakların Filmlerinin İnceleme Sonuçları

Şekil 7.a'daki filmler yukarıdan aşağıya incelendiğinde temiz selülozik elektrot için düşük akım değerinde (40A) yapılan kaynaklarda 5, 6 ve 25-28 arası noktalarda kökte nüfusiyezsizlik görülmektedir. 15-17 arası noktalarda fazla metal yığılması hatası ile karşılaşmıştır. 43-47 arası noktalarda ise yanma çentiği hatası mevcuttur. 54 noktasında kapak düşüklüğü hatası görülmektedir. Şekil 7.b'deki filmler yine yukarıdan aşağıya incelendiğinde, temiz selülozik elektrot için olması gereken normal akım değerinde (70A) kaynak yapıldığı için kaynak filminde herhangi bir kaynak hatası görülmemiştir. Şekil 7.c'deki filmlere bakıldığında, temiz selülozik elektrot için yüksek akım değerinde (85A) yapılan kaynaklarda 6 noktasında kökte çentik hatası, 8 ve 13 noktalarında gözenek hatası, 30 ve 37 noktalarında çentik hatası, 40 ve 43 noktalarında ise konkavite hatası görülmektedir.



Şekil 7: Temiz ve kuru selülozik elektrotla yapılan kaynak dikişleri: a) S-40A-T, b) S-70A-T ve c) S-85A-T

Yine, Şekil 8.a'daki filmler yukarıdan aşağıya incelendiğinde temiz bazik elektrot için düşük akım değerinde (65A) yapılan kaynaklarda 7 ve 11 noktasında gözenek hatası görülmektedir. 14, 40, 46 ve 47 noktalarda cüruf hatası ile karşılaşmıştır. 20-24 arası noktalarda ise toplu gözenek hatası mevcuttur. 25 noktasında cüruf ve gözenek hatası tespit edilmiştir. 30 noktasında yanma çentiği hatası görülmektedir. 32 noktasında büyük gözenek (glop gözenek) hatası görülmüştür. 49 noktasında ise kurt yeniği/solucan yeniği (worm hole) hatası tespit edilmiştir. Şekil 8.b'deki filmler yine yukarıdan aşağıya incelendiğinde, temiz bazik elektrot için olması gereken normal akım değerinde (75A) yapılan kaynaklarda 5,7,20,30,31,42 ve 49 noktalarında cüruf hatası görülmüştür. 13-20 ve 41-46 arası noktalarda kökte yanma çentiği hatası tespit edilmiştir. Şekil 8.c'deki filmlere bakıldığında, temiz bazik elektrot için yüksek akım değerinde (85A) yapılan kaynaklarda 5 noktasında çentik hatası, 13 ve 14 noktalarında cüruf hatası, 21-23 arası ve 42 noktalarında kurt yeniği hatası, 49 ve 50 noktalarında ise gözeneklerle çevrili cüruf hatası görülmektedir.



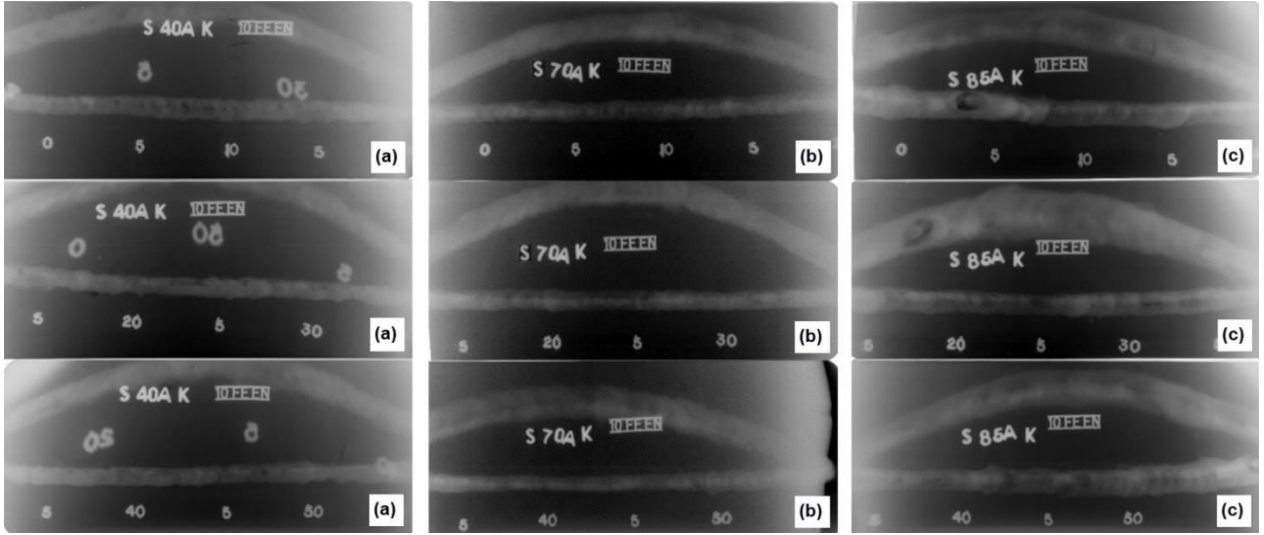
Şekil 8: Temiz ve kuru bazik elektrotla yapılan kaynak dikişleri: a) B-65A-T, b) B-75A-T ve c) B-85A-T

4.2. Kirli ve Nemli Elektrotlarla Yapılmış Kaynakların Filmlerinin İnceleme Sonuçları

Şekil 9.a'daki filmler yukarıdan aşağıya incelendiğinde kirli selülozik elektrot için düşük akım değerinde (40A) yapılan kaynaklarda 4-11 arası ve 47 noktalarında kökte nüfuziyetsizlik görülmektedir. 5-10 arası noktalarda kapakta düşüklük hatası mevcuttur. 17 noktasında ark hatası görülmektedir. 22-24 arası noktalarda yanma oluğu hatası görülmektedir. 40, 42, ve 44 noktalarında yanma çentiği hatası tespit edilmiştir. Şekil 9.b'deki filmler yine yukarıdan aşağıya incelendiğinde, kirli selülozik elektrot için olması gereken normal akım değerinde (70A) kaynaklarda 2, 5 ve 11 noktalarında malzemede ark

hatası mevcuttur. Bu ark kökte değil malzemededir. Bu durumun kaynak yaparken kaynakçının maskeyi indirdikten sonra kaynak ağzı içinde elektrotu körlemeye başladığı anda kaynakta sıçrama arkının oluşmasıyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu yüksek basınca maruz kalan hatlarda (100 bar gibi-BOTAŞ hatları) kabul edilemez bir hatadır.

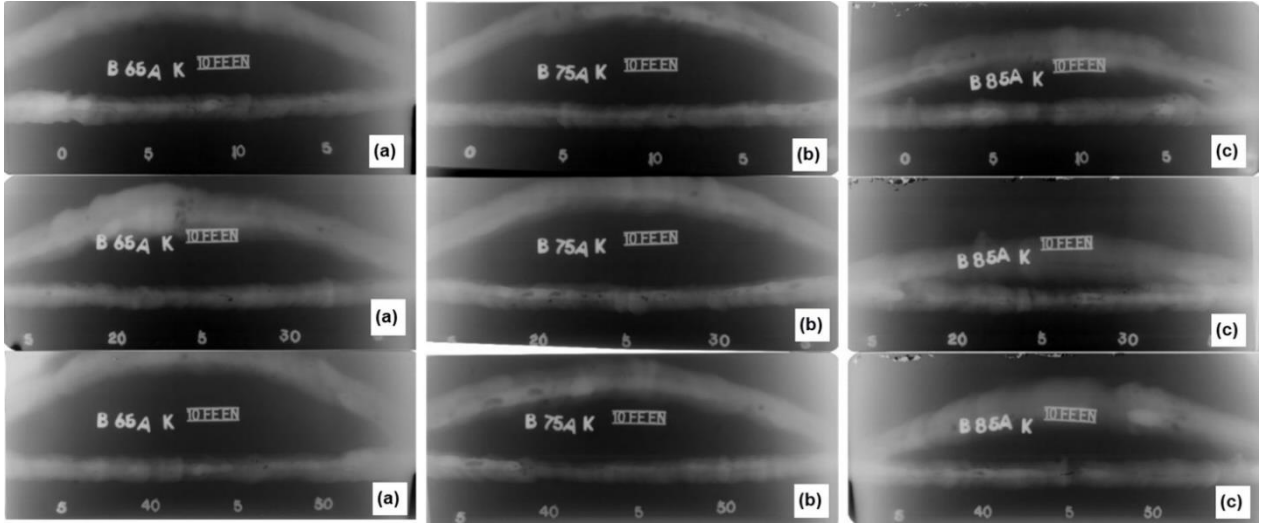
Şekil 9.c’deki filmlere bakıldığında, kirli selülozik elektrot için yüksek akım değerinde (85A) yapılan kaynaklarda 1,2,3 ve 4 noktalarında yakıp delme (burn through) hatası, 25 noktasında konkavite hatası, 31, 32, 36, 39 ve 42 noktalarında çentik hatası, 46-52 arası noktalarda ise kapakta düşüklük hatası görülmektedir.



Şekil 9: Kirli ve nemli selülozik elektrotla yapılan kaynak dikişleri: a) S-40A-K, b) S-70A-K ve c) S-85A-K

Benzer biçimde, Şekil 10.a’daki filmler yukarıdan aşağıya incelendiğinde kirli bazik elektrot için düşük akım değerinde (65A) yapılan kaynaklarda 2, 4 ve 10 noktalarında cüruf hatası görülmektedir. 11-13 ve 17-20 arası noktalarda kapakta gözenek hatası ile karşılaşmıştır. 19-21 arası noktalarda ise pasolar arası cüruf (sıcak pasoya yakın bölge) hatası mevcuttur. 26 noktasında cüruf ve gözenek hatası tespit edilmiştir. 46 noktasında gözenek hatası görülmüştür. Şekil 10.b’deki filmler yine yukarıdan aşağıya incelendiğinde, kirli bazik elektrot için olması gereken normal akım değerinde (75A) yapılan kaynaklarda 11, 26, 27 ve 35 noktalarında gözenek hatası görülmüştür. 22 ve 50 noktalarında kurt yeniği hatası tespit edilmiştir. 29-31 arası noktalarda uzamış gözenekler hatası mevcuttur. 40-43 arası noktalarda kökte yanma oluşu hatası görülmektedir.

Şekil 10.c’deki filmlere bakıldığında, kirli bazik elektrot için yüksek akım değerinde (85A) yapılan kaynaklarda 6-11 arası noktalarda kökte nüfuziyetsizlik hatası, 14 noktasında toplu gözenek hatası, 15 ve 21 noktasında meme hatası, 23, 27 ve 30 noktalarında gözenek hatası görülmektedir. Ayrıca, 50-54 arasında yetersiz nüfuziyet hatası tespit edilmiştir.



Şekil 10: Kirli ve nemli bazik elektrotla yapılan kaynak dikişleri: a) B-65A-K, b) B-75A-K ve c) B-85A-K

5. SONUÇ

Bu deneysel çalışmada, saha koşullarında yapılan kaynaklarda kullanılan elektrotların temiz ve kuru olmadığı durumlarda kaynak dikişine ne gibi zararlar verdiği ve ne tür hatalar oluşturduğu araştırılmıştır. Ayrıca, selülozik ve bazik elektrot kullanımında uygulanması gereken akım değerinin altında ve üzerinde değerler uygulandığında kaynak dikişine olan etkiler incelenmiştir. Deneylerde API 5L Gr.B çelik doğalgaz borusu kullanılmış ve tüm kaynak işlemleri aynı tür boru üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm kaynak dikişlerinin X-ray röntgen cihazıyla filmleri çekilerek tahribatsız şekilde muayene edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Kullanılan elektrotun cinsi özellikle kök pasoda büyük kusurlara yol açmaktadır. Doğru bir metot olmamakla beraber kök pasoda bazik elektrot kullanımı kaynak filmlerinde de açıkça görüldüğü gibi birçok hataya sebebiyet vermiştir. Bu uygulamanın daha hatasız bir hale gelebilmesi için kök pasonun selülozik elektrot ile yapılması, diğer 3 pasonun ise bazik elektrot ile yapılması gerekmektedir.
2. Nemli elektrot kullanımı kaynağa yapıştığı için uygulamayı çok zorlaştırmıştır. Bu sebeple uygulamadan önce elektrotun kuru olması gerektiği yapılan deneysel çalışmalarla ispatlanmıştır.
3. Saha koşullarında, acil kaynak yapılması gereken durumlarda elektrotların temiz ve kuru olarak muhafazasının çok önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
4. Kaynak dikişlerinde belli hatalara tolerans gösterilirken cüruf, çentik, gözenek gibi bariz hatalara tamir kararı verilmektedir. Bu durumda yapılan kaynaklar kesilerek yeni kaynak yapılması gerekmektedir.
5. Düşük amperde kaynak yapıldığında çoğunlukla kökte nüfuziyetsizlik ve kapakta düşüklük hatası gözlemlenmiştir.
6. Yüksek amperde kaynak yapıldığında çoğunlukla meme yapma hatası, toplu gözenek ve kurt yeniği (worm hole) hatası gözlemlenmiştir.
7. Normal amperde (75A) temiz bazik elektrot kullanılarak kaynak yapıldığında, bazik elektrotla kök paso yapma işlemi doğru bir uygulama olmadığından kökte yanma çentiği hatası gözlemlenmiştir.
8. Normal amperde (75A) kirli bazik elektrot kullanılarak kaynak yapıldığında, kökte bazik elektrot kullanılmasının dışında elektrotun da kirli olmasından kaynaklı bazı hatalar gözlemlense de, temelde çok ciddi farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

9. Normal amperde (70A) kirli selülozik elektrot kullanılarak yapılan kaynaklarda kapakta yanma çentik hataları görülmüştür.

10. En çok kaynak hatası düşük amperde (65A) kirli bazik elektrot kullanılarak yapılan boru kaynaklarında görülmüştür.

11. Normal amperde (70A) temiz selülozik elektrot kullanılarak yapılan kaynaklarda, yapılan radyografik muayene sonuçlarında herhangi bir hataya rastlanılmamıştır. Bu durum pratikte doğalgaz borularının kaynak prosedürleri ve parametreleriyle (S-70A-T) de örtüşmekte olduğunu göstermiştir.

KAYNAKÇA

Adin, H., Doğan, A., & Adin, M. Ş. (2021). Şehir İçi Doğalgaz Borularındaki Kaynak Hatalarının Tahribatsız ve Tahribatlı Muayene Yöntemleri ile İncelenmesi. *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, 2(1), 46-57. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4755095>

Adsan, K. (1991). Oksi-Gaz Kaynağı, MEB, 1-167; Özkara, H. (1988) Metal İşleri Meslek Teknolojisi I, MEB, 1-458.

Akat, C. İ. (2023). Doğalgaz ve Petrol Boru Hatlarındaki Kaynaklı Bağlantıların Radyografik Kontrollerinde Dijital Radyografi ile Klasik Yöntemlerin Kıyaslanması [Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi].

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=G_oJ1rKE4SgJUkomyAKpR-tOg7REIYIXqKJqtytzSAfDeKklBLUZejNcXGr9eXu

Akoğlanoğlu, T.G. (2014). Polietilen doğal gaz borularında kaynak yöntemlerinin incelenmesi [Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi].

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=48XPj7KKQhKUgntkUiKO3Fif52ysqfGtGz vzccVEqqz5abtMjUXRqU5iv1p2i7o8>

Angigün, F. (1996). Elektrik ark kaynağıyla birleştirilmiş parçalarda kaynak dikişine uygulanan ısı işlemlerin dokusal ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/handle/1/8183>

Anık, S. (1975). Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti, Kaynak Tekniği Cilt III. İTÜ Yayınevi

Geliş, K. (2014). Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Makina Programı, Kaynak Teknolojisi Ders Notları. https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2016/MK%20226/756768739_kaynak-teknolojisi_makine.pdf

Gönül, E. (2020, Kasım 20). Kaynaklı İmalatta Tahribatsız Muayene ve Tahribatsız Muayene Metotları. https://mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/NDT%20METHODS%20FOR%20WELDING_Rev02.pdf

Harman, M. (2019). Yüksek Mukavemetli Çeliklerin Farklı Kaynak Yöntemleri Kullanılarak Kaynak Edilebilirliğinin İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi].

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=FgmKGchPKo23qQqBeqzVZupKz7edSEE3JnXRetMip0rTV42GMVUVi-PRDL-nHqq_

Kaba, S. (2009). Doğalgaz Boru Hatlarındaki Kaynaklı Birleştirmelerin Radyografik Muayenesi [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVIqqBuz1VkysVpueogAYYhDVUQp9foMsO0uvJeGXFmQY2L9xZirxNVHbARsVQA>

Komut, G.E. (2018, Aralık 27). Tahribatsız Muayene Yöntemleri.

<https://www.ceyrekmuhendis.com/tahribatsiz-muayene-yontemleri/>

Özaltun, H. (1999). Boru Hatlarında Hasar Oluşumu ve Hasarların Çeşitli Kaynak Yöntemleri Kullanılarak Tamir Edilme Usulleri [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

<https://polen.itu.edu.tr/items/fb96ae89-7c2e-43c6-8456-8b11c17cd37d>

Pehlivan, A. K. (2020). Düşük Alaşımli Yüksek Mukavemetli Çelikler İçin Kullanılan Kaynak Sarf Malzemelerinde Eksi Sıcaklıklarda Çentik Darbe Dayanımının Arttırılması ve CTOD Değerine Etkisi [Yüksek lisans tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi].

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=Eb5EkakJlp3olBdo_wNEGWalcjQ1GXjtL_rFDKoKlrGMV9h_rgqw7tNG0E7PEpPx

Salma, A. (2011). Tahribatsız Muayene Metotları ve Doğalgaz Boru Hatlarındaki Kaynaklı Bağlantıların Radyografik Araştırılması [Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi]

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=RYan9_S-Z7Eir3xdWGXBiDDjXW_lwppsv-c1IELO8n9IVDKj6x97yhqFbmD-FH67

Uslu, S. (2010). Ark Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi].

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=veR1mHu9yoWjwcVUjCEoPO5EwjvDR1g48FPNllV74tv4fT6rPpvpTJKUECCRYu5E>

Yaşar, T. (2010). Radyografi Yöntemi ile Kaynak Dikişlerinde Hata Tespiti [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=NtBAevXNhYaNqJFoAcdBdktKEvIrMwjDdubYVCQ9TeucESER2_oZ6g3Gk492fzC8

FATIGUE BEHAVIOR OF DIFFERENT WELDED JOINT DESIGNS IN STEEL SMALL-BORE CONNECTIONS UNDER RANDOM VIBRATION

ABDULLAH ŞAHİN

Kocaeli University, Institute of Science and Technology, Metallurgy and Materials Engineering
E-Mail, abdullah.sahin@bil.gov.tr ORCID: 0000-0002-5958-9150

MUZAFFER ZEREN

Kocaeli University, Metallurgy and Materials Engineering
E-Mail, zeren@kocaeli.edu.tr ORCID: 0000-0001-5490-3799

FULYA KAHRIMAN

Kocaeli University, Metallurgy and Materials Engineering
E-Mail, fulya.kahriman@kocaeli.edu.tr ORCID: 0000-0001-9609-0562

Abstract

Small bore connections in industrial applications are prone to fatigue failure due to exposure to random vibration. This study focuses on investigating the fatigue behavior of different welded joint designs in small-bore connection under random vibration loading conditions. The purpose of this study is to assist in the development of optimized welding strategies to increase fatigue resistance by providing information on the effectiveness of various welded joint designs in small-bore connection under random vibration. Experimental tests were carried out by subjecting the samples to random vibration loading representative of operating conditions. Butt joint and fillet weld configurations were examined to evaluate their performance in terms of fatigue resistance. Fatigue life, crack initiation and propagation behavior of welded joints were monitored and analyzed. Additionally, microstructural analyzes were performed to evaluate the impact of different joint designs on the microstructure of the material and its relationship to fatigue performance. The results of this study contribute to the design and maintenance of small bore connections, reducing the risk of fatigue failure and associated operational downtime.

Keywords: Metallurgy, Fatigue, Weld, Small-bore connections, Vibration, Crack initiation

KÜÇÜK ÇAPLI ÇELİK BRANŞMANLARDA FARKLI KAYNAKLI BİRLEŞİM TASARIMLARININ RASTGELE TİTREŞİM ALTINDAKİ YORULMA DAVRANIŞI

Özet

Endüstriyel uygulamalardaki küçük delikli bağlantılar, rastgele titreşime maruz kalma nedeniyle yorulma arızasına eğilimlidir. Bu çalışma, rastgele titreşim yükleme koşulları altında küçük delikli bağlantıda farklı kaynaklı bağlantı tasarımlarının yorulma davranışını araştırmaya odaklanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, rastgele titreşim altında küçük delikli bağlantıda çeşitli kaynaklı bağlantı tasarımlarının etkinliği hakkında bilgi sağlayarak yorulma direncini artırmak için optimize edilmiş kaynak stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktır. Deneysel testler, numunelerin çalışma koşullarını temsil eden rastgele titreşim yüklemesine tabi tutulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Alın ve köşe kaynak konfigürasyonları, yorulma direnci açısından performanslarını değerlendirmek için incelenmiştir. Kaynaklı bağlantıların yorulma ömrü, çatlak başlangıcı ve yayılma davranışı izlenmiş ve analiz edilmiştir. Ek olarak, farklı bağlantı tasarımlarının malzemenin mikroyapısı üzerindeki etkisini ve yorulma performansı ile ilişkisini değerlendirmek için mikroyapısal analizler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, küçük çaplı bağlantıların tasarımına ve bakımına katkıda bulunarak yorulma hatası riskini ve buna bağlı operasyonel duruş süresini azaltmaktadır.

Keywords: Metalurji, Yorulma, Kaynak, Küçük çaplı branşmanlar, Titreşim, Çatlak başlangıcı

1. INTRODUCTION

Optimized welding strategies can be developed to enhance fatigue resistance and reliability in small bore connections by understanding the performance of various weld joint configurations. This research

focuses on evaluating the effectiveness of butt joints and fillet welds, which are commonly used weld joint configurations in small-bore connections [1,2]. The study employs experimental tests that simulate the industrial operational conditions encountered by these connections. Specifically, the specimens are subjected to controlled random vibration loading, which accurately represents the dynamic environment experienced by small bore connections [3]. Throughout the experimental testing, the fatigue life, crack initiation, and propagation behavior of the welded joints are closely monitored and analyzed. This comprehensive examination provides valuable insights into the durability and resistance of the weld joints under random vibration loading. By understanding the factors contributing to fatigue failure, such as crack initiation and propagation, researchers can identify critical areas that are prone to damage and optimize weld joint configurations to minimize these issues [4,5,6]. Furthermore, microstructural analysis is conducted to investigate the impact of different weld joint designs on the material's microstructure. Advanced techniques such as optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM) are employed to examine the microstructural characteristics of the specimens. This analysis allows for the evaluation of parameters such as grain size, phase distribution, and the presence of defects. By studying the relationship between joint design and microstructural changes, researchers can gain insights into how different configurations influence the material's fatigue performance [7,8]. The findings from this study contribute to the selection and optimization of welding strategies that enhance fatigue resistance in small bore connections. By identifying the most effective joint designs and understanding their influence on the microstructure, practitioners can make informed decisions to reduce the risk of fatigue failure. This, in turn, helps to minimize operational downtime, maintenance costs, and safety hazards, ultimately improving the design and maintenance of small bore connections in industrial applications.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Properties of Materials and Test Specimens

The materials selected for the test specimens (see Table 1 and Table 2 for detail) was known for its frequent use in such small-bore connections due to its mechanical properties and weldability [9,10,11,12,13,14]. The 8 test samples used in this study represent small-bore connections commonly found in steel piping system or mechanical equipment such as pumps and valves. The image in Figure 1 shows test samples and cross-sectional views of metallurgical samples. The study focused on analyzing two specific specimens, namely specimen 6 and specimen 7. Both specimens were made of the same material with identical material properties. However, they differed in terms of weld joint design, with specimen 6 utilizing butt joints and specimen 7 employing fillet joint. These configurations, shown in Figure 2, were chosen due to their prevalence in small bore connections and their potential impact on fatigue performance.

Table 1: Chemical Composition of Materials

Material	Fe	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb
A106	Bal.	0.30	0.29-1.06	0.035 max	0.035 max	0.10 min	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08	-
Seamless Pipe		max					max	max	max	max	max	
A105	Bal.	0.35	0.60-1.05	0.035 max	0.040 max	0.10-0.35	0.40	0.40	0.30	0.12	0.08	-
Forging Flange		max					max	max	max	max	max	
A216	Bal.	0.25	0.73	0.063	0.049	0.42	-	0.14	0.21	0.02	-	-
Casting Flange												
ERNiCrMo-3	1.0	0.02	-	-	-	0.2 max	-	Bal.	22.0	9.0	-	3.5
Weld Wire		max										
ER70S-6	Bal.	0.08	1.70	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
Weld Wire												

Table 2: Material Mechanical Properties

Material	Y.S (MPa)	U.T.S (MPa)	Elongation %
A106 (Seamless Pipe)	240	415	22
A105 (Forging Flange)	250	485	22
A216 (Casting Flange)	250	485	22
ERNiCrMo-3	460	740	>30



Figure 1: Test samples with metallurgical samples cross-sectional views

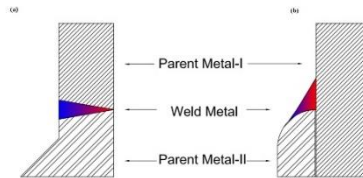


Figure 2: Weld joint design, (a) Butt weld, (b) Fillet weld

2.2. Fatigue Testing under Random Vibration

An experimental setup as shown in the Figure 3 was designed to simulate operating conditions encountered by small bore connections. The setup was designed as a vibration fatigue testing bench capable of generating controlled random vibrations. Specimens were securely attached to the experimental setup and subjected to mechanical vibrations. Frequency and vibration velocity values obtained during the vibration fatigue test were collected with a Prüftechnik Vibxpert Ex II data analyzer and an acceleration sensor magnetically attached to the test specimens. The Omnitrend 2.91 vibration condition monitoring software was used to configure measurement values for capturing velocity data (mm/s, rms) between 400 Hz with a resolution of 1600 lines. Three velocity values were measured at approximately 47.75 Hz in the X, Y, and Z directions, orthogonal to the test specimen axis. The vibration data of the test specimens were evaluated using allowable piping vibration levels by Wachel and Bates [15] for stress exposures. The endurance limit cycle, following BS 7608 guidelines for welded joint class F2 [16], consisted of 10^7 cycles. Cycle counting was facilitated by a PLC control unit and a proxy prop mounted on the test bench. Fatigue testing was conducted to assess the fatigue life and behavior of the weld joints under random vibration loading, while closely monitoring and analyzing the crack initiation and propagation behavior.

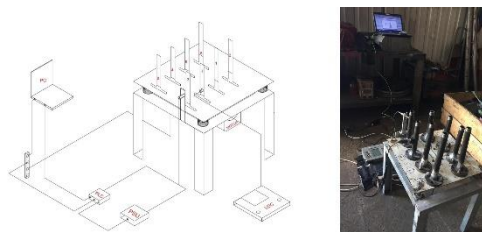


Figure 3: Vibration fatigue testing bench

2.3. Non-destructive Testing

Non-destructive testing methods, such as Magnetic Particle Inspection (MPI) and Radiographic Testing (RT) were used to detect crack initiation in the test specimens. Following the guidelines of the American Society of Mechanical Engineers (ASME) section V [17] and considering the joint type, macro-size discontinuities were inspected using MPI or RT methods. Further details about these examinations can be found in Table 3. The objective of these examinations was to assess the weld reliability and identify any existing damage before and after subjecting the specimens to vibration-induced fatigue testing.

Crack growth was monitored throughout the testing process to analyze the progression of fatigue damage within the weld joints.

Table 3: Test Specimens Matrix and Non-Destructive Testing Application Details

Specimens	Material Description with Filler Metal	Joint Type	RT Shooting Method	Film Quality	Radiation Source	MPI Method
S6	Pipe+Casting Flange&ERNiCrMo3+ ER70S-6	Butt	Elliptical/Superimpose	Kodak T200	Iridium192	Wet Particle
S7	Pipe+Casting Flange&ERNiCrMo3+ ER70S-6	Fillet	-	-	-	Wet Particle

2.4. Characterization of Material Microstructure

Microstructural analysis was performed using various techniques, including optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM) to investigate the impact of different weld joint designs on the material's microstructure. Optical microscopy enabled the observation of grain size and distribution, while SEM provided detailed imaging of microstructural features and defects. The analysis was performed using established guidelines for comprehensive microstructural characterization. Specifically, the International Institute of Welding (IIW) Document No. IX-1533-88, titled 'Guide to the Light Microscope Examination of Ferritic Steel Metal Welds,' was consulted. Additionally, the ASM Handbook on 'Carbon and Low-Alloy Steel Castings: Metallographic Techniques and Microstructures' (named document) was referenced for further guidance on microstructure quantification of both the weld metal and the base metal [18, 19]. By adhering to these resources, a systematic and standardized approach was employed to ensure accurate characterization and analysis of the weld joint microstructures.

3. CONCLUSION

The collected data from vibration fatigue testing, non-destructive testing and material microstructural analysis were carefully analyzed. The relationship between the weld joint design, micro and macro structural changes were investigated to understand their influence on fatigue performance. The vibration testing revealed a significant result, as depicted in Figure 4, with dominant velocity values observed at approximately 47.75 Hz. These velocity values were selected regardless of the direction of measurement and were compared to the allowable pipe vibration levels established by Wachel and Bates [15]. The results of the vibration fatigue testing, represented by blue diamonds in Figure 5, indicated that the test specimens were located in an unsafe area on the piping vibration level curve. This suggests that the test specimens experienced high levels of stress and were susceptible to potential failure under the applied vibration loading. Based on these findings, the vibration testing concludes that vibration criteria at a specific frequency, such as the dominant frequency observed in this testing, can serve as a useful starting point for assessing stress levels in steel small-bore connections. By comparing the measured vibration values to established criteria, it becomes possible to evaluate the potential for fatigue damage and fracture in such connections.

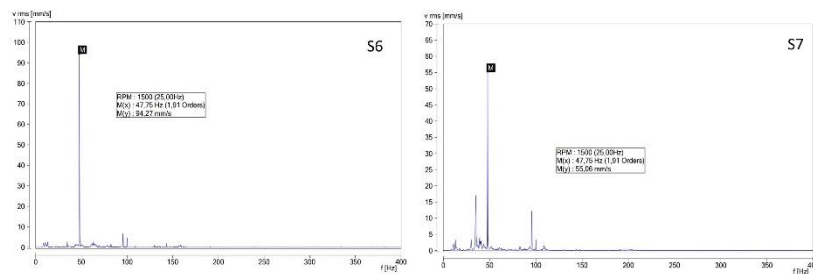


Figure 4: Vibration spectra with dominant velocity peak

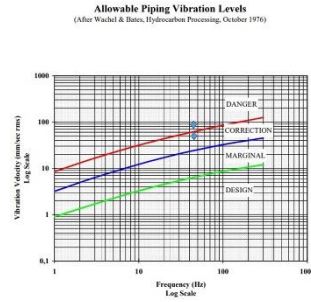


Figure 5: Piping vibration level curve

At the stage of non-destructive testing, a slight subsurface discontinuity in the weld metal at of S6 has been detected before the vibration fatigue test, but at the end of the vibration fatigue test especially it was clearly seen that the subsurface discontinuities (Imperfection) in the weld metal at of S6 has progressed excessively However, any discontinuity (Imperfection) was detected on S7 by the MPI (Magnetic Particle Inspection) method after and before the vibration fatigue test (See Figure 6). Based on the results, the damaged test specimens are shown in Table 4 with the imperfection type and size along with the damage status "YES" [20].

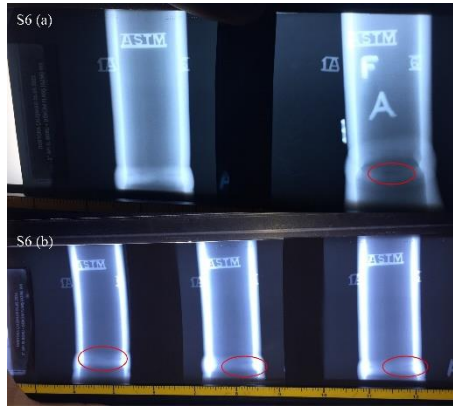


Figure 6: S6 Radiographic Testing Image, (a) Before vibration fatigue test, (b) After vibration fatigue test

Table 4: Non-Destructive Testing Matrix of Specimen and Damage Details

Specimen	Damage Status	Damage Location	Imperfection	Dimension, mm	NDT Method
S6	Yes	Weld metal subsurface	4013	1 to 5	RT & MPI
S7	No	-	-	-	MPI

The analysis of the material microstructure unveiled the primary and prevailing microstructural features in the weld joints, including the heat-affected zone and the base metal. The main components in the weld joint can be listed as follows Primary Ferrite (PF), Acicular Ferrite (AF), Aligned second-phase ferrite (FS (A)), Ferrite Carbide aggregate (contains Perlite) (FC). Table 5 presents the results of the microstructure characterization, providing detailed information about the observed microstructural features. Furthermore, Figures 7 and 8 display the optical and scanning electron microscopy images of samples S6 and S7, respectively, offering visual representations of the microstructural characteristics.

Table 5: Microstructure Analysis with OM and SEM Details

Test Specimen	Analysis Results of Microstructure
S6 Base Metal	Coarse-grained microstructure, Major discontinuity, PF
S6 Weld Metal and HAZ	Fine-grained microstructure, Major discontinuity, FC, FS(A)
S7 Base Metal	Coarse-grained microstructure, Minor discontinuity, PF

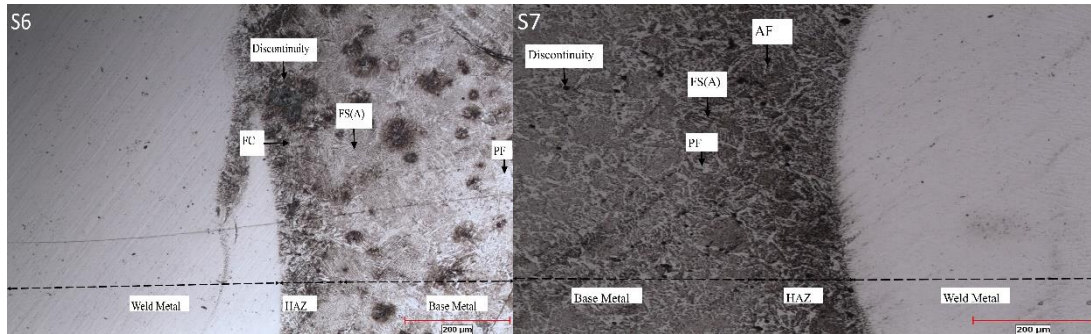


Figure 7: S6 and S7 Optical microscopy image

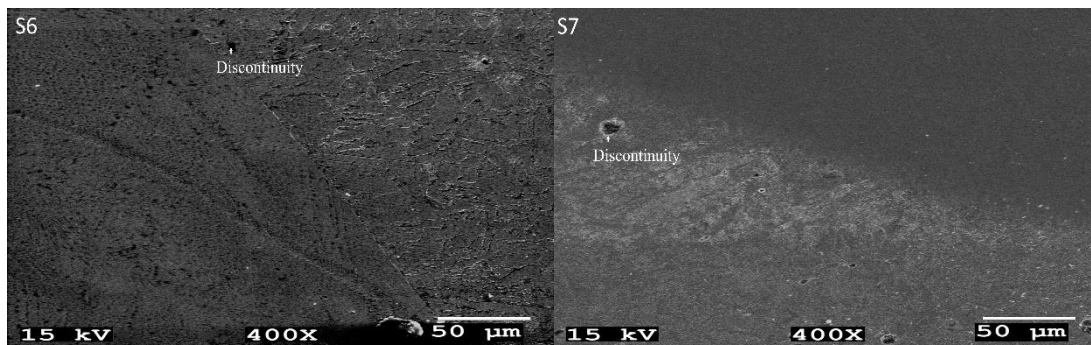


Figure 8: S6 and S7 Scanning microscopy image

The study findings revealed that the fatigue resistance of the butt joint type connection was notably inferior in comparison to the fillet joint type. This can be attributed to the presence of stress concentrations within the weld metal, coupled with potential major discontinuities in weld joint area. These factors played a significant role in the initiation and propagation of fatigue cracks, resulting in a reduction in the fatigue life of the joint. The presence of acicular ferrite was identified as a key factor in enhancing the overall performance of the welded joint. That improves the mechanical properties, raises resistance to fatigue cracking, and ensures microstructural stability. By optimizing the acicular ferrite content, the performance and durability of welded joints in welding applications of small bore connections can be significantly enhanced.

REFERENCE

- [1] Fukuzawa, M., Higuchi, M., & Kishida, K. (1993). High Cycle Fatigue Strength of Butt Welded Joints of Small Diameter Pipes. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 55, 375-383.
- [2] Kudła, K., & Wojsyk, K. (2019). The Rational Use of Fillet Welds and Butt-Fillet Welds in Welded Structures. *Weld. Tech. Rev.*, 91, 7-13.
- [3] Ali, A., & Harichandran, R. (1995). *Random Vibration Analysis: From Research into Practice*. ASCE Press.
- [4] Baumgartner, J., Braun, M., Fischer, C., Hecht, M., & Varfolomeev, I. (2022). Fatigue Crack Initiation and Propagation Relation at Notched Specimens with Welded Joints Characteristics. *Metals*, 12(4), 615.

- [5] Kaffenberger, M., Malikoutsakis, M., Savaidis, G., & Vormwald, M. (2012). Fatigue Resistance of Weld Ends. *Computational Materials Science*, 52, 287-292.
- [6] Gao, Z., Li, X., Wang, Q., Wang, D., Yao, D., & Zhang, Z. (2021). Fatigue Mechanism of Medium-Carbon Steel Welded Joint: Competitive Impacts of Various Defects. *International Journal of Fatigue*, 151, 106363.
- [7] Kosuge, M., Masuda, C., Nishijima, S., Ohta, A., & Sumiyoshi, H. (1987). Variation of Fractographic Appearance for Different Microstructures in Welded Joints Having The Same Fatigue Crack Propagation Properties. *International Journal of Fatigue*, 9, 233-237.
- [8] Lehto, P., Remes, H., & Romanoff, J. (2014). Microstructure and Strain-Based Fatigue Life Approach for High-Performance Welds. *Advanced Materials Research*, 891-892, 1500-1506.
- [9] ASTM A106/A106M-10:2010, Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service, USA, 2010.
- [10] ASTM A105/A105M-03:2013, Standard Specification For Carbon Steel Forgings for Piping Applications, USA, 2013.
- [11] Modern Casting Ltd., ASTM A216 Laboratory Report, Türkiye, 2020.
- [12] A216/A216M-12: 2012, Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding for High-Temperature Service, USA, 2012.
- [13] Voestalpine, UTP A 6222 Mo Product Brochure, 2014.
- [14] Lincolnelectric, AS TIG SG2 Product Brochure, 2020.
- [15] J.C. Wachel, C.L. Bates, ASME Paper 76-PET-18, USA, 1976.
- [16] BS 7608: 1993, Fatigue Design and Assessment Of Steel Structures, UK, 1993.
- [17] ASME SEC. V: 2021, Nondestructive Examination, USA, 2021.
- [18] IIW Doc. No. IX-1533-88:1988, Guide to the Light Microscope Examination of Ferritic Steel Metal Welds, 1988.
- [19] G.F. Vander Voort, ASM Handbook Volume 9, ASM International, USA, 2005.
- [20] ISO 5817:2014, Welding-Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded)-Quality levels for imperfections, Switzerland, 2014.

GENIPIN IMPACT ON THE PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE OBTAINED FROM LEATHER INDUSTRY TRIMMING WASTES AND SODIUM ALGINATE-BASED FILMS

ÇAĞATAY BAL

Faculty of Engineering, Department of Leather Engineering, Ege University 35100, Bornova, İzmir,
Türkiye
cagataybal@outlook.com, ORCID: 0000-0002-9319-8241

BUĞRA OCAK

Faculty of Engineering, Department of Leather Engineering, Ege University 35100, Bornova, İzmir,
Türkiye
bugraocak@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8082-4290

Abstract

The depletion of global petrochemical resources, coupled with the environmental challenges arising from the extensive use of traditional plastics, has led to greater interest in the research of environmentally friendly biodegradable materials that can be used in various applications. The weak water barrier properties of collagen hydrolysate obtained from leather industry trimming waste seriously limit its practical application areas. In this study, collagen hydrolysate/sodium alginate-based films were produced using the solution casting method because they are non-toxic and biocompatible. The collagen hydrolysate/sodium alginate composition with the best water barrier property was determined to be the CH40/SA60 formulation, and films with this formulation were cross-linked with genipin. Cross-linking significantly increases the hydrophobicity of the films, thereby reducing their water vapor permeability and water solubility. The results indicate that biodegradable films serve as a promising foundation for the development of packaging materials.

Keywords: Collagen Hydrolysate, Alginate, Waste, Genipin, Cross-Linker

GENIPIN IMPACT ON THE WATER BARRIER PROPERTIES OF COLLAGEN HYDROLYSATE OBTAINED FROM LEATHER INDUSTRY TRIMMING WASTES AND SODIUM ALGINATE-BASED FILMS

Abstract

The depletion of global petrochemical resources, coupled with the environmental challenges arising from the extensive use of traditional plastics, has led to greater interest in the research of environmentally friendly biodegradable materials that can be used in various applications. The weak water barrier properties of collagen hydrolysate obtained from leather industry trimming waste seriously limit its practical application areas. In this study, collagen hydrolysate/sodium alginate-based films were produced using the solution casting method because they are non-toxic and biocompatible. The collagen hydrolysate/sodium alginate composition with the best water barrier property was determined to be the CH40/SA60 formulation, and films with this formulation were cross-linked with genipin. Cross-linking significantly increases the hydrophobicity of the films, thereby reducing their water vapor permeability and water solubility. The results indicate that biodegradable films serve as a promising foundation for the development of packaging materials.

Keywords: Collagen Hydrolysate, Alginate, Waste, Genipin, Cross-Linker

1. INTRODUCTION

While the leather industry efficiently repurposes waste from the meat industry, particularly animal skin/hide, into durable leather for various products, it also produces substantial amounts of solid waste during the production process. (Ali et al., 2023). Effectively transforming by-products from the meat industry, especially animal skin/hide, into valuable leather, the leather industry simultaneously produces a notable quantity of solid waste during production processes. With increased environmental awareness

and restrictions worldwide in the last 20 years, environmental concerns regarding discharge and landfill costs in the tanning and leather processing industries are causing serious problems for the industry (Ali et al., 2023). Wastes from the leather industry can be divided into two main types: raw untanned (trimming, fleshing, splitting) wastes and tanned (trimming, splitting, chrome shavings, buffing powders) wastes, and the improper treatment and disposal of these solid wastes, often ending up in landfills, contribute significantly to environmental harm, affecting soil, groundwater, and air quality (Chagtmi et al., 2023). Solid wastes generated by the leather industry fall into two primary categories: raw untanned wastes (trimming, fleshing, and splitting) and tanned wastes (buffing powders, chrome shavings, trimmings, and, splits). Unfortunately, these waste products are frequently mishandled, undergoing inadequate treatment before being disposed of in landfills. This improper disposal results in significant environmental harm, affecting soil, groundwater, and air quality. Rawhide and tannery waste, encompassing fleshings, trimmings, and splits, possess key components, including protein (2.5-10% by mass), fat (less than 10.5%), and water (less than 80%), making it highly attractive for various industries (Kuligowski et al., 2023).

Over the last few decades, with increasing environmental awareness regarding the widespread use of synthetic and non-biodegradable polymeric packaging, packaging applications have greatly increased the demand for biodegradable, environmentally friendly, low-toxicity, renewable and biocompatible natural polymers (Usha et al., 2023). Sodium alginate (SA), a natural polysaccharide derived from seaweed or algae, exhibits excellent biocompatibility, biodegradability, and film-forming properties due to its molecular structure enriched with hydroxyl and carboxyl groups (Zheng et al., 2022; Li et al., 2022). Derived from the hydrolysis of collagen from animal skin and bones, collagen hydrolysate (CH) is a widely utilized protein in packaging owing to its attributes of biodegradability, water solubility, high transparency, film-forming capability, and cost-effectiveness (Mutlu, 2023; Li et al., 2023). Collagen hydrolysate and sodium alginate, commonly employed in the production of single-component packaging films, encounter challenges in achieving broad applications due to their heightened sensitivity to moisture, inadequate barrier properties, insufficient mechanical strength, and suboptimal thermal stability (Mutlu, 2023; Shan et al., 2023).

Consequently, researchers are currently exploring various methodologies, including polymer blending, integration of crosslinking agents, incorporation of nanoparticles, and biopolymer modification, to enhance the effectiveness of packaging films derived from biopolymers (Zhang et al., 2023). Forming integrated complex networks, polymer intermolecular cross-linking establishes chemical bonds (intramolecular or intermolecular) with molecular polymer chains, thereby enhancing the mechanical and hydrophobic properties of a film. Genipin (GP), which is a natural extract of gardenia fruits and has approximately 104 times less toxicity than glutaraldehyde, is a water-soluble cross-linking agent that can react with the amino group of the polymer (Roy and Rhim, 2022). GP was used to produce gelatin/chitosan films (Roy and Rhim, 2022) and gelatin capsule residue-based films (Iahnke et al., 2020).

The objective of this research is to utilize collagen hydrolysate extracted from trimming waste in the leather industry, in conjunction with sodium alginate, for the production of biodegradable films as an alternative to landfill disposal. To achieve this objective, the research involves determining the optimal collagen hydrolysate/sodium alginate ratio with the highest water resistance. Following this, the research investigates the effects of genipin at different concentrations, on the thickness, MC (%), WVP, and WS (%) characteristics of CH/SA films.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

The experiments utilized trimming waste obtained from a tannery in Turkey. Upon arrival at the laboratory, the remaining fat residue was removed by hand, and the trimming waste was frozen (-20°C) and stored until collagen hydrolysate extraction. Pepsin, (from porcine gastric mucosa; powder, ≥ 400 units/mg protein), molecular weight marker (Mw, 26.6-180 kDa), sodium hydroxide (NaOH, 97%), petroleum ether, Coomassie Blue R 250, methanol (CH_3OH , $\geq 99.8\%$) acetic acid ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$, $\geq 99.7\%$), glycerol ($\geq 99.5\%$), and genipin (GP, $\geq 98\%$) were purchased from Sigma-Aldrich (Germany).

2.2. Methods

2.2.1. Collagen hydrolysate extraction from hide trimming wastes

Frozen trimming waste was thawed in cold water for 6 h, cut into 1-2 cm pieces with a knife and placed in plastic bags. To obtain collagen hydrolysate, leather industry trimming waste was washed with water at a ratio of 1:10 as pretreatment and all impurities were removed in distilled water (20%, w/v) at pH 8.0 (NaOH, 1M) with continuous stirring at 250 rpm at 4 °C for 2 h. 100 g of trimming waste was mixed with 900 mL of petroleum ether (60–90 °C) and shaken at 25 °C for 4 h. Then, 1.5% (w/w) pepsin enzyme was added to the defatted waste. Hydrolysis was conducted under ideal pH and temperature conditions suitable for pepsin, with agitation at 600 rpm for a duration of 6 h (pepsin: pH = 2.5/37 °C). The pH of the mixture underwent periodic adjustments using 1 N NaOH. After the reaction period concluded, the enzymes were deactivated by placing the samples in a boiling water bath at 95 °C for 10 min. Ultimately, the hydrolysate underwent centrifugation at 8000 g and 4 °C for 20 min, followed by filtration of the supernatants through paper to eliminate impurities.

2.2.2. SDS-PAGE

SDS-PAGE was utilized to characterize the variation in the molecular weight (Mw) of the chemical components of collagen hydrolysate. The SDS-PAGE involved a separating gel with a concentration of 12% and a stacking gel with a concentration of 15%. Dispersions of collagen hydrolysate in distilled water (0.2% w/v) and a sample buffer were prepared at a 1:1 ratio, followed by heating the mixture to 90 °C for 5 min and subsequent cooling to ambient temperature. Following the loading of a 20 µL collagen hydrolysate sample and 5 µL of a protein marker spanning molecular weights from 26 to 180 kDa into the electrophoresis wells, the gel was subsequently positioned in the apparatus. The voltage settings for the SDS-PAGE procedure were initially adjusted to 80 V for stacking gel and subsequently increased to 120 V for the running gel phase. Following staining using 0.1% Coomassie Blue R 250 for 12 h, protein bands were observed by decolorization with 40% methanol and 10% acetic acid.

2.2.3. Preparation of collagen hydrolysate/sodium alginate-based films

Individually dissolving five grams each of SA and CH in 100 mL of distilled water, the solutions were heated in a water bath at 40 °C and continuously stirred for 1 h until uniform SA and CH film-forming solutions (FFS) were attained. The ratio of SA to CH was 8/2, 6/4, 4/6, and 2/8. Collagen hydrolysate /sodium alginate composite films were named CH80/SA20, CH60/SA40, CH40/SA60, and CH20/SA80 films, respectively. Then, glycerol was added at the rate of 30% of the total polymer amount into the prepared film-forming solution containing CH and sodium alginate, and the resulting film-forming solution was mixed for 1 h. Once the most water-resistant CH/ sodium alginate ratio was identified, that specific ratio was utilized to fabricate cross-linked films of genipin. The film solution was supplemented with genipin at concentrations of 0%, 0.1%, 0.2%, and 0.4% (CH/SA, w/w). After gently stirring the film solutions at a low speed for 30 min to remove any air bubbles, 20 g portions of the FFS were poured onto polystyrene Petri dishes measuring 12 cm in diameter. Upon completion of 48 h of air-drying at room temperature, the films were delicately peeled off and subsequently placed into a desiccator.

2.2.4. Film thickness

For the measurements of the average thickness of both control and genipin cross-linked films, a digital micrometer (Mitutoyo, Japan) with a precision of 0.001 mm was used, and measurements were taken from five different randomly selected locations.

2.2.5. Water vapor permeability (WVP)

To create 0% relative humidity in the circular test bottles, 20 g of dried silica gel beads of 4–8 mm diameter were loaded into the test bottles and then the film was fixed on the top of the bottles and sealed. Circular film samples were subjected to a 10 h exposure in a desiccator with 75% relative humidity at 25 °C, with weight measurements taken every 2 h and calculations based on the formula below.

$$\text{Water vapor permeability} = \frac{\Delta_m \times X}{T \times S \times \Delta_p}$$

where Δm represents the increase in weight of the sample bottle (g), X is the specimen average thickness (m), T is the period of time between two weight measurements in h, S is the permeable area of the film sample (m^2), and ΔP is the water vapor saturation pressure.

2.2.6. Moisture content (MC)

The change in weight between the initial weight of the samples (2×2 cm) and their final weight, achieved after drying in an oven at 105 ± 1 °C until a constant weight was attained (24 h), was measured for the gravimetric assessment of MC (%) in the films. The MC (%) was calculated as a percentage of the total mass based on the film analysis conducted in triplicate.

2.2.7. Water solubility (WS)

Film pieces measuring 2×2 cm were subjected to oven drying at 105 °C for 24 h until a consistent weight was achieved to ascertain the initial dry matter of the films. The samples were subjected to 24 h of agitation at 250 rpm in 50 mL of distilled water at 25 °C. Afterward, they were filtered using Whatman No. 1 filter paper, followed by drying at 105 °C for 24 h to obtain the final dry weight. Subsequently, the WS (%) was calculated using the provided formula.

$$\text{Water solubility (\%)} = \frac{\text{initial weight} - \text{weight of the sample after drying}}{\text{initial weight}}$$

2.2.8. Statistical analysis

Unless otherwise specified, film characteristic data, represented as the mean $\pm$ standard deviation, were obtained from triplicate measurements of individually prepared films, with statistical analysis conducted using a one-way analysis of variance (ANOVA). With SPSS Statistics 25.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), statistical differences between individual groups were assessed using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. SDS-PAGE

In Figure 1, the electrophoretic pattern of protein MW distribution of each sample is provided.

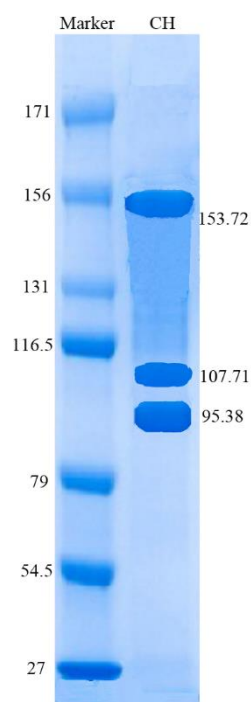


Figure 1: SDS-PAGE profile of CH

The findings revealed a distribution of CH protein bands ranging from 95.38 kDa to less than 153.72 kDa (Fig. 1). As illustrated in Fig. 1, the principal bands of collagen hydrolysate extracted from hide trimming waste revealed the presence of two alpha (α) chains (α -1 and α -2) along with one beta (β) chain. The molecular weights of the discernible protein bands corresponding to α 1, α 2, and β chains were determined to be 107.71 kDa, 95.38 kDa, and 153.72 kDa, respectively.,

3.2. Thickness, MC (%), WS (%), and WVP Values of Films Containing Different Ratios of Collagen Hydrolysate and Sodium Alginate

The influence of varying collagen hydrolysate/sodium alginate ratios on the thickness of the prepared films is delineated in Table 1, revealing a statistically significant increase ($p < 0.05$) in film thickness, ranging from 0.115 mm to 0.149 mm, concomitant with the escalation of sodium alginate concentration from 20% to 80%. As shown in Table 1, among the four films tested, CH40/SA60 film exhibited the lowest moisture content ($11.647\% \pm 0.203$), water solubility ($35.79\% \pm 2.53$), and water vapor permeability ($1.120 \pm 0.02 \times 10^{-11} \text{ g m/Pa h m}^2$) values.

Table 1: Thickness, MC (%), WS (%), and WVP values of collagen hydrolysate/sodium alginate-based films.

Film sample	Thickness (mm)	MC (%)	WS (%)	WVP ($\times 10^{-11} \text{ g m/Pa h m}^2$)
CH80/SA20	0.115 ± 0.007^d	15.716 ± 0.633^a	50.427 ± 1.437^a	2.170 ± 0.023^a
CH60/SA40	0.126 ± 0.009^c	14.838 ± 0.421^b	44.02 ± 1.157^b	1.857 ± 0.028^b
CH40/SA60	0.139 ± 0.006^b	11.647 ± 0.203^d	35.79 ± 2.53^d	1.120 ± 0.02^d
CH20/SA80	0.149 ± 0.006^a	13.202 ± 0.424^c	39.742 ± 0.715^c	1.712 ± 0.055^c

* Distinct letters within identical columns signify statistically significant distinctions between sample groups based on the Duncan test ($p < 0.05$).

3.3. Thickness, MC (%), WS (%), and WVP Values of CH40/SA60 Films Cross-linked with Genipin

Table 2 presents the thickness, MC (%), WS (%), and WVP values of CH40/SA60 as the control film, as well as those cross-linked with 0.1%, 0.2%, and 0.4% (w/w) genipin.

Table 2: Thickness, MC (%), WS (%), and WVP values of control and CH40/SA60-based films cross-linked with genipin.

Film type	Thickness (mm)	MC (%)	WS (%)	WVP ($\times 10^{-11}$ g m/Pa h m ²)
CH40/SA60	0.139 $\pm$ 0.006 ^a	11.647 $\pm$ 0.203 ^a	35.79 $\pm$ 2.53 ^a	1.12 $\pm$ 0.02 ^a
CH40/SA60/GP ^{0.1%}	0.139 $\pm$ 0.005 ^a	11.354 $\pm$ 0.198 ^b	23.255 $\pm$ 0.594 ^b	1.119 $\pm$ 0.02 ^b
CH40/SA60/GP ^{0.2%}	0.138 $\pm$ 0.004 ^a	11.081 $\pm$ 0.351 ^c	21.715 $\pm$ 0.776 ^c	1.056 $\pm$ 0.026 ^c
CH40/SA60/GP ^{0.4%}	0.138 $\pm$ 0.007 ^a	10.828 $\pm$ 0.288 ^d	19.896 $\pm$ 1.314 ^d	0.879 $\pm$ 0.026 ^d

* Distinct letters within identical columns signify statistically significant distinctions between sample groups based on the Duncan test ($p < 0.05$).

The CH40/SA60 film (without genipin), exhibits a thickness of 0.139 ± 0.006 mm, while the films cross-linked with genipin display thickness values ranging from 0.139 to 0.138 mm, indicating no statistically significant difference ($p < 0.05$). The control film exhibited a moisture content (%) of 11.647 ± 0.203 . With an escalation in genipin concentration to 0.4%, the MC (%) of the CH40/SA60 film incorporating 0.1% genipin decreased from 11.354% to 10.828. As demonstrated in Table 2, the WS of the CS40/SA60 film was $35.79 \pm 2.53\%$. The WS (%) of the genipin cross-linked films decreased significantly from $23.255 \pm 0.594\%$ for CH40/SA60/GP^{0.1%} to $19.896 \pm 1.314\%$ for CH40/SA60/GP^{0.4%}. The CH40/SA60 film showed a high WVP value of 1.12×10^{-11} g m/Pa h m², attributed to the hydrophilicity of collagen hydrolysate and sodium alginate, while among the cross-linked films, the lowest water vapor permeability was observed in CH40/SA60/GP^{0.4%} films, registering at 0.879×10^{-11} g m/Pa h m² (Table 2).

3. CONCLUSION

The research's initial phase, which focused on determining the optimal collagen hydrolysate to sodium alginate ratio, revealed that the CH40/SA60 ratio exhibited the highest water resistance, thereby enhancing the water durability of films based on collagen hydrolysate and sodium alginate. In the second phase of the research, successful cross-linking of CH40/SA60-based films was achieved using genipin, and the subsequent impact of genipin cross-linking on the properties of the films was systematically examined. Genipin cross-linking exhibited a substantial reduction in the MC (%), WS (%), and WVP of CH40/SA60 films in comparison to the control films. Broadening the application areas of protein-based films, continued research into the physical, mechanical, structural, and thermal properties of collagen hydrolysate/sodium alginate films will establish the groundwork for reusing collagen-rich waste from the leather industry.

This study is supported by Ege University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project Number: FM-YLT-2022-24101).

REFERENCES

Ali AM, Khan A, Shahbaz M, Rashid MI, Imran M, Shahzad K, Mahpudiz AB (2023) A renewable and sustainable framework for clean fuel towards circular economy for solid waste generation in leather tanneries. Fuel 351:128962.

Chaghtmi R, Trabelsi ABH, Abdallah AB, Maaoui A, Lopez G, Cortazar M, Khedira H, Chaden C, Olazar M (2023) Valorization potential of dried tannery fleshing wastes (TFW) through pyrolysis in the leather industry: Kinetic and thermodynamic investigations. *Sustainable Chem Pharm* 33:101130.

Iahnke AOS, Stoll L, Belle AS, Hertz PF, Rios AO, Rahier H, Flores SH (2020) Gelatin capsule residue-based films crosslinked with the natural agent genipin. *Packag Technol Sci* 33:15–26.

Kuligowski K, Cenian A, Konkol I, Swierczek L, Chojnacka K, Izydorczyk G, Skrzypczak D, Bandrow P (2023) Application of leather waste fractions and their biochars as organic fertilisers for ryegrass growth: Agri-environmental aspects and plants response modelling. *Energies* 16:3883.

Li H, Li W, Zhang J, Xie G, Xiong T, Xu H (2022) Preparation and characterization of sodium alginate/gelatin/Ag nanocomposite antibacterial film and its application in the preservation of tangerine. *Food Packag Shelf Life* 33:100928.

Li Y, Shan P, Yu F, Li H, Peng L (2023) Fabrication and characterization of waste fish scale-derived gelatin/sodium alginate/carvacrol loaded ZIF-8 nanoparticles composite films with sustained antibacterial activity for active food packaging. *Int J Biol Macromol* 230:123192.

Mutlu N (2023) Effects of grape seed oil nanoemulsion on physicochemical and antibacterial properties of gelatin-sodium alginate film blends. *Int J Biol Macromol* 237:124207.

Roy S, Rhim JW (2022) Genipin-crosslinked gelatin/chitosan-based functional films incorporated with rosemary essential oil and quercetin. *Mater* 15:3769.

Shan P, Wang K, Yu F, Yi L, Sun L, Li H (2023) Gelatin/sodium alginate multilayer composite film crosslinked with green tea extract for active food packaging application. *Colloids Surf A* 662:131013.
Usha ZR, Iqbal O, Aslam MA, Ali S, Liu C, Li N, Zhang S, Wang Z (2023) Pulp waste extracted reinforced powder incorporated biodegradable chitosan composite film for enhancing red grape shelf-life. *Int J Biol Macromol* 252:126375.

Zhang W, Roy S, Ezati P, Yang DP, Rhim JW (2023) Tannic acid: A green crosslinker for biopolymer-based food packaging films. *Trends Food Sci Technol* 136:11-23.

Zheng Y, Li X, Huang Y, Li H, Chen L, Liu X (2022) Two colorimetric films based on chitin whiskers and sodium alginate/gelatin incorporated with anthocyanins for monitoring food freshness. *Food Hydrocolloids* 127:107517. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107517>

FOSFATLAMA İŞLEMİNDE TOPLAM ASİT MİKTARININ KAPLAMA MORFOLOJİSİNE ETKİSİ

MİNEL TAŞDEMİR

Bursa Teknik Üniversitesi, Kimya, Bursa, Türkiye, minelgul@uzmankataforez.com
ORCID: 0009-0004-5791-4222

OĞUZ YILMAZ

Uzman Kataforez Yüzey Kaplama Sanayi, Bursa, Türkiye, oguzyilmaz@uzmankataforez.com
ORCID: 0009-0002-7300-8823

İBRAHİM USTA

Uzman Kataforez Yüzey Kaplama Sanayi, Bursa, Türkiye, ibrahimusta@uzmankataforez.com
ORCID: 0000-0001-7557-9617

YUNUS KAYA

Bursa Teknik Üniversitesi, Kimya, Bursa, Türkiye, yunus.kaya@btu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7228-2340

Özet

Bu çalışmada, metal altlık yüzeyine uygulanan fosfat kaplama özellikleri incelenmiştir. Fosfat kaplamalar, çinko, demir ve manganez gibi farklı işlem prosesleriyle oluşturulan ince kristal katmanlardan oluşur. Bu katmanlar gözenekli ve pürüzlü bir yüzey oluşturarak çeşitli uygulamalara uygun hale gelirler. Genellikle karbon çeliği, düşük alaşımlı çelik ve dökme demir gibi malzemelere uygulanırken, yüksek alaşımlı malzemelerde bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Çinko fosfat kaplamalar hem korozyon direncini artırmak için hem de sonraki boyama işlemleri için ideal bir işlemdir. Mangan fosfat kaplamalar ise aşınma direnci ve yağ tutma özellikleri sağlayarak özellikle belirli uygulamalarda tercih edilir. Ancak, fosfat kaplamaların hasar görmesi durumunda korozyon riski artabilir, çünkü bu kaplamalar kendini iyileştiremezler. Bu çalışmada, çinko fosfatlama işlemi üzerinde odaklanılarak farklı asit konsantrasyonlarının kaplama özellikleri üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu çalışmanın sonuçları, fosfat kaplamaların optimize edilmesi ve çelik yüzeylerin daha iyi korunması için önemli bir katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Fosfatlama, Toplam Asit, Fosfat Kristali, SEM

EFFECT OF TOTAL ACID CONTENT ON COATING MORPHOLOGY IN THE PHOSPHATING PROCESS

Abstract

In this study, the properties of phosphate coating applied to the surface of a metal substrate were investigated. Phosphate coatings consist of thin crystalline layers formed by different processing processes, such as zinc, iron and manganese. These layers form a porous and rough surface, making them suitable for various applications. While they are generally applied to materials such as carbon steel, low-alloy steel, and cast iron, some difficulties may be encountered in high-alloy materials. Zinc phosphate coatings are ideal for improving corrosion resistance and subsequent painting processes. Manganese phosphate coatings are particularly popular in certain applications, providing wear resistance and oil retention properties. However, the risk of corrosion may increase if phosphate coatings are damaged because these coatings are not self-healing. This study will investigate the effect of different acid concentrations on coating properties, focusing on the zinc phosphating process. The results of this study can make an important contribution to optimise phosphate coatings and better protect steel surfaces.

Keywords: Phosphating, Total Acid, Phosphate Crystal, SEM

1. GİRİŞ

Fosfat kaplamalar, metal altlıkların yüzeyine tutunan ince kristal katmanlardan oluşmaktadır. Oluşan kristaller gözenekli ve pürüzlü bir yüzey oluşturur. Her biri farklı özelliklere sahip üç farklı (çinko, manganez ve demir) fosfat kaplama prosesi mevcuttur, bu da farklı tür uygulamalar için farklı seçenek sunmaktadır. Genellikle fosfat reaksiyonu karbon çeliği, düşük alaşımlı çelik ve dökme demir gibi malzemelere uygulanır. Kaplama işlemi, hedef numunenin seyreltilmiş bir fosforik asit çözeltisine daldırılmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Fosfat kaplamalar ayrıca çinko, kadmiyum, alüminyum, kalay ve galvanizli çelik gibi malzemelere de uygulanabilir, ancak yüksek alaşımlı malzemelerde fosforik aside karşı bağışıklık zor olabilir. Fosfatlama çözeltisinin ana bileşenleri fosforik asit (H_3PO_4), çinko, demir veya manganez iyonları (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) ve hızlandırıcılar. Hızlandırıcılar, kaplama hızını artıran ve tortunun tane boyutunu azaltan oksitleyici reaktiflerdir (nitrat, nitrit, peroksit) [1].

Örneğin, çelik bir sac malzemesi çinko fosfat çözeltisine sokulduğunda, banyodaki serbest fosforik asit, substrat üzerindeki mikro anotlarda demir çözünmesini başlatır. Bu topokimyasal reaksiyon, mikrokotodik bölgelerde hidrojen evrimine neden olur. Reaksiyon sırasında fosforik asit tüketimi, metal yüzeye bitişik katmandaki çözeltinin asitliğini azaltır. Bu da çözünürlüğü azalan çinko fosfatın çökmesine ve substrat yüzeyinde birikmesine yol açar [2].

Çinko fosfat kaplama, korozyon direncinin artırılması gerektiğinde uygulanır. Demir fosfat kaplamalar, sonraki bir boyanın güçlü bir şekilde yapışması gerektiğinde uygulanır. Metal iyonlarının bileşimin bir bileşeni olduğu çinko fosfat ve manganez fosfat kaplama çözeltilerinin aksine, demir fosfat çözeltilerinde demir iyonları çözünen substrat tarafından sağlanır [3].

Mangan fosfat kaplamalar, aşınma direnci ve antigalling özellikleri gerektiğinde uygulanır. Mangan fosfat ayrıca yağ tutma özelliğine sahiptir, bu da sürtünme önleyici özellikleri daha da geliştirir ve kaplanmış parçalara korozyon direnci kazandırır.

Fosfat kaplamalar iyi yapışma ve bir miktar bariyer koruması sağlamasına rağmen, kaplama hasar gördüğünde korozyon ilerlemesi açık metal yüzeyde hızla başlar çünkü düşük çözünürlüklü fosfatlar kromatlara kıyasla yeterli inhibisyon gücüne sahip değildir ve bu nedenle hasarlı bölgenin kendi kendini iyileştirmesini sağlayamaz.

Reaksiyon için fosforik asit tüketimi, metal yüzeye bitişik katmandaki çözeltinin asitliğinin azalmasına neden olur. Nötralize edilmiş çözeltideki çinko fosfatın çözünürlüğü azalır, bu da tuzun çökmesine ve substrat yüzeyinde birikmesine neden olur:

Bu çalışmada, farklı toplam asit konsantrasyonları kullanılarak çinko fosfatlama işlemiyle karbon çeliği üzerinde oluşan kaplamalar incelenecektir. Toplam asit konsantrasyonunun tane boyutu, kaplama ağırlığı ve yüzey morfolojisi üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışma kapsamında altlık olarak karbon çeliği (S275) kullanılmıştır. Kaplama öncesi numuneler farklı boyuttaki zımpara kağıtları ile zımparalanmış ve parlatılmıştır. Fosfat banyosu içindeki farklı toplam asit konsantrasyonları çalışılarak kaplama kristal yapısına ve kaplama ağırlığına etkilerinin gözlemiştir. Kullanılan yağ alma, aktivasyon ve fosfat banyo parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Yağ Alma, Aktivasyon ve Fosfat banyosu parametreleri ve konsantrasyonları

	Önerilen Parametre Aralıkları	Kullanılan Banyo Parametreleri		
		I	II	III
Yağ Alma (Degreasing Cleanox)	%3-10	%6,5	%6,5	%6,5
Aktivasyon	pH 7-11	8-9	8-9	8-9

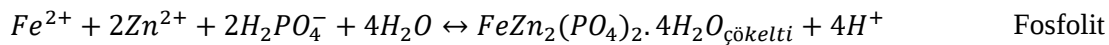
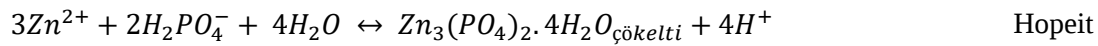
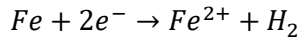
(Activation Gardolene)				
Fosfat	Toplam Asit (20-26 mL)	18 mL	21 mL	25 mL
	Serbest Asit (0.6-1.0 mL)	1.46 mL	1.90 mL	2.56 mL
	Hızlandırıcı (1.5- 2.5 mL)	1.4 mL	1.8 mL	2.1 mL

Fosfatlama ve pasivasyon işlemlerinden önce uygun kaplama oluşumunu desteklemek için altlık bazı yüzey işlemlerinden geçirilmiştir. Şekil 1’de tüm fosfatlama süreci açık bir şekilde sunulmuştur. İlk olarak yağ, gres ve korozyon ürünleri ve kirlilikleri numune yüzeyinden arındırmak için numuneye 10 dakika boyunca sıcak yağ işlemi uygulanmıştır. Yağ alma işlemi sonrası durulama işlemine geçilmiş olup, bu işlem sonraki aşamaları kirletebilecek kimyasalların sürüklenmesini önlemek için yapılmıştır. Daha sonra fosfatlama öncesi uygulanan aktivasyon işlemine geçilmiştir. Aktivasyon banyosu koloidal titanyum fosfattan oluşmaktadır. Fosfatlama sırasında aktivasyon oluşan ilk çekirdeklenme bölgelerini artırarak tane oluşumuna yardımcı olur. Aktivasyon işlemi ile ortaya çıkan fosfat kristal boyutu daha ince olmaktadır.



Şekil 1: Fosfatlama işlem basamakları

Şekil 2’de fosfatlama reaksiyonun mekanizması model üzerinde gösterilmiştir. Fosfatlama prosedürü için, fosforik Asit (H_3PO_4), Zn^{2+} iyonu içeren ve son olarak kaplama hızını arttıran ve tane boyutunu azaltan oksitleyici bir reaktif hidroksi amin içeren bir banyo kullanıldı. Ayrıca hızlandırıcı olarak eklenen hidroksi amin çamur oluşumunu engelleyerek banyonun stabil kalmasını sağlar. Fosfatlama işleminin kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir.

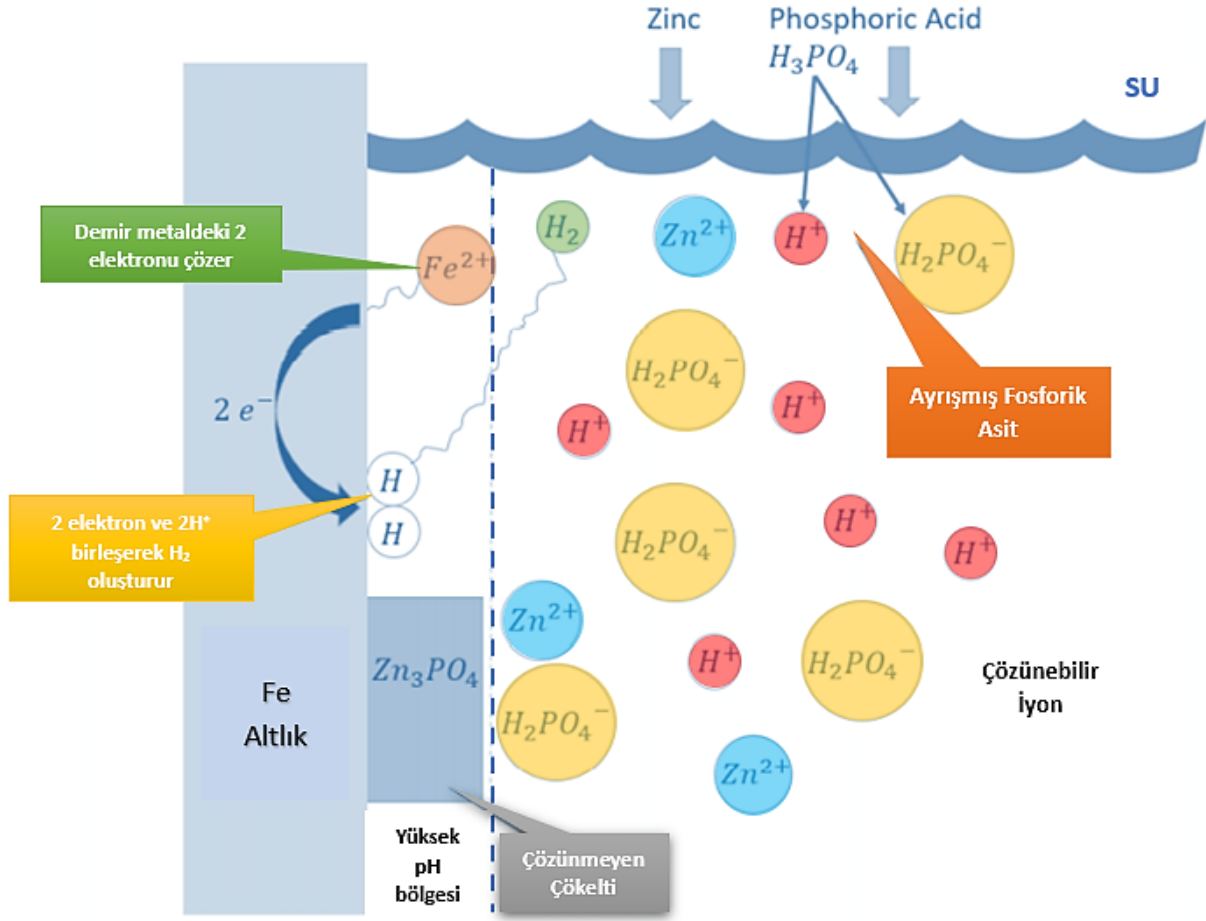


Hızlandırıcılar, H^+ iyonları ile reaksiyona girerek altlık yüzeyin pH'ını artırır ve Fosfat çözeltilerinin metal yüzeyle temasını engelleyen H_2 gaz kabarcıklarının büyümesini önlemektedir.

Zirkonyum esaslı pasivasyon, fosfat kristallerini ve kristaller arasındaki boşlukları pasivize (mühürleyerek) edilerek korozyon dayanımında artışa sebep olur. Pasivasyonun zirkonyum esaslı olmasının ana amacı Cr^{+3} zararlı ağır metaller yerine tercih edilmesidir. Ayrıca pasivasyon fosfat kristalleri arasındaki boşlukları azaltarak korozyon dayanımını artırır.

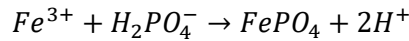
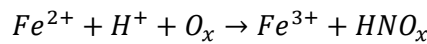
Pasivasyon sonrası son olarak durulama yapılarak fosfatlanmış numune hazır hale getirilmiştir. Fosfatlama işlemine tabii tutulan yüzey, asit kalıntısı, çözünebilir tuzlar ve yapışkan olmayan parçacıkların uzaklaştırılması için deiyonize su ile iyice durulanmalıdır. Fosfatlama sonrasında yüzeyde

oluşan asit kalıntısı ve tuzlar bir sonraki kaplama aşamasında yapışma kalitesini olumsuz etkiler ve korozyon direncinin düşük olmasına neden olur.



Şekil 2: Fosfatlama reaksiyonu mekanizması [4]

Demir ve çinko fosfat prosesinde istenmeyen atık yan ürün göz ardı edilirse fosfat çamuru birikecek ve fosfat banyosunun kimyasal verimliliği azalacaktır. Oluşan çamur periyodik olarak temizlenmelidir.



O_x : Oksidasyon maddeleri (hızlandırıcı olarak kullanılır)

Fosfatlama banyosundaki konsantrasyon optimum seviyede tutulmalı ve banyo belirli aralıklarla çamurdan arındırılmalıdır. Hızlandırıcı konsantrasyonundaki artış daha iyi kaplama oluşumuna yardımcı olurken, çok yüksek konsantrasyonda metal yüzeyin pasifleşmesine neden olabilir. İşlem süresinin doyma noktasının ötesine arttırılmasının kaplamanın performansı üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Fosfatlama banyosundaki toplam asit konsantrasyonunun kaplama kristal yapısına ve kaplama ağırlığına etkileri incelenmiştir. Fosfat banyo analizi Şekil 3'te verilmiştir.

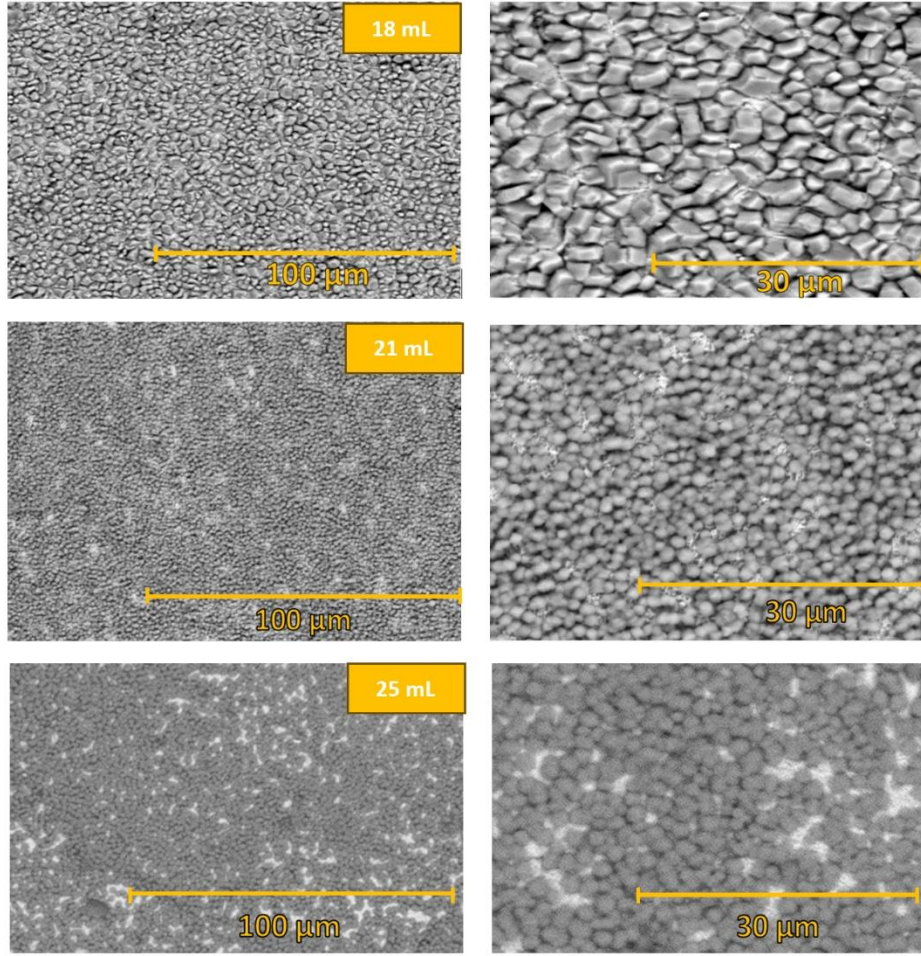


Şekil 3: Fosfat banyo analizi

Toplam asit, serbest asit ve hızlandırıcı konsantrasyonları farklı yöntemlerle ölçülür.

Toplam asit konsantrasyonunun 20-26 ml aralığında olmalıdır. Toplam asit, banyo içerisinde nötralize olmuş asitlerin toplamıdır. Serbest asit konsantrasyonu 1,5-2,0 aralığında olmalıdır. Serbest asit fosfat reaksiyonunu başlatmak için orijinal ve aktif durumda bulunan asit miktarıdır. Hızlandırıcının, etkisi banyoda çamur birikimi engeller.

Şekil 4'te, fosfatlama işlemi sonrasında 1000x ve 3000x büyütme ile elde edilen yüzey görüntüleri gösterilmektedir. 18 mL'lik hafif asit içeren bir banyoda lamel şeklinde yapı gözlenirken, 21 mL ve 25 mL'lik toplam asit içeren banyolarda ise küresel yapıda fosfat kristalleri oluşmuştur. Ancak, 18 mL'lik asit içeren banyoda, sabit asit miktarındaki düşüklük nedeniyle kristal oluşumu sınırlı kalmış, sonuç olarak yüksek kristal boyutlu ve lamelli bir yapı gözlenmiştir. Diğer yandan, 21 mL ve 25 mL'lik asit içeren banyolarda üretilen kaplamalarda istenen tipik küresel yapı elde edilmiştir ve her iki konsantrasyon için de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, karşılaştırıldığında, 21 mL'lik asit içeren banyoda kristal boyutunun daha düşük ve homojen bir dağılıma sahip olduğu gözlenmiştir. 25 mL'lik konsantrasyonda ise tekrar küresel yapı gözlenmiş ancak kristal boyutunda bir artış meydana gelmiştir. Ayrıca, 25 mL'lik konsantrasyonda yapılan yüksek büyütme görüntüsü incelendiğinde, fosfat kristallerinin yüzeyde homojen olarak dağılmadığı ve bazı boşluk bölgelerinin bulunduğu gözlenmiştir. Bu durum, fosfat kaplamanın korozyon dayanımını azaltmakta ve bir sonraki kaplamanın yapışma mukavemetini düşürmektedir. Tüm yüksek ve düşük büyütme SEM görüntüleri incelendiğinde optimum değer, en homojen dağılıma ve en düşük fosfat kristal boyutuna sahip 21 mL'lik toplam asit içeren banyonun olduğu söylenebilir.



Şekil 4: Farklı toplam asit miktarlarında oluşan fosfat kristallerini.

Tablo 2'de, fosfatlama sonrası kaplama kalınlığının net olarak belirlenemediği için kaplamaların ağırlıkları g/m^2 cinsinden gardometre cihazıyla ölçülmüştür. Toplam asit konsantrasyonuna göre değişen yüzeylerde oluşan kaplama ağırlıkları incelendiğinde, en düşük kaplama ağırlığının 18 mL toplam asit konsantrasyonunda elde edildiği görülmüştür. En yüksek kaplama ağırlığı ise 21 mL toplam asit konsantrasyonunda belirlenmiştir. Bu durum, yapıdaki küresel fosfat kristallerinin daha küçük boyutlu ve homojen olarak dağıldığına işaret etmektedir. Ancak, 25 mL toplam asit konsantrasyonunda kaplama ağırlığının 2.3 g/m^2 'e düştüğü gözlenmiştir. Bu durumda, kristal boyutundaki düşüşün nedeni, fosfat kristallerinin homojen olarak yüzeyde dağılmaması ve tane boyutlarının yüksek olmasıdır.

Tablo 2: Toplam asit konsantrasyonunun yüzeyde oluşan kaplama ağırlığına etkisi

Toplam Asit Konsantrasyonu	Yüzeyde Oluşan Kaplama Ağırlığı
18 ml	1.8 g/m^2
21 ml	2.8 g/m^2
25 ml	2.3 g/m^2

3. SONUÇ

Öncelikle, 18 mL toplam asit içeren banyoda gözlenen yüksek boyuttaki hafif lamel yapı, sabit asit miktarındaki düşüklük nedeniyle kristal oluşumunun sınırlı kaldığını göstermiştir. Diğer yandan, 21 mL ve 25 mL toplam asit içeren banyolarda elde edilen küresel yapıdaki fosfat kristalleri, istenen tipik yapıya uygun olarak oluşmuştur. Her iki konsantrasyon için yapılan incelemeler, 21 mL toplam asit miktarında kristal boyutunun daha düşük ve homojen bir dağılıma sahip olduğunu göstermiştir.

Kaplama ağırlıkları incelendiğinde, en düşük kaplama ağırlığının 18 mL toplam asit içeren banyoda elde edildiği ve en yüksek kaplama ağırlığının ise 21 mL toplam asit miktarında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Bu durum, yapıdaki küresel fosfat kristallerinin daha küçük boyutlu ve homojen olarak dağıldığına işaret etmektedir. Ayrıca, 25 mL toplam asit konsantrasyonunda kaplama ağırlığının düşmesi, fosfat kristallerinin homojen olarak yüzeyde dağılmaması ve tane boyutunun yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak, tüm yüksek ve düşük büyütme taramaları incelendiğinde, en homojen dağılıma, en düşük fosfat kristal boyutuna ve en yüksek kaplama ağırlığına sahip optimum toplam asit miktarının 21 mL olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, fosfatlama işlemi için optimum asit konsantrasyonunun belirlenmesi açısından önemli bir bilgi sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] M. G. S. Ferreira, M. L. Zheludkevich, J. Tedim, and K. A. Yasakau, “Self-healing nanocoatings for corrosion control,” *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials*, pp. 213–263, Jan. 2012, doi: 10.1533/9780857095800.2.213
- [2] T. S. N. Sankara Narayanan, “Surface pretreatment by phosphate conversion coatings - A review,” 2005, Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <http://www.ipme.ru/e-journals/RAMS/>
- [3] İ. USTA, O. YILMAZ, M. GÜL, A. CAN, and H. GÜL, “Effect of Adhesion and Corrosion Performance of Geomet Basecoat (321)- Topcoat (ML Black) Applications on Cathaphoretic Coating,” *Sakarya University Journal of Science*, vol. 28, no. 1, pp. 220–236, Feb. 2024, doi: 10.16984/SAUFENBILDER.1345904
- [4] M. Doerre, L. Hibbitts, G. Patrick, and N. K. Akafuah, “Advances in Automotive Conversion Coatings during Pretreatment of the Body Structure: A Review,” *Coatings 2018, Vol. 8, Page 405*, vol. 8, no. 11, p. 405, Nov. 2018, doi: 10.3390/COATINGS8110405

IMPACT OF TEMPERATURE EXPOSURE ON BOND-SLIP BEHAVIOR BETWEEN LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE AND CFRP COMPOSITE

ESMAIL A. ALSHUQARI

Gaziantep University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department
alshogary88@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4414-612X

ABDULKADİR ÇEVİK

Gaziantep University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department
akcevik@gantep.edu.tr

Abstract

This study examines the bond-slip behavior between carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sheets and lightweight geopolymer concrete (LWGC) specimens after exposure to several increased temperatures (20°C, 200°C, 400°C, and 600°C). 32 lightweight geopolymer specimens were subjected to double-shear tension testing in order to evaluate the influence of different widths and lengths of CFRP bonding. The specimens were molded and adhered to sheets of CFRP. The color appearance, mass loss, density, compressive strength, splitting strength, failure mode, the behavior of bond force-slip curves, the ultimate bond force and slip, the influence of temperature on the behavior of bond force-slip, stiffness, toughness, and microstructural analysis were examined before and after exposure to elevated temperatures. It was found that the average residual strengths (compressive and splitting) were 80%, 44%, and 25%, respectively, when the LWGC specimens were heated to 200 °C, 400 °C, and 600 °C. The impact of temperature on bond-slip behavior is minimal at low temperatures, specifically up to 200°C. Under these conditions, there is only a slight 5% decrease in the ultimate bond force and the corresponding slippage. However, when subjected to temperatures as high as 400°C, there is a significant reduction in both the ultimate bond force and the associated slippage, reaching up to 32% and 24%, respectively. The ultimate bond force and associated slippage experience a substantial decline when exposed to even higher temperatures, such as up to 600°C, with reductions of 48% and 41%, respectively.

Keywords: Lightweight geopolymer concrete (LWGCs), Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sheet, Bond-slip behavior, Elevated temperatures.

1. INTRODUCTION

Geopolymer concrete is a more sustainable option compared to typical Portland cement concrete, since it provides improved strength, durability, and environmental advantages. The research investigates many facets of geopolymer concrete, including its compressive strength, tensile strength, flexural strength, and sustainability performance (Kanagaraj et al., 2022; Nagaraju et al., 2023). Furthermore, Geopolymer concrete is a sustainable alternative to conventional Portland cement, which generates significant carbon dioxide emissions during production, contributing to environmental preservation. Moreover, geopolymer concrete exhibits superior durability and long-term sustainability compared to traditional cement-based concrete. Besides its environmental benefits, geopolymer concrete is produced by activating aluminosilicate materials with alkaline solutions, resulting in an enhanced cementitious binder with improved properties (Singh et al., 2019; Singh & Middendorf, 2020). Lightweight geopolymer concrete (LWGC) is an innovative and sustainable construction material that has gained significant attention in recent years due to its superior durability, lower environmental impact, and sustainable characteristics (Tale Masoule et al., 2022). LWGC is a type of concrete that utilizes lightweight aggregates, such as glass foam or artificial lightweight aggregates, in combination with geopolymer binders, which are formed by the reaction of aluminosilicate materials with alkaline activators (Abbas et al., 2018; Nasser et al., 2020; R. Zhao & Sanjayan, 2011). The use of lightweight

aggregates in LWGC offers several advantages, including reduced self-weight, improved thermal insulation, and enhanced fire resistance, making it an attractive choice for various construction applications (Youssif et al., 2023). Additionally, the geopolymer binder system provides excellent durability and mechanical properties, while also contributing to a lower carbon footprint compared to traditional Portland cement-based concrete (Ming et al., 2019; Posi et al., 2013). In addition to the lightweight and sustainable characteristics of geopolymer concrete (LWGC) mentioned previously, its performance at elevated temperatures is a crucial aspect to consider, especially for construction applications. Research has been conducted to investigate the mechanical properties and durability of LWGC when exposed to high temperatures. Elevated temperatures have a significant impact on the thermal characteristics and mechanical properties of geopolymer materials derived from fly ash. This includes products such as paste, mortar, and lightweight concrete. Research shows that geopolymer concrete, which includes lightweight fly ash components that are not in pellet form, performs better at high temperatures than traditional Portland cement concrete (Junaid et al., 2015). Moreover, Geopolymer materials have excellent thermal resistance, with their compressive strength first increasing and then gradually decreasing after being exposed to high temperatures (J. Zhao et al., 2021). Nevertheless, LWGC exhibits early strength improvements at lower temperatures but undergoes strength degradation at higher temperatures, accompanied by noticeable microstructural alterations, including heightened microcracks and expansion of unreacted silicates (Abdulkareem et al., 2013). The provided context highlights the need for effective repair methods to restore the structural integrity and durability of building components that have suffered significant damage due to high-temperature exposure. Carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) composites have emerged as a widely adopted technique for repairing and strengthening structural elements. While more costly than traditional materials like steel, CFRP offers several advantages: (i) Resistance to corrosion and chemical attacks, enhancing durability, (ii) Lightweight yet high strength-to-weight ratio, making it suitable for various applications, (iii) Low thermal conductivity, providing insulation properties, and (iv) Ease of application, simplifying the repair process (Al-Rousan et al., 2018; Vijayan et al., 2023). Despite the higher upfront cost, the superior properties of CFRP composites make them an attractive choice for structural repair and reinforcement, particularly in scenarios where long-term durability and resistance to harsh environments are crucial. Externally bonding carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) sheets is an effective method for repairing and strengthening reinforced concrete structures. The quality of the repair depends on the bonding between the CFRP sheets and the concrete substrate, which is achieved by using an efficient epoxy adhesive (Jumaat et al., 2011). The bond-slip relationship between concrete and CFRP is essential in establishing the structural effectiveness of CFRP-reinforced concrete parts. The bond between FRP composites and concrete is crucial for effective strengthening and repair of concrete structures. Several factors influence the bond-slip behavior, including concrete strength, FRP sheet dimensions, adhesive properties, surface preparation, and anchorage systems (Al-Allaf et al., 2016; Alhassan et al., 2019). Various experimental studies have been conducted to understand the failure modes and optimize the bond performance. Improving the bond can enhance the load transfer and ensure the composite action between FRP and concrete, leading to more effective structural rehabilitation. A thorough literature review revealed a lack of existing studies specifically investigating the bond-slip behavior between carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) sheets and lightweight geopolymer concrete (LWGC) exposed to elevated temperatures. This study aims to bridge this knowledge gap by providing a comprehensive understanding of the bond-slip characteristics between CFRP sheets and heat-damaged LWGC. As a result, this study aims to evaluate the effects of elevated temperatures on the bond performance between CFRP and LWGC, which is crucial for assessing the durability and structural integrity of strengthened geopolymer concrete structures in high-temperature environments. Moreover, to investigate the potential use of LWGC as a sustainable alternative to traditional lightweight concrete for strengthening applications, considering its enhanced thermal resistance and reduced environmental impact.

2. Experimental Program

2.1. Description of Specimens

A total of 32 LWGCs blocks measuring 150 x 150 x 150 mm have been produced for this study. The specimens of LWGCs were categorized into four groups based on the temperature level. The tested

specimens were identified using alphanumeric labels that indicated the characteristics of the lightweight geopolymer concrete (LWGC), the temperature influence (T: 20, 200, 400, 600 °C), the width of the CFRP bonding (Wf: 50mm, 100mm), and the length of the CFRP bonding (Lf: 50mm, 100mm). Table 1 provides a comprehensive description of the tested samples.

2.2. Material Properties

2.2.1. Geopolymer Concrete

The fabrication of LWGCs specimens was accomplished by utilizing ground granulated blast furnace slag (GGBS), fly ash (FA), and expanded glass granule aggregate (EGGA). The LWGCs specimens have been produced by mixing EGGA, fine aggregate, and normal coarse limestone aggregate with GGBS and FA. The proportion of GGBS to FA in the LWGC sample was 1:2. Table 2 presents the chemical properties of GGBS, fly ash, and EGGA. The geopolymer binder was activated by combining sodium hydroxide solution (NaOH) with sodium silicate (Na₂SiO₃) to create an alkaline activator. The NaOH solution was prepared by dissolving sodium hydroxide powder in water with a concentration of 12 moles and allowing it to stand at room temperature for 24 hours prior to use. The sodium silicate solution comprised of 13.7% sodium dioxide, 29.4% silicon dioxide, and 55.5% water. The ratio of the alkaline activator solution to binder was 0.45. To get the necessary workability of the combinations, a superplasticizer was included. The specimens were fabricated, thereafter shielded with plastic sheeting for a duration of one day, and subsequently removed from the molds and enclosed in plastic bags. They were then stored at ambient temperature for a period of 28 days. Table 3 displays the proportions of LWGC, whereas Figure1 depicts the procedures of mixing, casting, and curing of the samples.

2.2.2. CFRP Sheet And The Epoxy Adhesive

In this study, a unidirectional CFRP sheet with a 0.3 mm thickness and epoxy resin were used for bonding with NWGC and LWGC specimens. Table 4 summarizes the mechanical properties of CFRP and epoxy adhesive.

Table 1: Description of the testing procedure and specimen designation.

Designation	Temperature (°C)	Bond width, Wf (mm)	Bond length, Lf (mm)	No. of specimens
LWGCT20°,200°,400°,600°Wf50Lf50	20, 200, 400,	50	50	8
LWGCT20°,200°,400°,600°Wf50Lf100	600	50	100	8
LWGCT20°,200°,400°,600°Wf100Lf50		100	50	8
LWGCT20°,200°,400°,600°Wf100Lf100		100	100	8

Note: during the test, two samples were used for each type of designation.

Table 2: Chemical properties of fly ash, GGBS, and EGGA.

Component	Al ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	Na ₂ O %	SO ₃ %	SiO ₂ %	Specific gravity	Loss on ignition	Blaine fineness, m ² /kg
Fly ash	24.4	10.3	34.12	0.97	7.1	0.38	0.29	36.4	2.79	1.52	379
GGBS	10.39	2.4	2.24	3.37	0.69	0.35	0.49	57.2	2.15	1.64	418
EGGA	0.41	0.89	4.35	0.2	0.09	18.7	-	72.9	-	2.33	-

Table 3: Mixture proportions of LWGC.

Mix type	Na ₂ SiO ₃ Kg/m ³	NaOH	Slag	Fly ash	Coarse Agg.	EGG A	Fine Agg.	Density	Alkali/Binder	SP, %
LWGC	193	77	400	200	300	95	580	1654	0.45	4.5

Table 4: Properties of CFRP sheet and epoxy resin.

Material type	Tensile strength, MPa	Modulus of elasticity, GPa	Thickness, mm	Elongation, %	Area weight, g/m ²
CFRP	4900	240	0.3	2.1	300
Epoxy resin	54	3.034	-	3.5	-



Figure 1: Mixing, casting, and curing of the LWGC samples: (i) EGGA; (ii) consistent ingredients; (iii) blending activator with geopolymers; (iv) molds used for casting specimens; (v) casting and vibration; (vi) specimen curing

2.3. Heating Procedure

Prior to exposure to temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C, all LWGC samples underwent a preheating process at 105 °C for 24 hours in an oven after the curing process was completed. The purpose of this procedure was to remove any moisture on the surface and desiccate the samples prior to subjecting them to the desired temperature [38]. Following the preheating procedure, the samples were introduced into an electric furnace and subjected to a constant heating rate of 10 °C/min until the target temperature was reached. The specimens were thereafter maintained at a consistent temperature for a duration of 1 hours in order to establish a stable heat condition, as seen in Figure 2(b). After the heating procedure

was completed, the specimens were allowed to cool within the furnace. Figure 2 depicts the time-temperature schedule for the heating procedure.

2.4. Preparation of Specimens

After the heating procedure, the heated and unheated specimens for both NWGC and LWGC were prepared for bonding to CFRP sheet. To do this, the specimen's weak surface was first removed with a steel wire brush grinding equipment, followed by a cleaning with an air jet to clean up any leftover dust. prior to applying the epoxy resin, the area where the CFRP sheets would be bonded was marked, and the surrounding area was protected using plasterer's tape. Furthermore, a 25 mm of the specimen's top was left unbonded with plastering tape to avoid the possibility of a failure at a localized area due to stress concentration. Finally, epoxy resin was used to attach the CFRP sheet to both sides of the NWGC and LWGC specimens, and the samples were left to cure for two weeks before testing.

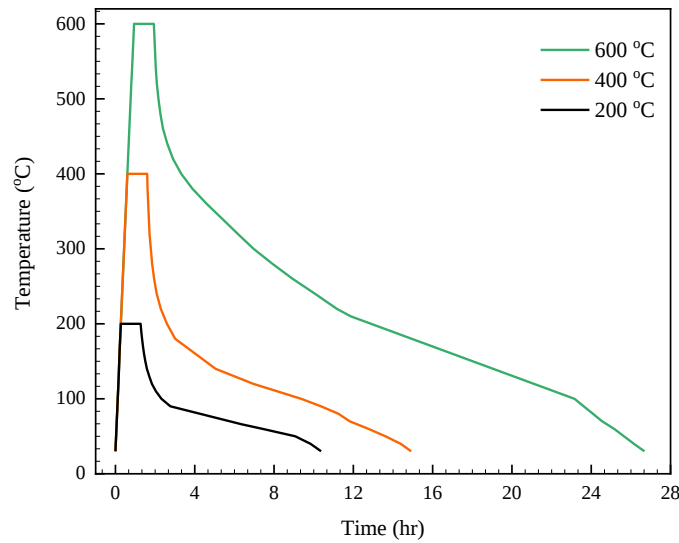


Figure 2: The time-temperature schedule of heating process.

2.5. Testing Procedures

2.5.1. Bond-Slip Test

The bond-slip test approach was used to assess the outcomes of double shear tension testing on both heated and unheated LWGC samples. Each specimen was tested twice, and the findings were assessed based on the average of these two samples. The bond-slip test process included using a specific steel frame and bolts to firmly attach all test specimens to the lowest platen of the testing machine. Figure 3 depicts this configuration. A hydraulic jack with a capacity of 100 kilonewtons (KN) was used to uniformly apply stress to all specimens. The experiment was carried out under displacement-controlled circumstances, with a loading rate of 0.3 mm/min. A load cell was used to measure the load. In order to ascertain the amount of slippage occurring at the interface between the sample face and the CFRP sheet, two Linear Variable Differential Transformers (LVDTs) were positioned on opposite sides of the specimen. An L-shaped steel plate was attached to the surface of the CFRP sheet in order to install the LVDTs. The data obtained from the Linear Variable Differential Transformers (LVDTs) and load cell were captured using a data gathering system.

2.5.2. Mechanical Strengths

In order to evaluate the mechanical characteristics of LWGC specimens, their compressive and splitting tensile strengths were analyzed according to the standards ASTM C109 and ASTM C496, respectively.

The compression strength of the specimens was tested using cube-shaped samples of 150x150x150 mm, while the splitting tensile strength was evaluated using cylinder samples measuring 100x200 mm. A total of four samples were examined from each group, and the average strength was calculated.

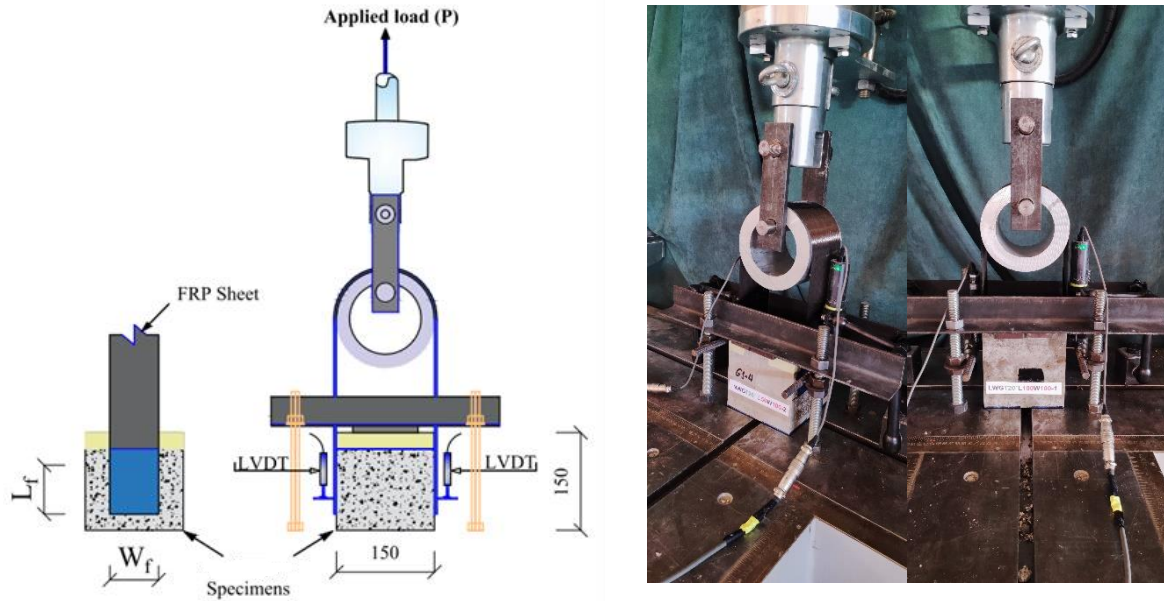


Figure 3: Double-shear bond test setup.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Color Appearance and Mass Loss

Figure 4 illustrates the changes in the color appearance of the LWGC samples before and after the heating process. As the temperature increases to 200°C, the sample takes on a darker gray shade. Further increase in temperature to 400°C results in the sample having a brownish-gray color. Finally, at 600°C, the sample exhibits a significantly darker gray-brown or black-to-brown color. This progressive color change from lighter to darker shades as the temperature rises can be attributed to various factors, such as chemical transformations, dehydration, and oxidation reactions occurring within the geopolymer matrix and lightweight aggregates at elevated temperatures. Zhao and Sanjayan (R. Zhao & Sanjayan, 2011) claim this is due to the fly ash's high iron oxide concentration.

The reduction in mass of LWGC specimens due to exposure to high temperatures was assessed by comparing the weights of the cube samples before and after the exposure. The relationship between mass loss and different temperature exposure levels of the LWGC specimens is seen in Figure 5. The mass loss of LWGC samples increased as exposure temperatures increased, as seen in Figure 5. The mass losses were 2%, 9%, and 12% when subjected to temperatures of 200°C, 400°C, and 600°C, respectively.



Figure 4: Color appearance of LWGC specimens exposed to elevated temperatures

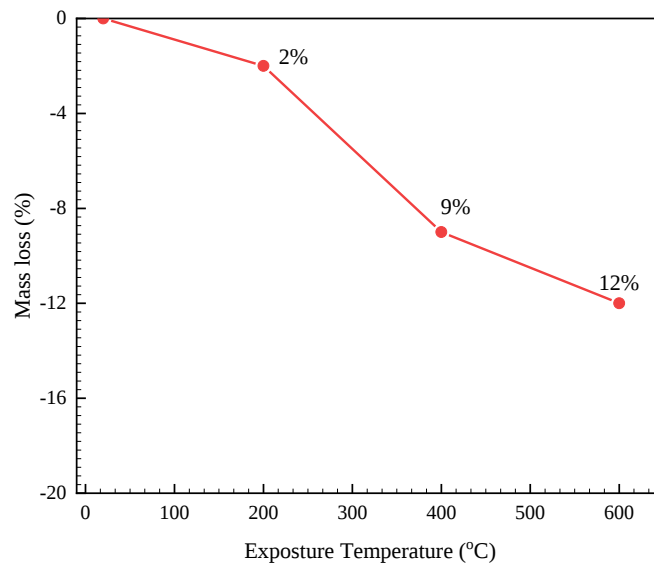


Figure 5: Mass loss of LWGC specimens exposed to elevated temperatures

3.2. Density, Compressive and Splitting Strength of LWGC

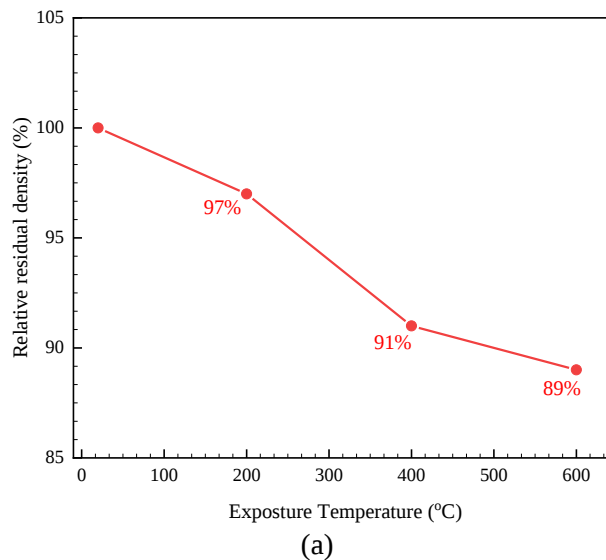
Table 5 provides a summary of the relationship between density, compressive strength, and splitting strength of LWGC with respect to applied temperature. Figure 4 (a) displays the relative residual density of LWGC specimens after being subjected to high temperatures. The residual densities of LWGC specimens at temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C were 97%, 91%, and 89% of the control specimen, respectively. Observations indicate that the density of LWGC decreases somewhat throughout the temperature range of 20 – 200 °C. Following a temperature of 200 °C, the LWGC

specimens exhibited a more pronounced decrease in density. The reason for this phenomenon may be attributed to the escalation of thermal pressure as the temperature increases, resulting in greater damage to the bond between the expanded glass aggregate and the geopolymer matrix (Turkey et al., 2022). Figure 4 (b) illustrates the relationship between the remaining compressive strength and the temperature at which it was applied for specimens made of lightweight concrete. The residual compressive strengths of the LWGC specimens heated at 200 °C, 400 °C, and 600 °C were 81%, 43%, and 26%, respectively, as compared to the unheated specimen. Figure 4(c) displays the residual splitting tensile strength of LWGC specimens before and after exposure to different temperatures. When subjected to varying temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C, the remaining splitting tensile strengths were 78%, 44%, and 23%, respectively. As shown in Figure 4 (b and c), the strength values of LWGC specimens exhibited a modest decline at 200 °C and a large decrease at 400 °C and 600 °C. The decrease in strength values found in the specimens as the temperature increases may be attributed to the thermal pressure released by water evaporation from the geopolymer matrix. As the temperature increased, the vapor pressure also increased, resulting in thermal strains that ultimately caused the creation of thermal fractures.

Table 5: Mechanical characteristics of LWGC.

Temperature (°C)	Density, γ_c (Kg/m ³)	Compressive strength, fcu (MPa)	Splitting strength, ft (MPa)
20	1654	22.82	1.32
200	1612	18.56	1.04
400	1513	9.81	0.58
600	1473	5.87	0.3

Note: the average strength was determined by testing four samples from each group.



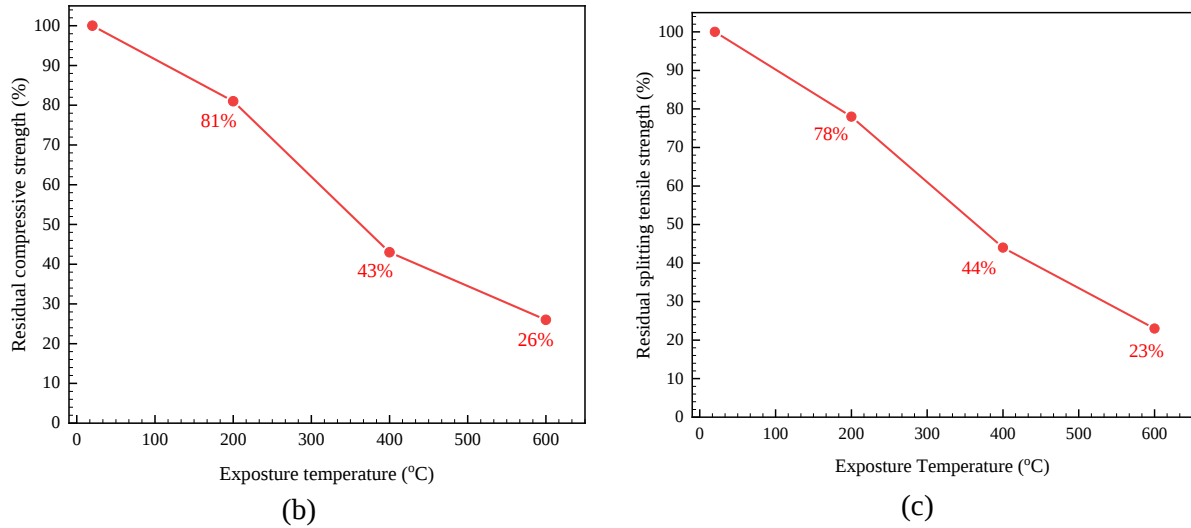


Figure 6: Residual values of LWGC exposed to elevated temperatures (a) density, (b) compressive strength, and (c) splitting tensile strength

3.3. Failure Mode

Based on a majority of the previous studies, the bond-slip behavior could appear in one of three failure modes: (a) fully bonded interface, (b) debonding interface, or (c) splitting failure/shear-off of the concrete (Alhassan et al., 2019; Alshuqari & Çevik, 2022; Irshidat & Al-Saleh, 2016). In this study, the most common failure mode observed was splitting failure/shear-off of the geopolymer concrete, regardless of temperature or bonding area of the CFRP sheet. The failure mode is influenced by the dimensions of the CFRP sheets, with larger bonding areas leading to larger geopolymer concrete shear-off zones. At lower temperatures, the shear-off angle originated from the free CFRP end at around 45°, while at higher temperatures it transitioned to a more vertical orientation.



(a) 20 °C

(b) 200 °C



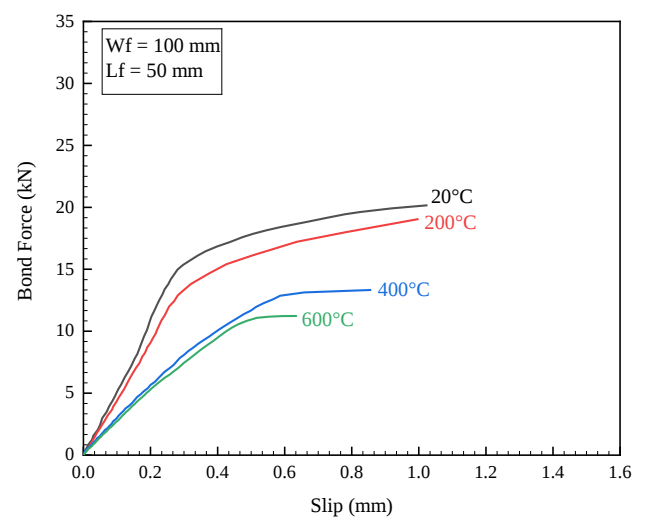
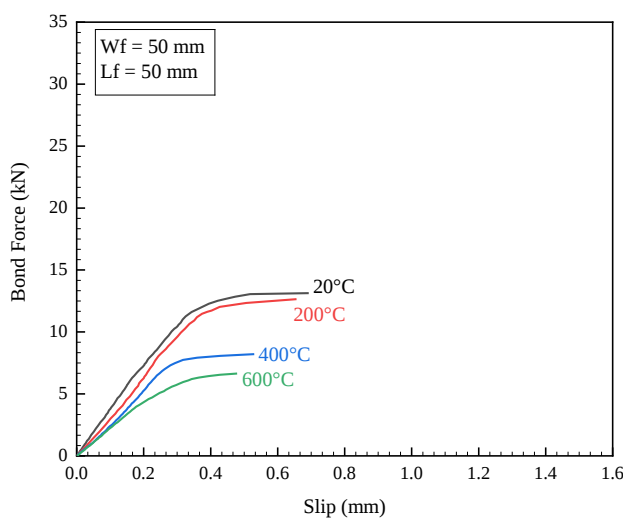
(c) 400 °C

(d) 600 °C

Figure 7: Modes of failure for LWGC specimens

3.4. Bond Force-Slip Curves

Figure 8 presents the bond-slip responses of LWGC specimens. The bond-slip responses of LWGC specimens, as depicted in Figure 8, can be observed to exhibit two distinct stages. The initial stage, which represents the elastic behavior and stiffness of the specimen, is characterized by a linear zone that begins at the start of the loading process. Within this zone, there is a gradual increase in bond force accompanied by a slight slip, until the initiation of CFRP sheet debonding. The second stage, which is nonlinear, commences after the elastic zone and extends until failure. In this stage, there is a rapid rise in bond force accompanied by a significant increase in slip.



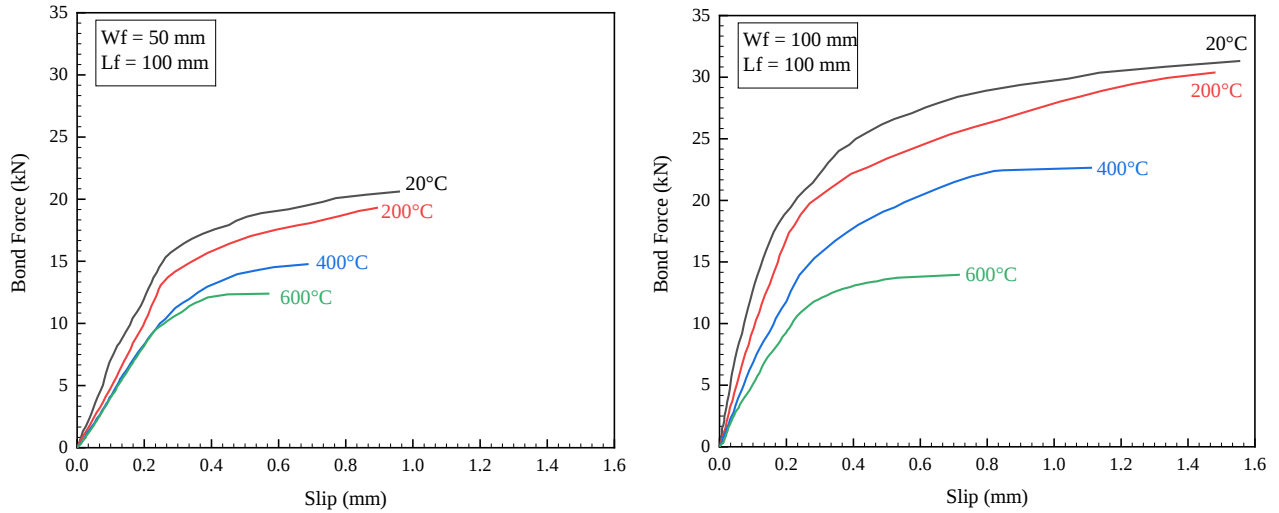


Figure 8: Bond force vs slippage curves of LWGC specimens

3.5. Maximum Bond Force and Ultimate Slip

Table 6 illustrates the outcomes of the LWGC specimen tests. To examine the influence of CFRP bonding widths and lengths on the bond-slip relationship under various temperatures, the maximum bond force and its corresponding slip for each specimen were compared to that of the sample with a smaller bonding area of $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$. The results of the LWGC specimens, as presented in Table 6 and Figure 8, indicate that increasing the CFRP bond width and length results in an increase in both the maximum bond force and ultimate slippage. For unheated specimens, when W_f and L_f were increased to ($W_f=50\text{mm}$, $L_f=100\text{mm}$), ($W_f=100\text{mm}$, $L_f=50\text{mm}$), and ($W_f=100\text{mm}$, $L_f=100\text{mm}$), respectively, the maximum bond force increased by 57%, 54%, and 138%. Additionally, the ultimate slippage increased by 39%, 48%, and 125%, respectively. When the specimens were heated to 200 °C, the maximum bond force improved by 53%, 51%, and 140%, respectively, for the same parameters. Furthermore, the ultimate slip increased by 37%, 52%, and 126%, respectively. For specimens exposed to 400 °C, the maximum bond force increased by 80%, 62%, and 176%, respectively, for the same parameters. Similarly, the associated ultimate slippage increased by 30%, 62%, and 110%, respectively. For specimens exposed to 600 °C, the maximum bond force showed an increase of 77%, 69%, and 110%, respectively, for the same parameters. Moreover, the corresponding ultimate slip improved by 20%, 33%, and 50%, respectively.

Table 6: Tested results for LWGC specimens.

Designation	T, °C	Wf, mm	Lf, mm	P _{max} , kN	S _u , mm	S, kN/mm	T, kN.mm
LWGCT20°Wf50Lf50	20	50	50	13.14	0.693	37	6.60
LWGCT20°Wf50Lf100		50	100	20.62	0.962	67	15.34
LWGCT20°Wf100Lf50		100	50	20.17	1.025	52	15.84
LWGCT20°Wf100Lf100		100	100	31.31	1.556	152	40.60
LWGCT200°Wf50Lf50	200	50	50	12.64	0.656	31	5.65
LWGCT200°Wf50Lf100		50	100	19.32	0.896	50	12.59
LWGCT200°Wf100Lf50		100	50	19.05	1.000	44	13.88
LWGCT200°Wf100Lf100		100	100	30.39	1.483	96	35.16
LWGCT400°Wf50Lf50	400	50	50	8.21	0.529	25	3.00

LWGCT400°Wf50Lf100	50	100	14.79	0.689	41	7.17	
LWGCT400°Wf100Lf50	100	50	13.33	0.858	31	7.92	
LWGCT400°Wf100Lf100	100	100	22.65	1.113	67	19.55	
LWGCT600°Wf50Lf50	600	50	50	6.64	0.479	22	2.09
LWGCT600°Wf50Lf100	50	100	11.75	0.573	38	5.06	
LWGCT600°Wf100Lf50	100	50	11.23	0.637	27	4.59	
LWGCT600°Wf100Lf100	100	100	13.97	0.718	53	7.71	

P_{max} : bond force; S_u : ultimate slip; S: stiffness; T: toughness.

3.6. The Influence of Temperature on The Behavior of Bond Force-Slip

Figure 9. displays the values of the maximum bond force (P_{max}) and ultimate slip (S_u) for LWGC specimens subjected to various temperature exposures. The results of specimens with different bonding widths and lengths were compared to that of the control specimen, which was an unheated specimen. The results indicate that P_{max} and S_u decreased significantly with increasing exposure temperature for all tested specimens. Specifically, for a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the maximum bond force decreased by 4%, 38%, and 49%, respectively, when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C. Correspondingly, there was a 5%, 24%, and 31% decrease in the corresponding ultimate slippage, respectively. Similarly, for a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in maximum bond force when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 6%, 28%, and 43%, respectively. Furthermore, the corresponding ultimate slippage decreased by 7%, 28%, and 40%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the reduction in the maximum bond force when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 6%, 34%, and 44%, respectively. Additionally, the corresponding ultimate slippage decreased by 3%, 16%, and 38%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in the maximum bond force when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 3%, 28%, and 55%, respectively. Correspondingly, the corresponding ultimate slippage decreased by 5%, 29%, and 54%, respectively. The findings mentioned earlier suggest that LWGC specimens exhibited a more pronounced decrease in both maximum bond force and ultimate slip at elevated temperatures. This can be attributed to the substantial softening of the expanded glass granular aggregate in LWGC specimens when exposed to high temperatures, resulting in a loss of strength.

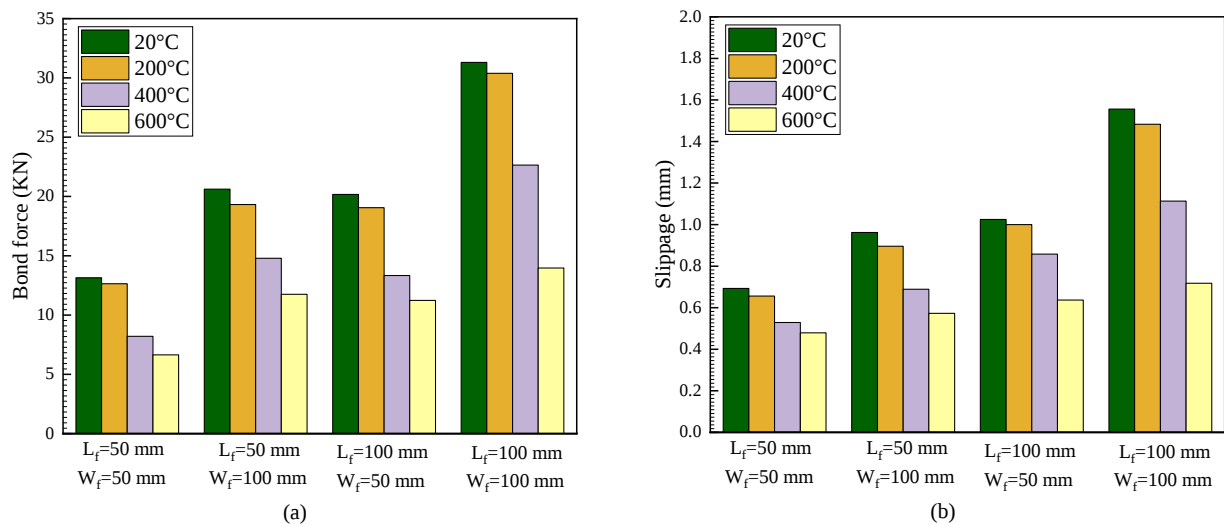


Figure 9: Bond force and slippage for LWGC specimens: (a) P_{max} , (b) S_u

3.7. Stiffness and Toughness

Table 6 presents the calculated stiffness and toughness values in correlation with the bond-slip curves of the LWGC specimens. The stiffness, shown by the slope of the first portion of the curve, is found by examining the behavior of specimens in their early phases. At the same time, the toughness is acquired by calculating the entire area under the bond-slip curves. Figure 10 (a) displays the stiffness results for LWGC specimens, which reveal that stiffness values decreased as the temperature increased for the same CFRP configuration. For a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the stiffness values decreased by 19%, 48%, and 68%, respectively, when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C. Similarly, for a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 34%, 63%, and 76%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 18%, 68%, and 37%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 58%, 127%, and 187%, respectively.

Figure 10 (b) displays the toughness results for LWGC specimens, which reveal that toughness values decreased as the temperature increased for the same CFRP configuration. For a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the stiffness values decreased by 17%, 120%, and 215%, respectively, when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C. Similarly, for a specimen with $W_f=50\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 22%, 114%, and 203%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=50\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 14%, 100%, and 245%, respectively. For a specimen with $W_f=100\text{mm}$ and $L_f=100\text{mm}$, the reduction in the stiffness values when exposed to higher temperatures of 200 °C, 400 °C, and 600 °C was 15%, 108%, and 426%, respectively.

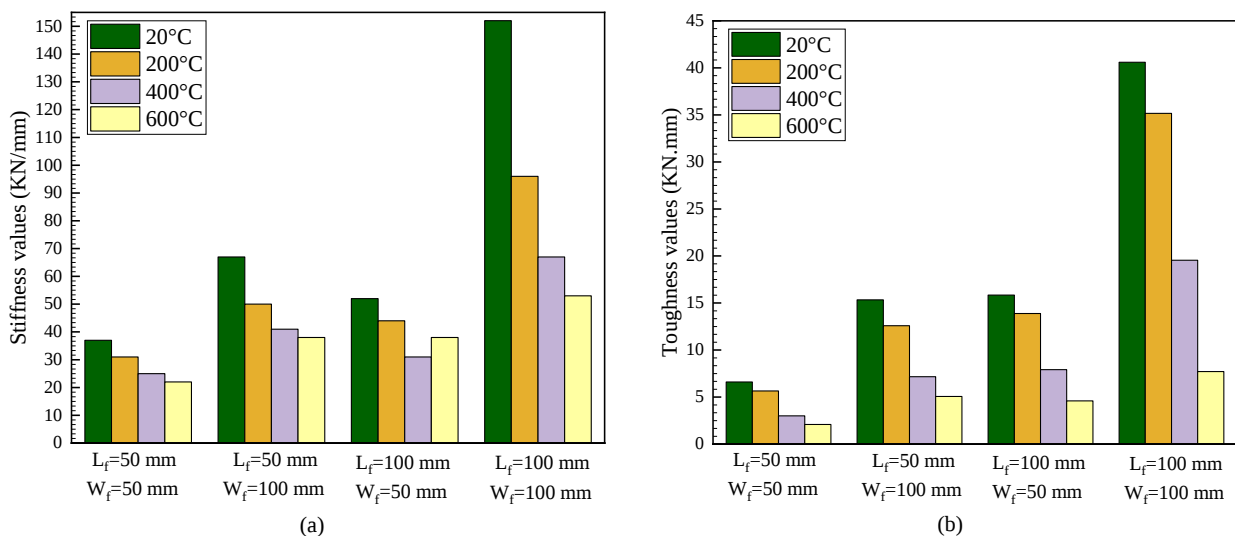


Figure 10: Stiffness and toughness results for LWGC specimens: (a) stiffness, (b) toughness.

3.8. SEM Analysis

Figure 11 presents SEM micrographs of LWGC samples at different temperature levels. At room temperature (20 °C), micro-cracks in LWGC samples are observed (Figure 11.a), which may be attributed to drying shrinkage. In addition, some voids and pores were detected in the internal structures of LWGC samples. Furthermore, the LWGC sample's internal matrix appears to have a less cohesive microstructure, which explains why the mechanical strength and bond-slip behavior are low. The microstructure of LWGC specimens was considerably damaged when exposed to high temperatures, as observed in Figure 11 (c-d), which degraded their mechanical properties. As the temperature increased, the LWGC sample's internal structures exhibited more voids and higher porosity. Additionally, several micro-cracks and thermal cracks developed and spread throughout the geopolymer matrix

microstructure, making the bond between EGGA and the geopolymer paste less cohesive and weak. Figure 11 (d) shows that the expanded glass granular aggregate is damaged and destroyed by aggressive temperatures up to 600 °C, illustrating the LWGC samples' weak texture. This is due to the differences in thermal expansion of expanded glass granular aggregates and geopolymer paste during high-temperature heating.

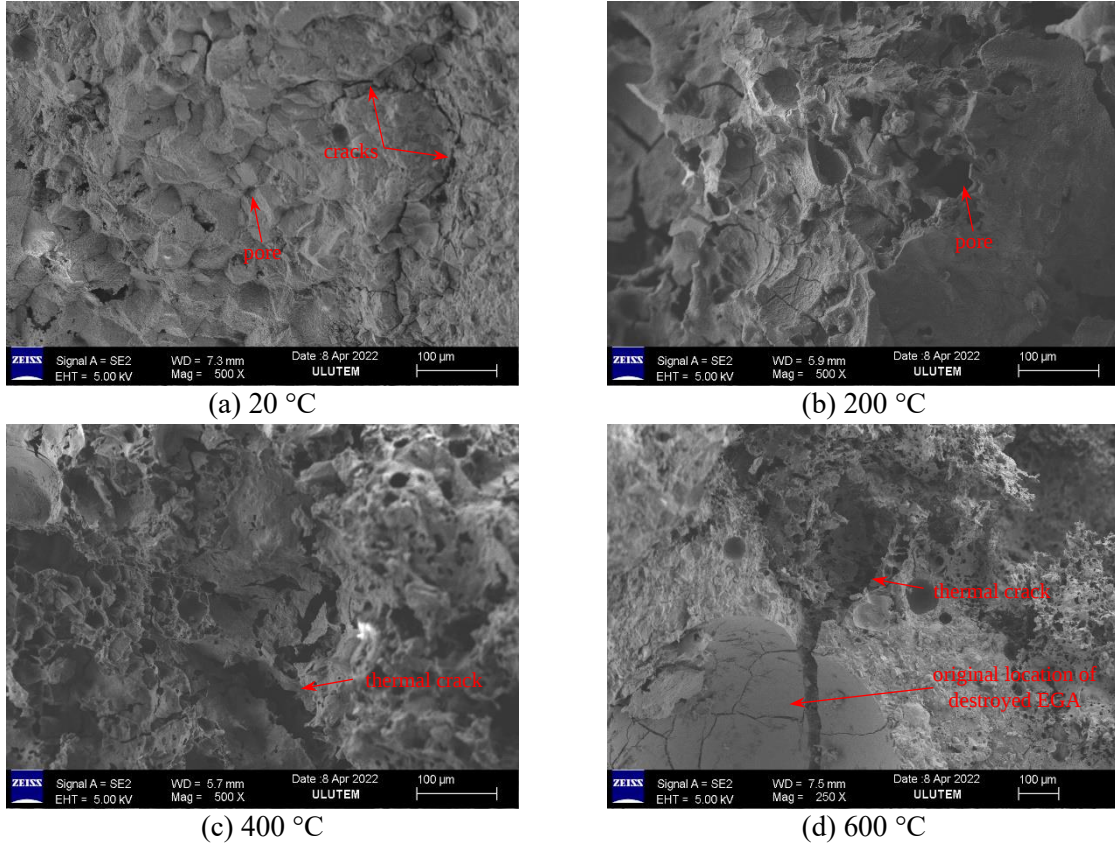


Figure 11: SEM micrographs of LWGC specimens.

4 . CONCLUSION

Based on the findings of the present study, the following conclusions can be drawn:

1. At various temperatures, the residual compressive and splitting tensile strengths of LWGC specimens experienced significant reductions. A minor decline was observed at 200°C up to 20%, while a notable decrease occurred at both 400°C and 600°C up to 56% and 75%, respectively.
2. Regardless of the applied temperature or the bonding area of the CFRP sheet, the predominant failure mode observed in the bond-slip behavior of the LWGC specimens was a shear-off at the geopolymer concrete.
3. Elevated temperature has minimal impact on bond-slip behavior, with only a slight 5% decrease in ultimate bond force and corresponding slippage at low temperatures up to 200°C.
4. At temperatures reaching 400°C, a notable decrease is observed in both the ultimate bond force and the corresponding slippage, with reductions of up to 32% and 24%, respectively.
5. Exposure to higher temperatures, specifically up to 600°C, leads to a significant decline in both the ultimate bond force and the associated slippage, with reductions of 48% and 41% respectively.
6. The SEM micrographs demonstrate that LWGC samples have a less cohesive microstructure at low temperatures, as seen by the presence of micro-cracks, voids, and holes within the internal structures. In addition, being exposed to high temperatures causes further damage to the microstructure, leading to a rise in voids and a greater level of porosity.

REFERENCES

- Abbas, W., Khalil, W., & Nasser, I. (2018). Production of lightweight Geopolymer concrete using artificial local lightweight aggregate. *MATEC Web of Conferences*, 162. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816202024>
- Abdulkareem, O. A., Abdullah, M. M. A. B., Hussin, K., Ismail, K. N., & Binhussain, M. (2013). Mechanical and microstructural evaluations of lightweight aggregate geopolymer concrete before and after exposed to elevated temperatures. *Materials*, 6(10). <https://doi.org/10.3390/ma6104450>
- Al-Allaf, M. H., Weekes, L., Augusthus-Nelson, L., & Leach, P. (2016). An experimental investigation into the bond-slip behaviour between CFRP composite and lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.032>
- Alhassan, M. A., Al Rousan, R. Z., & Al Shuqari, E. A. (2019). Bond-slip behavior between fiber reinforced concrete and CFRP composites. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.03.001>
- Al-Rousan, R. Z., Alhassan, M. A., & AlShuqari, E. A. (2018). Behavior of plain concrete beams with DSSF strengthened in flexure with anchored CFRP sheets—Effects of DSSF content on the bonding length of CFRP sheets. *Case Studies in Construction Materials*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00195>
- Alshuqari, E. A., & Çevik, A. (2022). Behavior of bond-slip relationship of lightweight and normal weight geopolymer with various FRP sheets using end-groove anchorage. *Construction and Building Materials*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128060>
- Irshidat, M. R., & Al-Saleh, M. H. (2016). Effect of using carbon nanotube modified epoxy on bond-slip behavior between concrete and FRP sheets. *Construction and Building Materials*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.183>
- Jumaat, M. Z., Rahman, M. M., & Rahman, M. A. (2011). Review on bonding techniques of CFRP in strengthening concrete structures. In *International Journal of Physical Sciences* (Vol. 6, Issue 15).
- Junaid, M. T., Khennane, A., & Kayali, O. (2015). Performance of fly ash based geopolymer concrete made using non-pelletized fly ash aggregates after exposure to high temperatures. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 48(10), 3357–3365. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0404-6>
- Kanagaraj, B., N, A., Alengaram, U. J., Raj R, S., B, P., & Tattukolla, K. (2022). Performance evaluation on engineering properties and sustainability analysis of high strength geopolymer concrete. *Journal of Building Engineering*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105147>
- Ming, L. Y. U. N., Sandu, A. V., Yong, H. C., Tajunnisa, Y., Azzahran, S. F., Bayuji, R., Abdullah, M. M. A. B., Vizureanu, P., Hussin, K., Jin, T. S., & Loong, F. K. (2019). Compressive strength and thermal conductivity of fly ash geopolymer concrete incorporated with lightweight aggregate, expanded clay aggregate and foaming agent. *Revista de Chimie*, 70(11). <https://doi.org/10.37358/rc.70.19.11.7695>
- Nagaraju, T. V., Bahrami, A., Azab, M., & Naskar, S. (2023). Development of sustainable high performance geopolymer concrete and mortar using agricultural biomass—A strength performance and sustainability analysis. *Frontiers in Materials*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1128095>
- Nasser, I. F., Khalil, W. I., & Abbas, W. A. (2020). Strength and thermal conductivity of geopolymer pervious concrete made from artificial lightweight aggregate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 737(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012074>
- Posi, P., Teerachanwit, C., Tanutong, C., Limkamoltip, S., Lertnimoolchai, S., Sata, V., & Chindaprasirt, P. (2013). Lightweight geopolymer concrete containing aggregate from recycle lightweight block. *Materials and Design*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.06.001>
- Singh, N. B., Kumar, M., & Rai, S. (2019). Geopolymer cement and concrete: Properties. *Materials Today: Proceedings*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.513>

- Singh, N. B., & Middendorf, B. (2020). Geopolymers as an alternative to Portland cement: An overview. *Construction and Building Materials*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117455>
- Tale Masoule, M. S., Bahrami, N., Karimzadeh, M., Mohasanati, B., Shoaie, P., Ameri, F., & Ozbakkaloglu, T. (2022). Lightweight geopolymer concrete: A critical review on the feasibility, mixture design, durability properties, and microstructure. In *Ceramics International* (Vol. 48, Issue 8). <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.01.298>
- Turkey, F. A., Beddu, S. B., Ahmed, A. N., & Al-Hubboubi, S. K. (2022). Effect of high temperatures on the properties of lightweight geopolymer concrete based fly ash and glass powder mixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01489. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2022.E01489>
- Vijayan, D. S., Sivasuriyan, A., Devarajan, P., Stefańska, A., Wodzyński, Ł., & Koda, E. (2023). Carbon Fibre-Reinforced Polymer (CFRP) Composites in Civil Engineering Application—A Comprehensive Review. In *Buildings* (Vol. 13, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/buildings13061509>
- Yousf, O., Mills, J. E., Elchalakani, M., Alanazi, F., & Yosri, A. M. (2023). Geopolymer Concrete with Lightweight Fine Aggregate: Material Performance and Structural Application. *Polymers*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/polym15010171>
- Zhao, J., Wang, K., Wang, S., Wang, Z., Yang, Z., Shumuye, E. D., & Gong, X. (2021). Effect of elevated temperature on mechanical properties of high-volume fly ash-based geopolymer concrete, mortar and paste cured at room temperature. *Polymers*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/polym13091473>
- Zhao, R., & Sanjayan, J. G. (2011). Geopolymer and Portland cement concretes in simulated fire. *Magazine of Concrete Research*, 63(3). <https://doi.org/10.1680/mac.9.00110>

EGE BÖLGESİ POPÜLASYONUNDA OTOZOMAL STR LOKUSLARININ İNCELENMESİ

CANSEV BAZ

Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı
baz.cansev@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6101-7910

Özet

Ege Bölgesi Türkiye'nin en kalabalık üçüncü bölgesidir. Türkiye'de daha önce STR lokusları ile alakalı benzer çalışmalar yapılmış olup 21 STR bölgesini içeren ve sadece Ege Bölgesi hedef alan benzer bir çalışma olmamıştır. Ege Bölgesi popülasyonunun Allel frekansını belirlemek amacıyla Ege Bölgesindeki illerin nüfus yoğunluklarına bakılarak bir çalışma grubu oluşturuldu. Buna göre örnekler üzerinde bölge popülasyonunun Allel frekanslarını belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın elde edilen frekansların diğer bölgesel ve yurtdışı çalışmalarında genetik değerlendirme kriterleri doğrultusunda benzerlik ve farklılıkların belirlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte belirecek genotip verilerinin Allel dağılım frekansları, kişileri ayırt etme gücü adli bilimlerle ilgili çalışmalarda önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışmada 160 bireye ait DNA örnekleri incelenmiş ve 21 STR lokuslarına ait Allel frekansları elde edilmiştir, bu veriler ile daha önce yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar karşılaştırılmıştır. Bazı STR bölgelerinde anlamlı farklılıklar görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Otozomal STR analizi, GlobalFiler, Allel frekansı

AN EXAMINATION OF AUTOSOMAL STR LOCI IN THE AEGEAN REGION POPULATION

Abstract

The Aegean Region is the third most populous region of Turkey. Similar studies have been conducted previously in Turkey regarding STR loci, which include 21 STR regions, but there hasn't been a similar study focusing solely on the Aegean Region. A study group was formed by considering the population densities of the provinces in the Aegean Region in order to determine the Allele frequencies of the Aegean Region population. A study was conducted on samples to determine the Allele frequencies of the regional population. It is believed that the frequencies obtained from this study will contribute to determining similarities and differences in accordance with genetic evaluation criteria in other regional and international studies. Additionally, the Allele distribution frequencies of the determined genotypes will be an important data source in forensic science studies for the power of distinguishing individuals.

In conclusion, DNA samples from 160 individuals were examined in this study, and Allele frequencies for 21 STR loci were obtained. These data were compared with previous national and international studies. Significant differences were observed in some STR regions.

Keywords: Autosomal STR analysis, GlobalFiler, Allele frequency

1.GİRİŞ

İnsanoğlu her zaman nereden ve nasıl geldiği hakkında bilgi sahibi olmak istemiştir. Geçmişten günümüze insan popülasyonlarının kökeni hakkında çeşitli araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Sosyal bilimcilerin araştırmalarının yanı sıra fen bilimcilerin insanoğlunun varoluşu ile ilgilenmeye başlaması canlıların sahip olduğu genetik materyalin keşfedilmesine olanak sağlamıştır. Genetik materyalin nesilden nesille aktarıldığı bu aktarımlar sırasında meydana gelen mutasyonlar ile DNA'nın (Deoksiribonükleik Asit) farklılaşarak insanları birbirinden ayırt edilebileceği görülmüştür. Bu farklılıklar, insanın genetik geçmişine ışık tutacak kayıtları içermektedir.

DNA molekülünün tamamı protein üretiminden sorumlu değildir. Protein kodlayan kısım tüm genomun %5'i kadardır. Henüz kodlama yapmayan bölgelerin fonksiyonları tam olarak belirlenememiştir. Yüksek oranda değişkenlik gösteren bu bölgelerin polimorfizmlerinin nedeni delesyon, inversiyon, nokta mutasyonları ve ardışık tekrar eden dizinlerdir. Bütün insanlar aynı dizi tekrarına sahiptir fakat tekrar sayıları her insanda farklıdır. Bu tür polimorfizm, ardışık tekrar eden dizi sayısının büyüklüğüne göre ayrılmaktadır. Popülasyon çalışmalarında STR (Short Tandem Repeats) minisatelitler kullanılmaktadır.

Günümüzde STR analizleri adli bilimler alanında ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Kimliklendirme işlemleri yapılırken ticari olarak üretilen STR analiz kitleri büyük önem arz etmektedir. Aynı coğrafyada yaşayan insanlar belirli bir genetik popülasyondan oluşmaktadır. Genetik markırların doğru tanımlanması için popülasyonların iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

2.MATERYAL ve METOT

Bu çalışma için İzmir, Muğla, Manisa, Uşak, Afyonkarahisar, Denizli ve Aydın illerinde yaşayan 160 birey seçilmiştir.

2.1. DNA İzolasyonu

Genomik DNA fenol-klorofom izolasyon yöntemi kullanılarak kan örneklerinden elde edilmiştir.

2.2.PCR Amplifikasyonu

CLA GlobalFiler™ ticari kiti ile amplifikasyon basamağı tamamlanmış ve örnekler Applied Biosystems™ Veriti 96 well Thermal Cycler cihazı kullanılarak PCR basamağı gerçekleştirildi.

2.3.Elektroforez ve Tiplendirme

İzolatlar Hi-Di Formamid ve GeneScan™ - 600 LIZ standart ile karıştırıldı ve Applied Biosystems™ 3500xL Genetic Analyzer HID cihazı kullanılarak kapiller elektroforez işlemi gerçekleştirildi. Bu çalışmada GeneMapper ID-X Software v1.4 yazılımı kullanıldı.

2.4.Verilerin Analizi

Elde edilen DNA profillerine ait istatistiksel veriler; PowerStats v.1.2 (Promega Cooperation) yazılımı kullanılarak elde edildi.

3.SONUÇ

Tüm çalışmada elde ettiğimiz verileri hem ulusal hem uluslararası çalışmalar ile mukayese edilmiştir. Mukayese edilen veriler Tabloda gösterilmiştir. Çalışma grubumuzdan elde ettiğimiz veriler ile diğer çalışmaları kıyasladığımızda D7S820, D18S51, FGA ve D1S1656 bölgeleri hariç anlamlı farklılıkların olmadığı, özellikle benzer coğrafyalardan elde edilen veriler ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bahsi geçen bölgeler ile heterozigotluk oranının yüksek olduğu ve çeşitliliklerin fazla olduğu bölgeler olması sebebiyle bu anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı düşünülebilir. Bu çalışma elde edilen veriler ışığında birbirine yakın coğrafyalarda yaşayan popülasyonların benzer genetik özellikler taşıdığını söyleyebiliriz.

Tablo: 1: Ulusal ve uluslararası çalışmalarda elde edilen verilerin, çalışmamıza ait Allel frekansları ile mukayesesi.

	Bozman N. (2018) Güneydoğu Anadolu Bölgesi		Gasona Paul et. al (2021) Afrika Kıtası Ruanda popülasyonu		Antoinette A. et. al (2014) Hollanda		Urszula Krzeminska et. al (2021) İngiltere		Seong Yeon Y. et. al (2011) Kore		Baz C. (2024) Ege Bölgesi		
	En sık görülen Allel	Allel frekansı	En sık görülen Allel	Allel frekansı	En sık görülen Allel	Allel frekansı	En sık görülen Allel	Allel frekansı	En sık görülen Allel	Allel frekansı	En sık görülen Allel	Allel frekansı	HE (%)
D2S441	11	0,35603	14	0,3149	11	0,34317	11	0,331	-	-	11	0,343	76
D22S104 5	15	0,38521	15	0,2327	16	0,37074	16	0,371	-	-	15	0,375	68
D10S124 8	14	0,30545	13	0,3010	13	0,31607	13	0,311	-	-	14	0,296	72
SE33	18-19	0,07977	19	0,1554	18	0,06715	-	-	-	-	18	0,112	98
D12S391	18	0,17315	18	0,3436	18	0,17554	18	0,161	-	-	18	0,162	91
D8S1179	13	0,24708	14	0,3485	14	0,31966	13	0,307	13	0,2266	13	0,293	86
D21S11	-	-	8	0,3079	30	0,25875	30	0,260	30	0,3582	30	0,240	88
D7S820	11	0,27432	7	0,0208	10.3	0,25923	10	0,268	11	0,3651	10	0,259	85
CSF1PO	12	0,34825	7	0,0782	12	0,33309	12	0,319	12	0,3770	11	0,337	64
D3S1358	16	0,28599	16	0,3475	15	0,24652	15	0,268	15	0,3839	16	0,337	67
TH01	7	0,30156	6	0,2000	9.3	0,34652	9.3	0,328	9	0,4801	6	0,278	80
D13S317	12	0,37160	12	0,40099	11	0,1236	11	0,294	11	0,2343	11	0,312	75
D16S539	11	0,28794	8	0,0267	11	0,32158	11	0,310	9	0,2947	11	0,353	79
D2S1338	-	-	-	-	17	0,19400	17	0,202	23	0,1767	23	0,165	83
D19S433	-	-	13	0,2624	14	0,36619	14	0,368	13	0,3258	14	0,303	83
VWA	16	0,27237	16	0,2436	17	0,27410	17	0,273	17	0,2795	17	0,271	77
TPOX	8	0,53307	8	0,3079	8	0,54149	8	0,528	8	0,4892	8	0,568	65
D18S51	14	0,19844	15	0,1396	14	0,16475	15	0,173	13	0,2330	13	0,168	87
D5S818	12	0,38911	12	0,3743	12	0,37674	11	0,372	11	0,3263	12	0,346	77
FGA	23	0,24903	22	0,2505	21	0,16691	21	0,191	23	0,2452	22	0,215	89
D1S1656	16	0,17315	14	0,2604	17.3	0,14197	17.3	0,146	-	-	15	0,190	85

KAYNAKÇA

Antoinette A. W., Thirsa K., Elizaveta A. Robles de M., Joyce H., Patricia W., Sofia B. Zuniga, Kristiaan J. van der G., Natalie E.C. W., Jeroen W., Manfred K., Titia S., Peter de K. (2014). Comparing six commercial autosomal STR kits in a large Dutch population sample. Forensic Science International: Genetics; 10;55-63

Bozman N. (2018). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Popülasyonunda Otozomal STR Lokuslarının Genetik Karakterizasyonu (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gasona Paul, et al. (2021). Genetic Polymorphism of 24 Autosomal STR in the Population of Rwanda. Biochemical genetics; doi:10.1007/s10528-021-10067-6

Seong Y.Y., Nam S.C., Myung J.P., Ki Min S., Jung H.H., Seok B.S., Myun S.H., Won T.L. and Ki W.C. (2011). A Large Population Genetic Study of 15 Autosomal Short Tandem Repeat Loci for Establishment of Korean DNA Profile Database. Molecules and cells;32, 15-19

Urszula K., Buckley B., Loake T., Nicholson C., Beesley D., Randall C. (2021). Population data for 23 autosomal STR loci in White British population. Legal medicine; 50; 101863

IMPLEMENTING DISTRICT-LEVEL RETROFIT STRATEGIES BY UTILIZING THE BIM MODELING BASED ON A CASE STUDY

HANIYEH KAMANEH AZARI

Istanbul Technical University, Energy and Technology Institute
azari20@itu.edu.tr

Prof. Dr. HATİCE SÖZER

Istanbul Technical University, Energy and Technology Institute
sozerh@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5310-4108

Abstract

Reducing dependence on fossil fuels due to resource limitations is crucial. This study uses Building Information Modeling (BIM) for comprehensive analysis at both building and district scales through various programs to lower energy demands at the district level.

The research focuses on KIZILAY Street in Istanbul's KARTAL district, examining 78 buildings based on function and age. Indicators like population, energy consumption, cost, and greenery at the district level are analyzed.

Two buildings, representing old and new constructions, are modeled using BIM and energy modeling tools such as Autodesk Revit, AutoCAD, Insight 360, Green Building Studio, E-Quest, PV watts Calculator, and Microsoft Office. The first step involves creating structural and architectural BIM models in Revit and transferring them to Insight 360 to establish energy profiles, including annual energy consumption per square meter. Data exported from Revit's gbXML is input into Green Building Studio for a detailed analysis of CO2 emissions, lifecycle energy use, and costs.

Strategies evaluated include passive measures (envelope insulation, window glazing, overhangs, blinds), active measures (photovoltaic panels, heat pumps), and operational management (HVAC system adjustments) in E-Quest models to enhance energy efficiency. These results are applied to the entire area, incorporating the effects of greenery and shading, to estimate pre- and post-retrofitting energy needs at the district level.

The findings predict that these measures could reduce energy consumption on KIZILAY Street by 48.62% and decrease the district's energy costs by 49.02%, representing a substantial improvement.

Keywords: Urban Sustainability, Building Information Modeling (BIM), District-level Energy Efficiency, Passive Strategies, Active Strategies, Operational Management

1. INTRODUCTION

This study focuses on implementing district-level retrofit strategies utilizing Building Information Modeling (BIM). In the current landscape, climate change and energy efficiency are critical issues that require immediate and effective solutions (United Nations Environment Programme, 2018). Buildings are major consumers of energy and significant contributors to carbon emissions (International Energy Agency, 2019). Traditional retrofitting efforts typically target individual buildings, often missing the broader benefits that could be achieved through a district-level approach. Existing research highlights the potential of BIM to revolutionize the construction and retrofitting industries by providing comprehensive tools for design, analysis, and management (Autodesk, 2020). However, there is a notable gap in the application of BIM for district-level retrofitting. While individual building retrofits using BIM have shown promising results in terms of energy savings and operational improvements, scaling these efforts to a district level remains an underexplored area. The primary objective of this research is to develop and evaluate district-level retrofit strategies using BIM. Specifically, the study aims to identify the most effective passive and active retrofit measures, model and analyze retrofit scenarios using BIM tools such as Autodesk Revit, Insight 360, and Green Building Studio, and assess the potential energy savings and cost reductions. By focusing on a case study in Istanbul's KARTAL district, particularly KIZILAY Street, the research seeks to showcase the practical application and

benefits of district-level retrofitting. This study aims to fill the research gap by providing a comprehensive analysis of district-level retrofitting using BIM, offering valuable insights and practical recommendations for urban planners, architects, and policymakers. By demonstrating the feasibility and benefits of this approach, the research contributes to the ongoing efforts to create more energy-efficient and resilient urban environments (United Nations Environment Programme, 2018; International Energy Agency, 2019; Autodesk, 2020).

2. MATERIAL & METHODOLOGY

The project aims to analyze specific sustainability criteria, including energy consumption, energy costs, population, and greenery. This comprehensive examination is conducted at both the district and building levels, ensuring a coordinated and integrated approach rather than treating these investigations as separate entities.

As illustrated in Figure 1, the project adopts a phased methodology, starting with a broad overview at the district level and progressively narrowing the focus to specific details at the building level. By integrating these two perspectives—general at the district level and specific at the building level—the project ensures a thorough and holistic evaluation of the outcomes.

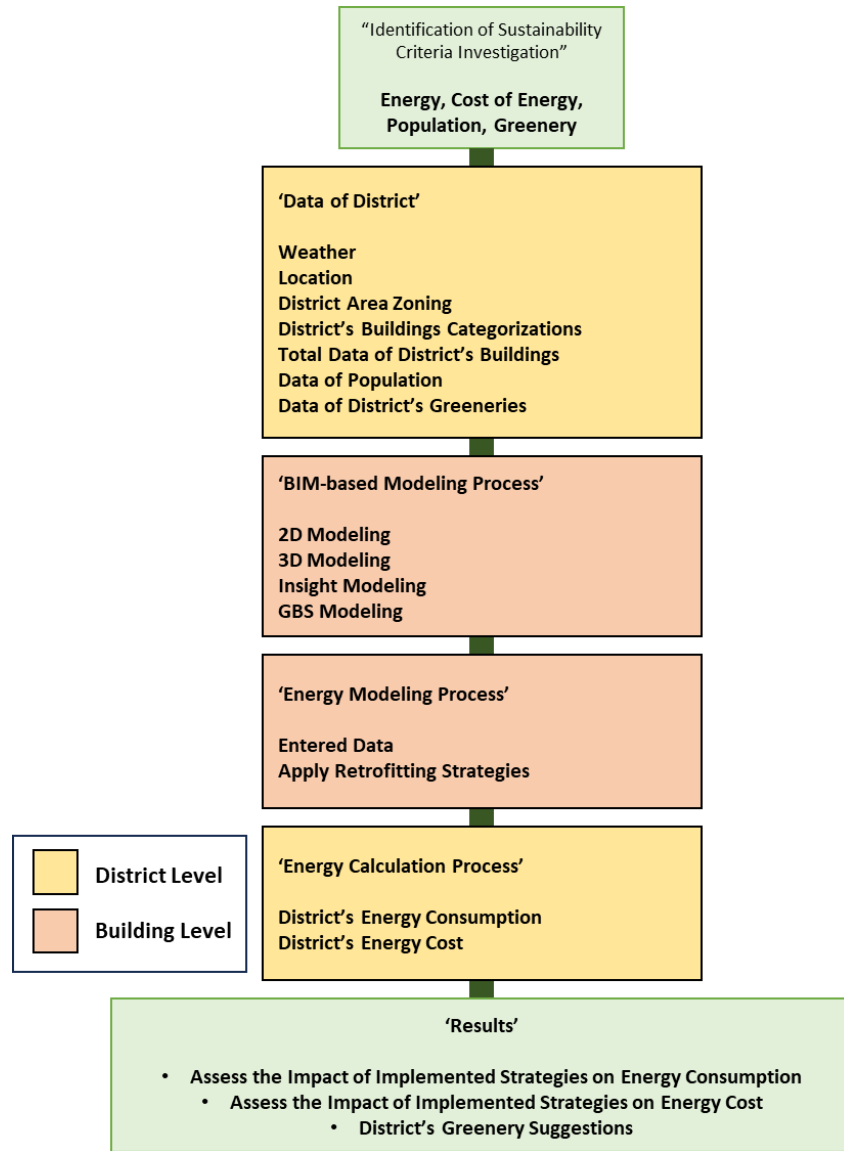


Figure 1: Methodology

2.1. Data Of District

2.1.1. Weather

Table 1 presents the monthly temperature and precipitation data for the KARTAL area. It details the lowest, highest, and average temperatures in degrees Celsius, alongside precipitation levels in millimeters. The rainfall difference between the wettest and driest months is 80 mm. Throughout the year, the average temperature fluctuates by about 18.6 degrees Celsius. August is the warmest month, with an average temperature of 24.2 degrees Celsius, while January is the coldest at 5.6 degrees Celsius. July and August are the driest months, each with 28 mm of precipitation, whereas December records the highest average rainfall at 108 mm (Climate-data.org.).

Table 1: Monthly Weather Conditions of KARTAL (Climate-data.org.)

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temp. (°C)	5.6	6.1	8.2	11.7	16.7	21.3	23.9	24.2	20.7	16	11.9	7.6
Min. Temp. (°C)	3.4	3.7	5.2	8.3	13.1	17.8	20.5	21.3	18	13.7	9.6	5.6
Max. Temp. (°C)	7.9	8.7	11.3	15.3	20.2	24.8	27.4	27.7	23.8	18.6	14.3	9.8
Precipitation/Rainfall mm	90	76	76	51	38	39	28	28	55	80	79	108

2.1.2. Location

The first step of this project is gathering data on the selected district, KIZILAY Street. The selected area for this project is KIZILAY Street in the KARTAL district of Istanbul. This bustling commercial hub is crucial for its diverse shops, cafes, and eateries, which serve residents and drive the district's economy. KIZILAY Street also acts as a socio-cultural space, promoting social engagement and cohesion. It reflects the evolving urban landscape of KARTAL, blending traditional and modern elements and fostering cultural exchange. Figure 2 shows the location of the KARTAL area on the map ("K District" - Istanbul Metropolitan Municipality.).



Figure 2: KARTAL Area in Istanbul

2.1.3. District Area Zoning

To gather information about the buildings on KIZILAY Street at the district level, it is crucial to consider the area's zoning. Each building is assigned a specific code to facilitate easy access to its details. Table 2 provides the unique codes for each building and the total number of constructions on the street. In total, KIZILAY Street comprises 76 buildings of varying functionalities and ages.

Table 2: District's Zoning

Zoning Number	Zones' Buildings Codes
Zone 1	Buildings numbered 100 to 110
Zone 2	Buildings numbered 200 to 205
Zone 3	Buildings numbered 300 to 309
Zone 4	Buildings numbered 400 to 407
Zone 5	Buildings numbered 500 to 512
Zone 6	Buildings numbered 600 to 612
Zone 7	Buildings numbered 700 to 714

2.1.4. District's Buildings' Categorizations

The buildings are categorized based on two criteria: Age and Functionality. For age, buildings are labeled as "NEW" if they are 0 to 10 years old, "OLD" if they are 11 years or older, and "DESTRUCTED" for those that are no longer standing.

Regarding functionality, buildings are classified into three sections:

- "1" for buildings with all floors dedicated to residential units.
- "2" for buildings with different functionalities exclusively on the ground floor.
- "3" for buildings with different functionalities on both the ground and first floors.

The assumption is that the size of each housing unit accommodates fewer than 85 m² for two individuals, between 85 to 100 m² for four individuals, and more than 100 m² for five individuals.

2.1.5. Data Of District's Buildings

The combined number of residential buildings lining KIZILAY Street totals 71, encompassing 826 individual residential units. For a detailed breakdown of the area's data, please refer to Table 3.

Table 3: Data on District's Buildings

Total Residential Buildings	Total Residential Units	Total New Buildings	Total Old Buildings	Total Destruction
71	826	33	36	3

2.1.6. Data Of Population

The population residing in this specific area totals 3,321 individuals, calculated based on the district's residential area.

- Units with an area of less than 85 m² are assumed to accommodate 2 people.
- Units with an area ranging from 85 to 100 m² are assumed to accommodate 4 people.
- Units with an area exceeding 100 m² are assumed to accommodate 5 people.

2.1.7. Data Of District's Greenery

In the vicinity of KIZILAY Street, three public parks are covering a combined area of 3810.5 m². Ensuring convenient access between these parks is crucial, with the distance between them falling within the range of 320 m to 405 m, meeting the 5 to 10-minute walking time standard. This accessibility criterion is met, ensuring each residence is within a 10-minute walk of the nearest park (Pedestrian Safety Guide for Transit Agencies, US Department of Transportation.)

At the district level, another criterion for public parks is the ratio of green space per individual, with the minimum standard set at 9 m² per person and the ideal amount at 50 m² per person. However, with a total population of 3321 individuals and a combined park area of 3810.5 m², the calculated ratio of green space per person is 1.147 m², significantly below the minimum standard requirement (World Health Organization., 2012).



Figure 3: District's Greeneries

2.2. Bim-Based Modeling Process at The Building Level

Building Information Modeling (BIM) is a vital technology in the construction industry, offering a comprehensive approach to designing, constructing, and operating buildings. It significantly enhances energy efficiency and reduces carbon emissions by enabling thorough analysis of building performance throughout its lifecycle. By integrating energy simulation tools into the BIM platform, designers can assess various design options and evaluate their impact on energy consumption and CO₂ emissions. This iterative process allows for the optimization of building designs to minimize energy costs and environmental impact. Additionally, BIM facilitates seamless information exchange among stakeholders, promoting collaboration and informed decision-making on energy-efficient design

strategies (Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K., 2011). BIM thus supports sustainable building practices and improves energy performance analysis. In summary, BIM-based modeling processes are essential for advancing energy-efficient building design and mitigating environmental impacts (Succar, B., Sher, W., & Williams, A., 2013).

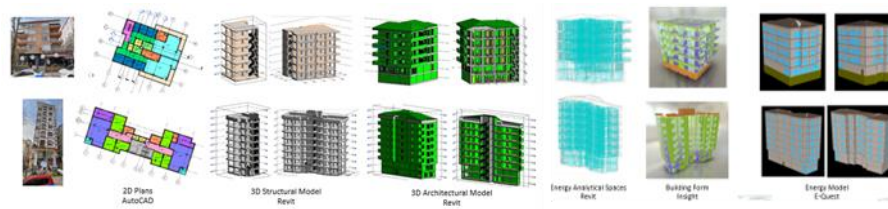


Figure 4: BIM-Based Modeling Process

- AutoCAD: 2D plans Structural & Architectural of buildings for Area (m²) & Zoning
- Autodesk Revit: 3D structural and architectural models for material takeoff (Area/m³) & Energy Analytical Models
- Insight 360: For the range of energy consumption (kWh/m²/year) & energy cost range (\$)
- Green Building Studio: For lifecycle energy consumption (kWh/30 years), lifecycle energy cost (\$/30 years), CO₂ emissions (Mg/year)
- E-Quest: For the before-after retrofitting annual and monthly energy consumption modeling (kWh/m²) & before-after retrofitting annual and monthly energy cost (\$/kWh/m²)
- PV watts Calculator: For the amount of generated electricity from PV panels
- Microsoft Office: For the basic calculations
- Google Earth 3D Pictures: For the current views

2.2.1. Energy Modeling Process

At the building level, various strategies are examined to reduce energy consumption and costs, minimizing reliance on nonrenewable energy sources. These strategies are categorized into three sections:

- Passive Strategies: These focus on improving the building's envelope and design to enhance energy efficiency. Examples include:
 - Envelope insulation
 - Window glazing
 - Overhangs
 - Blinds and drapes
 - Incorporating greenery for shading on the building façade
- Active Strategy: This involves installing photovoltaic (PV) panels on the building's rooftop to generate renewable energy and offset electricity consumption.
- Operational Management Strategy: This involves optimizing the operation and management of the building's systems, particularly the heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) system. Measures may include setting appropriate base-point temperatures to ensure energy efficiency and occupant comfort.

By implementing these strategies, the goal is to achieve significant reductions in energy consumption and associated costs while promoting sustainability.

2.4. Energy Calculation Process at The District Level

In this section, assessments are conducted at the district level. Building upon the preceding sections involving BIM-based calculations and E-Quest outcomes, the retrofitting, energy consumption, and costs for the district are determined. To obtain comprehensive figures, two distinct segments are computed based on the age classification of the buildings.

The detailed data for the current and post-retrofitting energy consumption at the district level are presented in Table 4. Based on the previous data on OLD and NEW buildings in the district, the total energy need in the existing situation is 25,226,867 kWh/year, which will be reduced to 12,962,026.79 kWh/year after retrofitting.

According to the 'Green Building Studio' energy cost estimates, the current district energy cost is \$647,053.10 per year. After applying the retrofitting strategies to all buildings in the area, the energy cost will be reduced to \$329,841.15 per year.

Total Final Energy Consumption of District		
	Electric	Gas
Original (kWh/year)	6038803.40	10975290.97
After Retrofitting (kWh/year)	2991551.64	5901964.93
Total Primary Energy Consumption of District		
	Electric	Gas
Original (kWh/year)	14251576.03	10975290.97
After Retrofitting (kWh/year)	7060061.86	5901964.93
Original Energy Need of District (kWh/year)	25226867.00	
After Retrofitting Energy Need of District (kWh/year)	12962026.79	

Table 4: Detail of Energy Need at the District Level

Total Final Energy Cost of District		
	Cost of Electric (\$)	Cost of Gas (\$)
Original (\$ per kWh/year)	181164.10	219505.82
After Retrofitting (\$ per kWh/year)	89746.55	118039.30
Total Primary Energy Cost of District		
	Cost of Electric (\$)	Cost of Gas (\$)
Original (\$ per kWh/year)	427547.28	219505.82
After Retrofitting (\$ per kWh/year)	211801.86	118039.30
Original Energy Cost of District (\$ per kWh/year)	647053.10	
After Retrofitting Energy Cost of District (\$ per kWh/year)	329841.15	

Table 5: Detail of Energy Cost at the District Level

3. CONCLUSION

The urgent need to reduce reliance on fossil fuels due to resource constraints and environmental concerns has led this study to focus on diminishing energy demands at the district level, specifically in Istanbul's KARTAL district, KIZILAY Street. Utilizing the Building Information Modeling (BIM) platform has facilitated comprehensive analysis and implementation of energy-saving strategies from various perspectives.

This research surveyed 78 buildings, categorized by functionality and age, and examined population, energy consumption, costs, and greenery indicators at the district level. By conducting BIM-based and energy modeling of two representative constructions, old and new, using software tools such as Autodesk Revit, AutoCAD, Insight 360, Green Building Studio, E-Quest, PV watts Calculator, and Microsoft Office, the study forecasted significant reductions in energy needs and costs.

The strategies employed include passive measures (envelope insulation, window glazing), active measures (photovoltaic panels, heat pumps), and operational management adjustments to optimize energy efficiency. Extending these results to the entire area by incorporating greenery and shading effects provided a comprehensive assessment of pre- and post-retrofitting energy requirements at the district level.

The findings indicate a forecasted reduction in KIZILAY Street's energy needs by 48.62% and a decrease in the district's energy costs by 49.02%. These results highlight the effectiveness of implementing energy-saving measures at both building and district levels, contributing to environmental sustainability and resilience against evolving energy challenges.

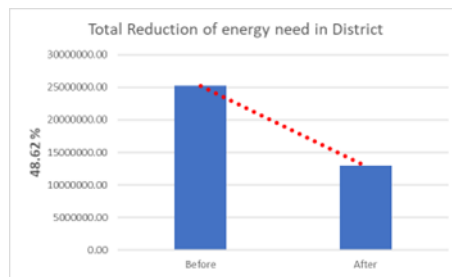


Figure 5: Energy Need Reduction at the District Level

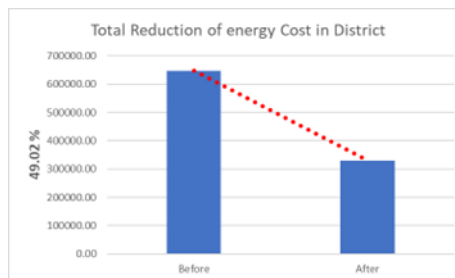


Figure 6: Energy Cost Reduction at the District Level

The suggestions about the greenery at the district and building levels to improve the ratio of greenery per person and greenery shading on buildings' facades.

- Increase greenery coverage in the district by implementing more public parks, green spaces, and tree-planting initiatives.
- Use the areas of demolished buildings as public green spaces.
- Encourage sustainable landscaping practices for individual buildings, such as rooftop gardens or vertical green walls.
- Promote community engagement and participation in maintaining and enhancing greenery in the district.
- Improve the street's greenery boundaries to provide better shading during the hot seasons.

The insights from this research can inform policy decisions and urban planning strategies aimed at promoting energy efficiency and reducing carbon emissions in urban areas. By continuing to leverage advanced technologies and interdisciplinary approaches, we can work towards creating more sustainable and resilient communities, mitigating climate change impacts, and securing a cleaner, greener future for generations to come.

REFERENCES

Books

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley & Sons.

Articles

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). Measuring BIM performance: Five metrics. Architectural Engineering and Design Management, 9(2), 120-142.

Internet Sources

Autodesk. (2020). Autodesk BIM 360. Autodesk. <https://forums.autodesk.com/t5/installation-licensing/autodesk-2020-products-direct-download-links-until-available-in/td-p/8695811>

Climate-data.org. (n.d.). Climate Data for Cities Worldwide. climate-data.org. <https://en.climate-data.org/>

"K District" - Istanbul Metropolitan Municipality. (n.d.). K District. Istanbul Metropolitan Municipality. <http://ibb.istanbul/>

Pedestrian Safety Guide for Transit Agencies, US Department of Transportation. (n.d.). Pedestrian Safety Guide for Transit Agencies. US Department of Transportation. https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/ped_transit/ped_transguide/transit_guide.pdf

United Nations Environment Programme. (2018).

International Energy Agency. (2019).

World Health Organization. (2012). Health Indicators of Sustainable Cities in the Context of the Rio+20 UN Conference on Sustainable Development. WHO; Geneva, Switzerland.

LSB VE KENAR BELİRLEME ALGORİTMALARI KULLANARAK TIBBİ GÖRÜNTÜLERE VERİ GİZLEME

HİLMİYE ATAMTÜRK

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği ABD,
kucukhilmiye@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2349-3285

Dr.Öğr.Üyesi ADNAN SONDAŞ

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği, asondas@kocaeli.edu.tr,
ORCID: 0000-0003-4559-3463

Özet

Tıbbi görüntüler, modern sağlık hizmetlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu görüntüler, hastalıkların teşhisinden tedaviye kadar pek çok aşamada kullanılmaktadır. Görüntüleme teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, bilgisayar destekli teşhis ve tedavi planlaması gibi süreçlerde bu görüntülerin analizi ve işlenmesi büyük önem kazanmıştır.

Bu bağlamda, medikal görüntülerdeki belirli alanların, özellikle ilgi alanı (ROI) ve ilgi dışı alanı (RONI) gibi, doğru bir şekilde tanımlanması hayati öneme sahiptir. ROI, çoğu zaman hastalığın lokalizasyonu veya belirli bir tedavi bölgesi gibi belirli bir alana odaklanmayı ifade ederken, RONI, ROI dışındaki diğer alanları kapsar. Bu alanların doğru bir şekilde tanımlanması, doğru teşhis ve tedavi planlaması için gereklidir.

Bu noktada, kenar belirleme algoritmaları devreye girer. Kenar belirleme, görüntülerdeki nesnelerin sınırlarını veya geçişlerini tespit etmeye yönelik bir işlemdir. Bu algoritmalar, görüntüdeki pikseller arasındaki kontrast değişikliklerini kullanarak kenarları belirlerler. Bu kenarlar, ROI ve RONI gibi belirli alanların tanımlanmasında önemli bir rol oynarlar.

Çalışmamızda, farklı kenar belirleme algoritmalarının medikal görüntülerdeki RONI bölgelerini tespit etme yetenekleri incelenmiştir. Bu algoritmalar kullanılarak, farklı medikal görüntülerde RONI bölgelerinde bulunan pikseller belirlenmiştir. Daha sonra, bu bölgelere Least Significant Bit (LSB) yöntemiyle veri gizlenerek, veri güvenliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, farklı kenar belirleme algoritmalarının RONI bölgelerini tespit etme konusunda farklı başarı düzeylerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, veri gizleme işlemi sırasında görüntülerde herhangi bir bozulma olmadığı ve veri güvenliğinin sağlanabileceği gözlemlenmiştir. Bu çalışma, tıbbi görüntülerin analizinde ve veri güvenliğinde kullanılabilecek potansiyel yöntemleri ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Medikal Görüntüler, İlgi Alanı, İlgi Dışı Alan, Kenar Belirleme Algoritmaları, LSB.

DATA HIDING IN MEDICAL IMAGES USING LSB AND EDGE DETECTION ALGORITHMS TOGETHER

Abstract

Medical images play a critical role in modern healthcare services. These images are utilized in various stages ranging from disease diagnosis to treatment. With the advancements in imaging technologies, the analysis and processing of these images have gained significant importance, especially in processes like computer-aided diagnosis and treatment planning.

In this context, it is vital to accurately define specific areas in medical images, particularly the Region of Interest (ROI) and the Region of Non-Interest (RONI). While ROI often refers to a specific area of focus such as the localization of a disease or a particular treatment region, RONI encompasses other areas outside of ROI. Accurate delineation of these areas is essential for accurate diagnosis and treatment planning.

This is where edge detection algorithms come into play. Edge detection is a process aimed at identifying the boundaries or transitions of objects in images. These algorithms determine edges by utilizing contrast

changes between pixels in the image. These edges play a significant role in defining specific areas like ROI and RONI.

In our study, we examined the capabilities of different edge detection algorithms in detecting RONI regions in medical images. Using these algorithms, pixels in RONI regions of various medical images were identified. Subsequently, data hiding using the Least Significant Bit (LSB) method was applied to these regions to ensure data security.

The analysis revealed varying levels of success among different edge detection algorithms in detecting RONI regions. Additionally, it was observed that there were no distortions in the images during the data hiding process, indicating that data security could be ensured. This study highlights potential methods that can be utilized in the analysis of medical images and ensuring data security.

Keywords: Medical Images, Region of Interest, Region Outside Interest, Edge Detection Algorithms, LSB.

1. GİRİŞ

Medikal görüntüler, sağlık hizmetlerinin tüm aşamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu görüntüler aynı zamanda hastalara ait kritik verileri de içermektedirler. Medikal görüntüler üzerinde hasta verilerinin gizlenerek taşınması oldukça yaygın bir uygulama şeklidir. Bu yüzden bu verilerin güvenliğini sağlamak oldukça önemlidir. Tıbbi bir görüntü İlgi Alanı (ROI – Region of Interest) ve İlgi Dışı Alanı (RONI – Region of Non-Interest) olmak üzere iki bölüme ayrılır. (Rathod, 2017; Mousavi 2015; Eswaraiah 2014). ROI tanı amaçlı kullanılırken, RONI tanı için önemli değildir. Bu tarz görüntülerde hekimler için, görüntünün çok küçük bir kısmı anlamlıdır. Fakat ROI’de meydana gelebilecek olan değişimlerdeki küçük hataların bile hasta açısından çok yüksek maliyetleri olabilir. ROI ve RONI belirlenirken piksel değerlerindeki değişimleri algılayarak kenarları belirleyebildiğimiz kenar belirleme algoritmalarını kullanabiliriz. Sobel, Canny ve Prewitt gibi oldukça yaygın kullanım alanına sahip algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar, RONI seçmede kullanılan istatistiksel yaklaşımlar ile birlikte kullanılmaktadırlar. Ortalama üstü, ortalama altı, maksimum değer ve eşik değeri gibi yaklaşımlar ile pikseller arası kıyaslamalar yapılarak RONI tespit edilmiştir. Bu yöntemler yardımıyla, gizlenecek mesajın kapasitesi kadar görüntünün ortalamasının altında veya üstünde değeri taşıyan pikseller seçilerek veri gizleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, medikal görüntülere veri gizleme işlemi için, görüntünün ROI ve RONI bölgeleri kullanılmaktadır. Bu bölgeler belirlenen kenar belirleme algoritmaları ile tespit edilerek, RONI bölgelerindeki piksel değerleri 0 değerine dönüştürülmektedir. ROI bölgelerindeki piksel değerleri ise, 255 değeri ile değiştirilmektedir. Böylece siyah-beyaz tonlarda resimler elde edilmektedir. Bu resimdeki RONI olarak tanımladığımız siyah bölgeler, doktorlar tarafından tıbbi teşhis aşamalarında göz ardı edilen alanlardır. Bu yüzden hastalara ait önemli bilgiler bu alanlarda tutulabilmektedir. Resmin içine gizlenecek veriler de LSB tabanlı veri gizleme algoritması ile bu önemsiz kısma gömülmektedir. Bu sayede resimde herhangi bir bozulma meydana gelmeden veri gizlenerek taşınabilmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kenar Belirleme Algoritmaları

Kenar belirleme, bir dijital görüntüdeki nesnelerin sınırlarını, yani kenarlarını tanımlama sürecidir. Bu süreç, görüntüdeki piksel değerlerindeki ani değişiklikleri tespit ederek gerçekleşir. Kenarlar, görüntüdeki parlaklıkta ani bir değişimin olduğu veya daha teknik bir ifadeyle süreksizliklerin belirgin olduğu yerlerdir. Kenar belirleme algoritmaları temel anlatımıyla, görüntü üzerindeki piksellerin renk değerlerinin birbirlerinden farklılaşması ile belirlenir. Kenar belirleme algoritmaları, görüntüdeki yoğunluk değişikliklerini analiz ederek kenarları belirler. Bu algoritmalar, genellikle gradyan veya türev hesaplamaları, filtreleme teknikleri ve kenarları bağlama gibi adımları içerir. Sonuç olarak, kenar tespiti işlemi, görüntüdeki nesnelerin sınırlarını belirgin şekilde ortaya çıkarır ve daha sonraki işlemler için önemli bir temel oluşturur. Literatürde kullanılan birçok kenar belirleme algoritması vardır. Aşağıda bu algoritmaların bazıları açıklanmıştır.

2.1.1. Canny Kenar Belirleme Algoritması

John F. Canny tarafından geliştirilen algoritma, dijital görüntülerdeki keskin olarak belirlenmiş kenarları tespit etmek için kullanılır. Canny kenar belirleme algoritması, hem yüksek hassasiyet hem de düşük hata oranı sağlayarak görüntülerdeki nesne kenarlarını etkili bir şekilde tespit etme yeteneği ile bilinir. Bu nedenle, nesne algılama, görüntü segmentasyonu ve desen tanıma gibi birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gürültü, kenar tespitinde istenmeyen yan etkilere neden olabilir. Bu nedenle ilk adım, görüntüdeki gürültüye bir 5x5 lik Gauss filtresi uygulanarak gürültüyü azaltmaktır (Ziqi, 2021). Gauss filtresi, her pikselin etrafındaki piksellerin ortalamasını alarak ve ağırlıklı bir şekilde toplayarak her pikseli yumuşatır. Ardından, görüntünün kenar yoğunluğu ve yönü hesaplanır. Kenar yoğunluğu hesaplandıktan sonra, genellikle kenar yoğunluğunu normalleştirilir. Bu, kenarların daha iyi ayırt edilmesini sağlar.

Daha sonra kenarlar, bir eşikleme işlemi ile belirlenir. Bu adımda, bir alt eşik ve bir üst eşik belirlenir. Her bir pikselin kenar yoğunluğu bu eşik değerlerine göre karşılaştırılır. Eğer bir pikselin yoğunluğu üst eşikten büyükse güçlü bir kenar olarak kabul edilir. Alt eşikle üst eşik arasında olan kenarlar ise zayıf olarak kabul edilir. Kenar izleme adımı, güçlü kenarları birbirine bağlayarak kesintisiz kenarlar oluşturur. Bu, bir pikselin komşu piksellerinden güçlü bir kenara bağlanıp bağlanmadığını kontrol ederek yapılır. Son adımda, kenarlar sınıflandırılır. Bu aşamada, zayıf kenarlar güçlü kenarlara bağlanmadığı takdirde kaldırılır. Bu, daha net ve tutarlı bir kenar haritası elde etmemizi sağlar. Canny kenar belirleme algoritması, tüm bu adımların birleşimiyle yüksek kaliteli ve hassas kenarlar tespit eder. Bu nedenle, çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Canny algoritması diğerlerinden farklı olarak, iki eşik değeri kullandığından zayıf kenarları kesin kenarlara bağlıysa çıktıya dâhil etmektedir. Bu yüzden diğerlerinden daha güçlüdür.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

GX

+1	+2	+1
+2	+2	+2
-1	0	-1

GY

Şekil 1: Sobel çekirdek matrisleri

2.1.2. Sobel Kenar Belirleme Algoritması

Gri tabanlı görüntülerde kenar bulmak istenildiğinde tercih edilen en popüler algoritmalarındandır. Sobel algoritması kullanırken, öncelikle görüntüyü RGB ölçeğinden gri tonlamalı görüntüye dönüştürmek en iyi çözümdür (Lynn, 2021). Daha sonra Şekil 1'deki çekirdek 3x3'lük farklı ağırlıklı dizinlerden oluşan matris kullanılmaktadır. Bu kenar algılama için uygulayacağımız filtreyi temsil etmektedir.

Görüntü yatay yönde taranırken, Gx matrisi kullanılır ve gradyandaki büyük değişimler tespit edilir. Daha sonra dikey yönde tarama yapmak için, Gx matrisinin 90° döndürülmüş hali olan Gy matrisi kullanılarak büyük değişiklik değerleri bulunmaktadır. Daha belirgin kenarlar elde edilmek istenirse, -2 ile +2 aralığı yerine daha büyük bir değer aralığı tercih edilebilir. Yatay ve dikey ekseninde yapılan taramalar sonucu elde edilen görüntüler birleştirilerek, tüm kenarların elde edildiği nihai bir görüntü oluşturulur.

Sobel algoritmasının genel bir sorunu, son elde edilen görüntüde çok fazla parazit barındırmasıdır. Bu sorunun çözümü içinde, görüntüyü yumuşatmak amacıyla ortalama alma algoritmasını tekrardan tüm görüntüye uygulamak gerekir.

2.1.3. Prewitt Kenar Belirleme Algoritması

Düşey ve yatay keskinlik sağlayan bu teknik, Sobel algoritması ile benzerlikler göstermektedir (Song, 2019). Sobel tekniğine göre daha basit olmakla birlikte sonuçlar bakımından değerlendirildiğinde daha fazla gürültü içerdiği görülmektedir.

Kenarları tespit etmek için, Şekil 2’de gösterilen çekirdek matrisler kullanılarak yatay ve dikey eksenlerdeki değişiklik değerleri bulunmaktadır. Matrislerin orta satırı sıfırlardan oluştuğu için görüntüdeki orijinal kenar değerlerini içermez, bunun yerine belirli bir kenarın üst ve alt piksel yoğunluklarının farkını hesaplamaktadır. Böylece ani yoğunluk değişimlerini arttırarak kenarı daha görünür hale getirir. Şekil 2’de ki matrislerin her ikisi de türev matrisi kuralını takip eder. Her iki matriste de zıt işaret vardır ve her iki matrisin toplamı sıfıra eşittir.

Prewitt Kenar Belirleme Algoritması'nın adımları:

- Görüntüyü Gri Tonlama
- Gürültü Azaltma
- Prewitt Operatörlerinin Uygulanması:
- Eşikleme

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

GX

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

GY

Şekil 2: Prewitt Çekirdek Matrisleri

2.2. Veri Gizleme Yöntemleri

Veri gizleme, bir bilgiyi saklamak, korumak veya başkalarının erişimini kısıtlamak için kullanılan çeşitli tekniklerin genel bir terimidir. Veri gizleme, özellikle gizlilik, güvenlik ve bilgi koruma gereksinimlerine sahip olduğunuzda önemlidir. Güvenlik denildiğinde, ilk olarak veri gizliliği ve mahremiyet başlıkları ön plana çıkmaktadır. Aslında bu iki kavram birbirleri ile benzer görünse de bazı noktalarda farklılıklar taşımaktadırlar. Herhangi bir veriyi çeşitli tekniklerle şifreleyerek üçüncü kişilerin anlayamayacağı bir biçime dönüştürebiliriz. Fakat burada bazı riskler mevcuttur. Üçüncü kişiler bu veriden haberdar olarak bunları çözmek için çeşitli teknikler kullanabilirler. Verinin bu şekilde mahrem hale getirilmesini sağlayan “Kriptografi” biliminde, verinin güvenliği en güçlü algoritmalar kullanılarak karıştırılarak etkisiz hale getirilmesine bağlıdır.

Diğer teknikte ise, verinin varlığından dahi haberdar olmadan veriyi gizlemek esastır. Böylece üçüncü kişiler tarafından ele geçirilmesi önlenmeye çalışılır. Veri güvenliğinin, gizlenerek sağlandığı “Steganografi” biliminde, veriyi gizlemek için birçok farklı teknik kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda, LSB tekniği üzerinde durularak, bu tekniğin detayları açıklanacaktır. Bu tekniğin detaylarına girmeden önce birkaç kavramdan bahsedilmesi gerekmektedir. Steganografi biliminde kullanılan bazı önemli kavramlar şu şekildedir:

- **Kapak Dosyası (Cover):** Verinin gizleneceği orijinal dosya.
- **Stego-medium:** Bilginin gizleneceği ortam.

- **Gömülü Veri (Payload):** Kapak dosyasında gizlenen veri.
- **Stego:** İçine veri gizlendikten sonra orijinal dosyanın son hali.
- **Steganaliz:** Kapak dosyaya gizlenen veriyi tespit etme işlemleri.

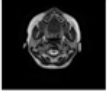
LSB, very gizleme teknikleri arasındaki en popüler yöntemlerden biridir. Gizlenecek mesaj bit katarına çevrilir ve bu bitler kapak dosyasının piksellerinin son bitleri ile değiştirilerek gerçekleştirilir. Bu yöntem çok basit ve tahmin edilebilir olmasına rağmen hala popülerliğini korumakta ve geliştirilmeye devam etmektedir. LSB tabanlı veri gizleme yöntemlerinde kapasite, algılanamazlık ve güvenlik kriterleri yönlerinden geliştirme sağlanması beklenmektedir (Umbaugh, 2010; Yang, 2008). LSB yöntemi bu üç hedefi birden iyileştirmeyi amaçlar.

LSB yönteminde, hangi piksellere veri gizleneceğinin seçimi oldukça önemlidir. Çünkü komşu piksellerle benzerlik oranı yüksek pikseller seçilirse, değişim çıplak gözle fark edilebilir hale gelebilir. Bunun çözümü olarak, nispeten daha önemsiz alanlar, koyu arka plan alanları ve kenar pikseller seçilebilir.

2.3. ROI ve RONI Bölgelerinin Tespiti

Medikal resimler, grinin tonlarından oluşan ve 0-255 arasında piksel değerlerine sahip olan resim dosyalarıdır. Bu resimlerin genellikle küçük bir kısmı hastalık teşhisi için kullanılmaktadır. Resmin bu kısmı literatürde ilgi alanı (ROI) olarak tanımlanmaktadır. Bu kısmın dışında kalan alana ise, ilgi dışı alan (RONI) denilmektedir. Bu tarz çalışmalarda, veriler RONI kısmına gizlenmekte ve ROI üzerinde herhangi bir bozulmanın olması önlenmektedir. Yapılan çalışmada, ilgili alanların tespiti için kenar belirleme algoritmaları (Canny, Sobel ve Prewitt) kullanılmıştır.

Beyin, göğüs, kol ve bacak olmak üzere vücudun dört farklı kısmına ait medikal resimler, sözü edilen algoritmalar kullanılarak ROI ve RONI alanlarına ayrılmıştır. Algoritmalar sayesinde, RONI olarak belirlenen alandaki piksel değerleri 0, ROI olarak belirlenen alandaki piksel değerleri 255 yapılmıştır. Böylece verilerin gizleneceği piksel değerleri belirlenmiştir. Algoritmaları resimlere uygularken, her algoritma için ideal eşik değeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Canny algoritması 0,0188 ile 0,0469 değerlerini alırken, Sobel 0,0639 değerini, Prewitt algoritması ise 0,0635 değerini almıştır. Şekil 3'te elde edilen çıktılar bu eşik değerlerine göre elde edilmiştir.

Resimler	Orijinal Resim	Canny	Sobel	Prewitt
Beyin				
Göğüs				
Kol				
Bacak				

Şekil 3: Kenar belirleme algoritmalarının sonuçları

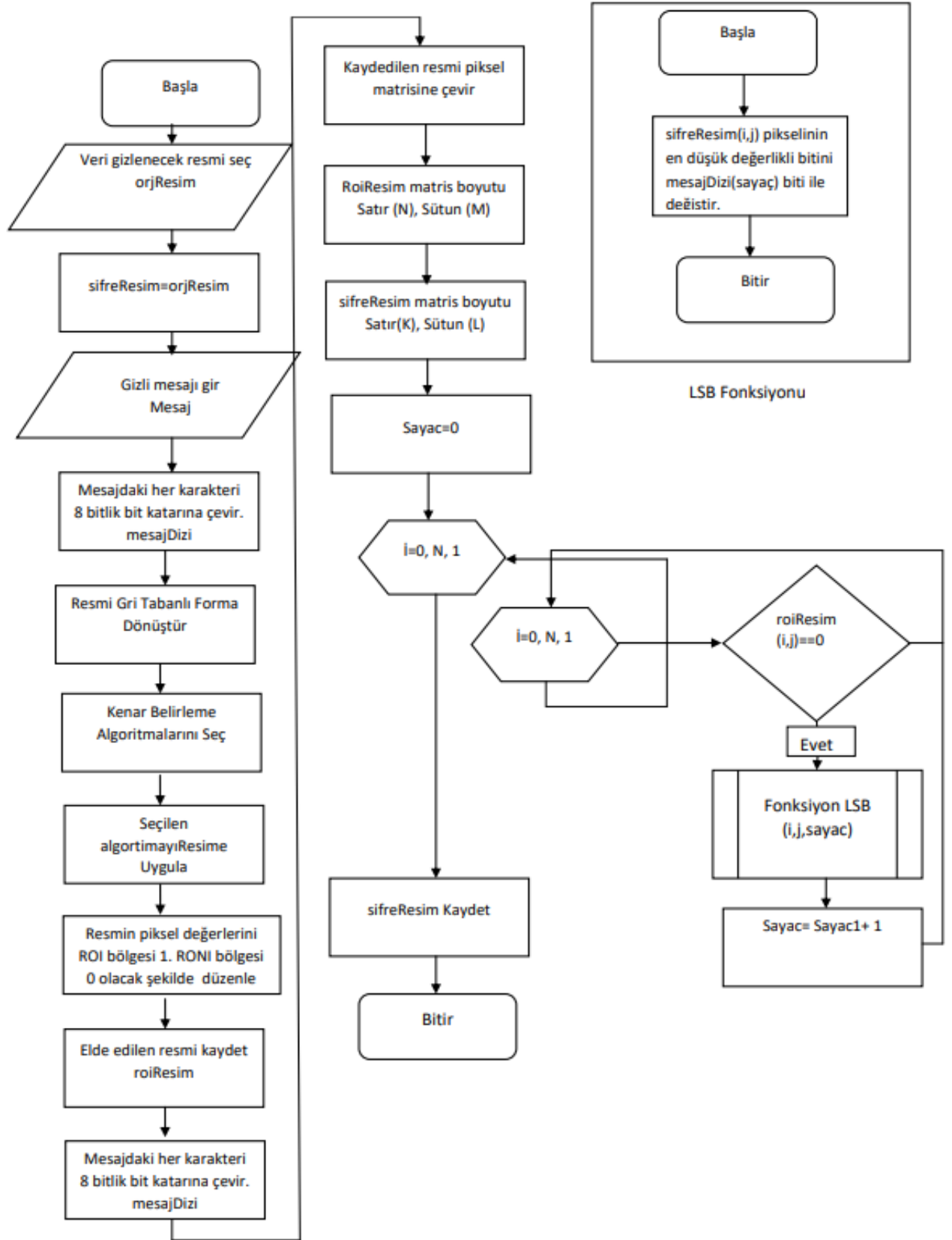
2.3. Veri Gizleme (LSB)

Stenografide en çok tercih edilen yöntemlerden birisi, LSB (Least Significant Bit – En Anlamsız Bit) yöntemidir. Bu yöntemde, ilk olarak gizlenecek metin alınır ve bu metnin her bir karakterine karşılık

gelen ASCII kodlarının ikilik sistemdeki karşılıkları tespit edilir. Sonra bu ikilik sayı dizisi, ilk pikselden başlanarak piksellerin renk değerlerinin son bitleri ile değiştirilir (Irawan, 2017; Akhtar, 2016).

Yapılan çalışmada, ilgi dışı alandaki her bir piksele karşılık orijinal resimdeki adresin piksel değerinin son biti ile gizlenecek mesajın ikili sayı dizisindeki biti yer değiştirilir. Veri gömme işleminden sonra örtü dosyasının veri gömülen piksellerinin tümünde değişiklik söz konusu olmamaktadır. Gömülecek mesajın biti ile değişiklik yapılacak pikselin son biti aynı olduğunda herhangi bir işleme gerek kalmamaktadır. Böylece dışarıdan resme bakıldığında herhangi bir değişiklik olduğu göz ile asla algılanamamaktadır. Ancak örtü dosyasına veri çözme işlemi yapılarak herhangi bir gizleme işlemi yapıp yapılmadığı anlaşılabılır. Gizlenen verileri ortaya çıkarmaya yarayan steganaliz bilimi de, veri gizleme bilimine paralel olarak gelişme göstermektedir. LSB yöntemi steganaliz uygulamaları ile rahatça çözülebildiği için, farklı yöntemlerle birleştirilerek güvenilirliği ve algılanamazlığı artırılmaktadır.

Şekil 4' te ki akış diyagramı incelendiğinde, orjResim parametresi ile veri gizlenecek medikal resim seçilmektedir. Daha sonra orjResim, sifreResim parametresine kopyalanarak sayısal karşılaştırma yapılabilmesi için orijinal resim saklanmaktadır. Saklanacak mesaj, Mesaj parametresinde tutularak 8 bitlik dizi katarına çevrilmektedir. Böylece gizli mesaj rahatlıkla resmin içine gizlenebilecektir. Gri tabanlı forma dönüştürülen sifreResim dosyası, kenar belirleme algoritması seçimi yapıldıktan sonra ROI ve RONI kısımlarına ayrılmaktadır. Bu ayırma işlemi yapıldıktan sonra, ROI bölgesindeki piksel değerleri 1, RONI bölgesindeki piksel değerleri ise, 0 olacak şekilde resim yeniden düzenlenmektedir. Elde edilen roiResim dosyası, matrise dönüştürülerek kurulan döngü içinde piksel değeri 0 olan alanlara LSB yöntemine göre, Mesaj parametresi içindeki veriler gömülmektedir. Resmi ROI ve RONI bölgelerine ayırma işlemi sırasında, eşik değeri yöntemi ile farklı kenar belirleme algoritmalarına farklı vücut bölgelerinden resimler verilerek, çıktılar elde edilmektedir. Bu çıktılar daha sonra veri gizleme işlemi için örtü resmi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4: Temel akış diyagramı

Tablo 1: Kenar belirleme algoritmalarına göre ilgi dışı alan (RONI) maksimum kapasitelerinin karşılaştırılması

Resimler	Canny	Sobel	Prewitt
	Mak.Kapasite (Bit)	Mak.Kapasite (Bit)	Mak.Kapasite (Bit)
Beyin	196168	191908	191978
Göğüs	147455	155457	213491
Kol	179274	171065	172208
Bacak	220901	197837	185167

Tablo 2: Kenar belirleme algoritmalarına göre veri gizleme metriklerinin (MSE, PSNR) karşılaştırılması

Resimler	Canny			Sobel			Prewitt		
	Mesaj Boyutu(Bit)	MSE	PSNR (dB)	Mesaj Boyutu(Bit)	MSE	PSNR (dB)	Mesaj Boyutu(Bit)	MSE	PSNR (dB)
Beyin	196168	0.2421	54.3240	191908	0.2318	54.5143	191978	0.2400	54.3631
Göğüs	147455	0.2103	54.9373	155457	0.2928	53.4995	213491	0.3489	52.7376
Kol	179274	0.3208	53.1020	171065	0.3206	53.1045	172208	0.3208	53.1028
Bacak	220901	0.3798	52.3688	197837	0.3345	52.9210	185167	0.3346	52.9197

Tablo 3: Veri gizlenmiş resimler (stego) ile orijinal resimlerin karşılaştırılması

Resimler	Orijinal Resim	Canny	Sobel	Prewitt
Beyin				
Göğüs				
Kol				
Bacak				

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 4 farklı bölgeden 512×512 boyutlarındaki gri seviyeli medikal resimler 3 farklı kenar belirleme algoritması ile test edilmiştir. LSB yöntemi kullanılarak gizlenen veriler, MSE ve PSNR karşılaştırma ölçütleri ile resimlerdeki bozulma durumlarının testi için kullanılmıştır. Kenar belirleme algoritmalarında ortalama değer altı, ortalama değer üstü, maksimum değer ve eşik değer yöntemleri kullanılmaktadır. Gizlenecek mesaj miktarı fazla olduğunda, maksimum değer yöntemi gibi bazı yöntemler yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden çalışmada yeterli kapasiteye ulaşabilmek için en uygun eşik değerleri belirlenmiştir.

Tablo 1’de kullanılan resimlerin boyutları, gizli mesajın boyutu ve veri saklama kapasiteleri görülmektedir. Tablo 2’de ki değerler incelendiğinde, her resim için ilgili algoritmanın maksimum saklama kapasitesi kadar veri gizlendiği görülmektedir. MSE değerlerinin oldukça düşük ve PSNR değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Beklendiği üzere, mesaj boyutu artırıldığında MSE değeri artmakta, PSNR değeri ise azalmaktadır. Seçilen yöntem sayesinde ise ROI kısmına veri saklama ihtiyacı kalmamıştır. Tablo 3’ te ise, orijinal resimler ve içerisine gizli mesaj saklanan resimler karşılaştırılmalı bir şekilde gösterilmektedir. Görüldüğü üzere aralarında gözle tespit edilebilecek bir farklılık oluşmamıştır.

4. SONUÇ

Medikal resimlerde, hastaya ait önemli kişisel bilgiler barındırılmaktadır ve bu görüntüler internet üzerinden elde edilen bir DICOM görüntüleyici ile rahatça elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, hastaya ait bilgiler için kenar belirleme algoritmaları kullanılarak, ilgi dışı alan tespit edilmekte ve bilgiler LSB yöntemi ile bu alana gizlenmektedir. Bu sayede resimde herhangi bir bozulma gerçekleşmediği gibi, verilerin güvenliği de sağlanmaktadır. Kenar algılama algoritmaları ile birlikte kullanılan LSB saklama

yöntemi, ROI ve RONI alanlarında ayırım yapıldıktan sonra veri gizleme işlemini gerçekleştirdiğinden dolayı daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Seçilen algoritmalarda kullanılan resmin yapısına bağlı olarak kapasite değeri, MSE ve PSNR değerleri değişkenlik göstermektedir. Tablo 2’ de ki veriler incelendiğinde mesaj boyutları farklılık gösterse de, Canny algoritması ile diğer yöntemlere göre daha düşük MSE ve daha yüksek PSNR değerleri elde edilmektedir. Tablo 3’te gösterilen resimlerde ise, veri gizleme işleminden sonra resimler üzerinde gözle görülür bir değişiklik tespit edilmemektedir.

Bu çalışmada kullanılan LSB yöntemi steganaliz yöntemleri ile verilerin elde edilmesini engellemek için, farklı şifreleme teknikleri veya farklı veri gizleme yöntemleri ile hibrit bir şekilde kullanılarak güvenliği artırılabilir. Ayrıca hasta ve doktor arasındaki mahremiyet durumuna dikkat edilmesi için, doktorların biyometrik bilgileri ile sadece hastanın doktorunun görebileceği sistemler kullanılabilir. Böylece yetkisiz kişilerin erişimi engellenmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

Rathod, M., & Khanapuri, J. (2017). A comparative study of transform domain methods for image resolution enhancement of satellite image. in Proc. 11th Int. Conf. Intell. Syst. Control (ISCO). 287–291.

Mousavi, S., Naghsh, A. & Abu-Bakar, S.A.R. (2015). A Heuristic Automatic and Robust ROI Detection Method for Medical Image Watermarking. J Digit Imaging. 417–427.

Eswaraiah, R., & Reddy, E. S. (2014). Medical image watermarking technique for accurate tamper detection in ROI and exact recovery of ROI. International Journal of Telemedicine and Applications, Volume 2014, pp 13.

Tuncel, E. (2006). Radyolojiye Giriş. Uludağ Üniversitesi, Radyoloji Anabilim Dalı Ders Notları. 3-64.

Junfeng J., Shenjuan L., Gang W., Weichuan Z. & Changming S. (2022). Recent advances on image edge detection: A comprehensive review. Neurocomputing, Volume 503. 259-271.

Shou-Ming H., Chao-Lan J., Ya-Bing W. & Mackenzie B. (2021). A Review of the Edge Detection Technology. Sparklinglight Transactions on Artificial Intelligence and Quantum Computing. 26–37.

Tao, Y., Scully, T., Perera, A.G., Lambert, A. & Chahl, J. (2021). A Low Redundancy Wavelet Entropy Edge Detection Algorithm. J. Imaging, 7(9), 188.

Ziqi X., Xiaoqiang J., Meijiao W. & Xiaobing S. (2021). Edge detection algorithm of medical image based on Canny operator. Journal of Physics: Conference Serie, 1955.

Lynn, N. D., Sourav, A. I., & Santoso, A. J. (2021). Implementation of Real-Time Edge Detection Using Canny and Sobel Algorithms. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1096, No. 1, p. 012079). IOP Publishing.

Song, Y., Ma, B., Gao, W., & Fan, S. (2019). Medical Image Edge Detection Based on Improved Differential Evolution Algorithm and Prewitt Operator. Acta Microscopica, 28(1).

Umbaugh, S. E. (2010). Digital image processing and analysis: human and computer vision applications with CVIPtools. CRC press.

Yang, C. H. (2008). Inverted pattern approach to improve image quality of information hiding by LSB substitution. Pattern Recognition, 41(8), 2674-2683.

Irawan, C., Sari, C. A., & Rachmawanto, E. H. (2017). Hiding and securing message on edge areas of image using LSB steganography and OTP encryption. In 2017 1st International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS) (pp. 1-6). IEEE.

Akhtar, N. (2016). An LSB substitution with bit inversion steganography method. In Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computing, Networking and Informatics: 515-521.

TÜRKİYE’DE FETEMM EĞİTİMİ KONUSUNDA ÖĞRETMEN VE ÖĞRETMEN ADAYLARI ÜZERİNE YAPILMIŞ TEZLERİN ANALİZİ: BİR META-SENTEZ ÇALIŞMASI

AYŞE NUR TAYTAK

Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi Programı
taytakaysenur@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-8234>

Prof. Dr. LÜTFULLAH TÜRKMEN

Uşak Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,
lutfullah.turkmen@usak.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6022-0633>

Özet

Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik bilim dallarının bütünleşik bir yapı içerisinde öğretilmesini amaçlayan FeTeMM eğitim yaklaşımı, son dönemlerde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ilgilerinin yoğunlaştığı bir alan olarak görülmektedir. Buna paralel olarak FeTeMM eğitim ile ilgili ulusal ve uluslararası arenada yapılan akademik çalışmaların sayısında da bir artış olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, bu çalışma ile Türkiye’de FeTeMM eğitimi konusunda öğretmen ve öğretmen adayları üzerine yapılmış olan tezlerin meta-sentez yöntemiyle analiz edilerek araştırma bulguları, araştırma yöntemleri ve teorik ve analitik çerçeveleri noktasında incelenmesi amaçlanmaktadır. Buna bağlı olarak bugüne kadar yapılmış ve YÖK Ulusal Tez Merkezinde erişime açık olan 21 tez inceleme kapsamına alınmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde FeTeMM alanında yapılan ilk tez çalışmasının 2017 yılında yapıldığı, 2017 – 2021 yılları arasında belirli bir artış gösterdiği ancak 2021 yılından itibaren yapılan çalışmaların sayısında azalmalar yaşandığı görülmüştür. Ayrıca çalışma sonucunda yapılan tezlerin tamamının yüksek lisans tezi olduğu, tezlerde örneklem grubu olarak daha çok öğretmen adaylarının seçildiği ve veri toplama yöntemlerinden daha çok farkındalık ve tutum ölçeği kullanıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: FeTeMM Eğitimi, Öğretmen, Öğretmen Adayları, Meta-Sentez

ANALYSIS OF THESES MADE ON TEACHERS AND TEACHER CANDIDATES ON STEM EDUCATION IN TURKEY: A META-SYNTHESIS STUDY

Abstract

The STEM education approach, which aims to teach the branches of Science, Technology, Mathematics and Engineering in an integrated structure, has been seen as an area where the interest of developed and developing countries has focused recently. In parallel, there has been an increase in the number of academic studies on STEM education in the national and international arena. In this context, the aim of this study is to analyze the research findings, research methods and theoretical and analytical frameworks of the dissertations on teachers and teachers candidates on STEM education in Turkey using the meta-synthesis method. Accordingly, 21 theses written so far and accessible at the YOK National Thesis Center were included in the scope of examination. As a result of the findings obtained, it has been seen that the first thesis study in the STEM field was conducted in 2017, and showed a certain increase between 2017 and 2021, but since 2021, there has been a Decrement in the number of studies conducted. In addition, as a result of the study, it was found that all of the theses were master's theses, teacher candidates were more selected as a sample group in the theses and the awareness and attitude scale was used more than data collection methods.

Keywords: STEM Education, Teacher, Teacher Candidates, Meta-Synthesis

*Bu çalışma Prof. Dr. Lütfullah TÜRKMEN’in danışmanlığında Ayşe Nur TAYTAK tarafından Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yürütülmekte olan “Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Algılarının ve Pedagojik Yaklaşımlarının İncelenmesi” adlı yüksek lisans tez konusundan üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Tarihi süreç içerisinde, devletlerin fonksiyonlarında meydana gelen değişmelere paralel olarak amaç ve hedeflerinde de değişiklikler meydana gelmiştir. Bu amaç ve hedeflerin başında teknolojik gelişmelerin takip edilerek ekonomik kalkınmanın sağlanması ve toplumsal refahın artırılması gelmektedir. Ülkelerin, ekonomi alanından meydana gelen değişimlere uyum sağlayabilmesi, rekabet koşullarında sürdürülebilir büyümeyi gerçekleştirebilmesi, sahip oldukları nitelikli beşerî sermayeleriyle doğrudan bağlantılıdır (Çakıcı, 2009). Bu kapsamda ülkelerin eğitim politikaları ve eğitim sistemleri, ekonomik kalkınmanın gerçekleştirilmesinde stratejik öneme sahip bir noktaya gelmiştir. Bu iddiayı desteklemesi açısından birçok ülkenin kalkınma politikalarında belirlenen hedefler arasında, bilim ve teknolojiye hızla yaşanan gelişmelerin takip edilmesinin niteliksel ve niceliksel olarak eğitim politikalarında yer aldığı gösterilebilir (Muğan Ertuğral, 2018). Her ne kadar eğitim sürecini etkileyen birçok faktör olsa da ülkelerin eğitim politikalarında aldığı önemli önlemlerden birisi de Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik temelli öğrenme (FeTeMM) anlayışı olmuştur.

FeTeMM, öncelikle kendisini oluşturan fen, teknoloji, mühendislik ve matematik bilimlerinin bütüncül yaklaşımla ele alındığı bir eğitim yaklaşımıdır. Bu bağlamda söz konusu disiplinler bir konuyu ya da problemi sadece kendi disiplinleri içerisinde değerlendirmeyip disiplinler arası bir yaklaşımla (yani bütüncül bir yaklaşımla) çözüme kavuşturmaktadır (Hom, 2014). Dolayısıyla FeTeMM eğitim anlayışının en temel özelliği olarak bütüncül bir eğitim anlayışına sahip olması gösterilebilir. FeTeMM eğitim anlayışının bu özelliği kendisini oluşturan dört bilim dalı arasındaki engelleri kaldıran ve bilgiyi bir öğretme ve öğrenme anlayışı içerisine bütünleştirmeye yönelik bir hareket olarak değerlendirilmektedir (Lantz, 2009).

FeTeMM eğitim anlayışının literatürde birçok tanımının yapıldığı görülmektedir. Yapılan bu tanımlar birlikte değerlendirildiğinde FeTeMM eğitim yaklaşımının; “girişimciliği esas alan, problem çözme ve disiplinler arası uygulamalı eğitimi öncüleyen, 21. yüzyılın gereklerinden olan etkili iletişim, eleştirel düşünce, girişimcilik, inovasyon kabiliyeti, liderlik, medya ve teknoloji okuryazarlığı gibi” özelliklere sahip eğitim yaklaşımı olarak ifade edildiği görülmektedir (Aydın Günbatar, 2019; Bybee, 2010; Ring vd., 2017). Bu kapsamda FeTeMM eğitimin sahip olduğu özelliklerle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin belirledikleri hedeflerle uyumlu olması FeTeMM eğitim anlayışının önemini gün geçtikçe artırmıştır. Buna bağlı olarak da ulusal ve uluslararası alan yazınında FeTeMM konusunda yapılan çalışmaların arttığı söylenebilir.

Alan yazınında yapılan akademik çalışmalardan birisi de lisansüstü tezlerdir. Lisansüstü tezler; yüksek lisans ve doktora tezlerinden oluşmaktadır. Tez hazırlamanın amacı belirli bir akademik alandaki konuyu derinlemesine araştırmak ve elde edilen sonuçların araştırma yapan diğer araştırmacıların kullanıma sunarak bilimin gelişmesine katkı sağlamaktır. Bu kapsamda, bu çalışma ile Türkiye’de FeTeMM eğitimi konusunda öğretmen ve öğretmen adayları üzerine yapılmış olan tezlerin meta-sentez yöntemiyle analiz edilerek çalışmaların hangi yıllarda yapıldığı, araştırma amaçları, araştırma bulguları, araştırma yöntemleri ve teorik ve analitik çerçeveleri noktasında incelenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda elde edilen verilerin bir bütün olarak okuyucuya sunulması hem FeTeMM konusunda çalışma yapacak olanlara bir ışık tutmayı hem de birbirini tekrar eden değil birbirinin devamı niteliğinde alan çalışmaların yapılmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Türkiye’de FeTeMM eğitimi konusunda öğretmen ve öğretmen adayları üzerine yapılmış olan tezlerin sentezlenmesi amacıyla yapılmış olan bu çalışmada meta-sentez yöntemi kullanılmıştır. Meta-sentez yöntemi, farklı konularda yapılmış olan çalışmaları belirli unsurlar üzerinden karşılaştırarak benzer ve farklı yönlerinin ortaya konulmasını sağlayan bir yöntemdir (Gümüş, 2018; Sandelowski, Docherty ve Emden, 1997; Walsh ve Downe, 2005). Bu bağlamda çalışmanın ana çerçevesini analize dahil edilen çalışmaların hangi yıllarda yapıldığı, araştırma amaçları, araştırma bulguları, araştırma yöntemleri gibi unsurlar oluşturmaktadır.

2.1. Çalışmanın Kısıtı

Analize dahil edilecek olan tez çalışmaları belirlenirken özellikle tez başlıklarında “FeTeMM ve Öğretmen” kelimelerinin yer alması bu çalışmanın en önemli kısıtını oluşturmaktadır. Bunun nedeni öğretmenler ve öğretmen adayları üzerine yapılmış çalışmaların FeTeMM kelimesi üzerinden yapılmasını arzulamamız ve desteklememizdir. Dolayısıyla tez başlığında STEM kelimesi yer alan çalışmalar analize dahil edilmemiştir.

2.2. Çalışma Verilerinin Elde Edilmesi

Çalışmanın ilk aşamasında Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi web sayfasından gelişmiş tarama sekmesi üzerinden yayınlanmış olan tezlere ulaşmak olmuştur. Bu kısımda aranılacak kelimeler kısmına “FeTeMM” ve “Öğretmen” kelimeleri yazılarak tez adı sekmesinde tarama yapılması istenmiştir. Tez merkezinde yayınlanmış 22 adet tez çalışmasına ulaşılmıştır. Ancak ulaşılan tezlerden bir tanesinin farklı tez numarasına (607518 ve 541728) sahip olmasına rağmen aynı yazara ait mükerrer kaydolduğu tespit edilmiş olup bu tezlerden birisi analizden çıkartılarak 21 tez çalışması üzerinden analizimiz gerçekleştirilmiştir.

2.3. Kodlama Süreci

Kodlama sürecinde ilk olarak ulaşılan tezlerin hepsinin okunularak, araştırma kapsamında meta-sentez analizine dahil edeceğimiz hususlarla ilgili veriler çalışma kağıdına kaydedilmiştir. Belirlenmiş olan temalara uygun olarak kodlamalar yapılmıştır. Ayrıca her bir tez, yayım yılı dikkate alınarak 1’den 21’e kadar numaralandırılarak kodlama yapılmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Çalışma kapsamında analize tabii tuttuğumuz tez çalışmaları, belirlenmiş olan temalara uygun olarak tablolar şeklinde okuyucuya sunulmuştur. Verilerin bu şekilde sunulması elde edilen verilerin belirli bir düzen içerisinde okuyucuya aktarılmasını amaçlamaktadır.

3. BULGULAR

Bu başlık altında tezlerden elde edilen bulguların her bir alt probleme göre tasnifi yapılarak ele alınmıştır.

3.1. Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Analiz edilen tezlerin yıllara göre dağılımına baktığımızda tez başlığında “FeTeMM ve Öğretmen” kelimelerinin yer aldığı ilk tezin 2017 yılında yapıldığı görülmektedir. Bu tarihten sonra özellikle 2018 yılında 7, 2019 yılında 6 tezin yapıldığı, takip eden yıllarda ise bir düşüş eğitimi göstererek 2020 yılında 4, 2021 – 2022 ve 2023 yıllarında ise sadece 1’er tez çalışmasının yapıldığı görülmüştür.

Tablo 1: Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Tez Kodu	Tez Yayın Tarihi	Tez Adı	Üniversite
X ₁	2017	“Öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarının FeTeMM alanları tanımları ve ilişkileri üzerinden incelenmesi”	Boğaziçi Üniversitesi
X ₂	2017	“Öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimi ve FeTeMM etkinlikleri hakkındaki görüşleri”	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
X ₃	2018	“Robotik FeTeMM uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı, bilimsel süreç becerileri ve motivasyon üzerine etkileri”	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
X ₄	2018	“Öğretmen adaylarının entegre FeTeMM öğretimine yönelimlerinin ve teknolojiye yönelik tutumlarının farklı değişkenler açısından incelenmesi”	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
X ₅	2018	“Mobil teknolojiye dayalı FeTeMM uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine, sistem düşünme zekâsına ve öğretmenlik özyeterliklerine etkisi”	Dokuz Eylül Üniversitesi

X ₆	2018	“Fen bilgisi öğretmen adaylarının FeTeMM’e yönelik bilişsel yapılarının problem çözme becerilerinin ve FeTeMM öğretimi yönelimlerinin incelenmesi”	Uşak Üniversitesi
X ₇	2018	“Tasarım temelli FeTeMM (fen, teknoloji, matematik ve mühendislik) etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgi düzeylerine bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisi”	Uşak Üniversitesi
X ₈	2018	“FeTeMM etkinliklerinin, fen bilgisi öğretmen adaylarının öz-yeterlik inançlarına, FeTeMM eğitim yaklaşımına ve fen öğretimine yönelik düşüncelerine etkisinin incelenmesi”	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
X ₉	2018	“Fen bilimleri, matematik ve sınıf öğretmen adaylarının FeTeMM öğretimine ilişkin yönelimleri”	Akdeniz Üniversitesi
X ₁₀	2019	“Fen bilgisi öğretmen adaylarının entegre fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) öğretimi yönelimlerinin incelenmesi (Ege bölgesi örneği)”	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
X ₁₁	2019	“Fen bilgisi öğretmen adaylarının entegre FeTeMM öğretimi yönelimlerinin ve FeTeMM farkındalıklarının belirlenmesi”	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
X ₁₂	2019	“FeTeMM uygulamalarının biyoloji öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarına ve görüşlerine etkisi”	Gazi Üniversitesi
X ₁₃	2019	“Öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalığı ve öğretim programına entegrasyonu hakkında görüşlerinin incelenmesi”	Akdeniz Üniversitesi
X ₁₄	2019	“Bilgisayar ve öğretim teknolojileri öğretmen adaylarının STEM (FeTeMM) eğitimine yönelik görüş ve tutumları”	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
X ₁₅	2020	“FeTeMM yaklaşımına dayalı okul dışı etkinliklerin öğretmen adaylarının bitkiler konusu ile ilgili akademik başarı ve okul dışı öğretime yönelik görüşleri üzerine etkileri”	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
X ₁₆	2020	“Bütünleştirilmiş FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının FeTeMM ile ilgili tutum ve özyeterliklerine etkisinin incelenmesi”	Balıkesir Üniversitesi
X ₁₇	2020	“Mühendislik tasarım süreci etkinliklerinin sınıf öğretmen adaylarının Fen Teknoloji Mühendislik Matematik (FeTeMM) farkındalıklarına ve mühendis algılarına etkisi”	Yozgat Bozok Üniversitesi
X ₁₈	2020	“Öğretmen adaylarının fen, teknoloji, mühendislik, matematik (FeTeMM) entegrasyonuna yönelik özyeterlik algılarının incelenmesi”	Hacettepe Üniversitesi
X ₁₉	2021	“STEM (FeTeMM) yaklaşımında robotik uygulamaların (arduino) kullanımına yönelik fen öğretmen eğitimi”	Trakya Üniversitesi
X ₂₀	2022	“Farklı bölümlerdeki öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalığı ve teknoloji okuryazarlıklarının incelenmesi”	Kocaeli Üniversitesi
X ₂₁	2023	“Fen bilimleri öğretmen adaylarının FeTeMM ile ilgili farkındalıkları”	Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi

Ayrıca Tablo1’de tezlerin hangi üniversitede gerçekleştirildiği de görülmektedir. Yayınlanmış tezlerin 14 farklı üniversitede hazırlandığı ve 3’er adet tez çalışmasıyla en fazla tezin Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesinde (X₃, X₁₀ ve X₁₆) ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesinde (X₄, X₈ ve X₁₁) hazırlandığı görülmektedir.

3.2. Tezlerin Amaçları ve Eğitim Düzeyleri

Akademik araştırmaların özgünlüğünü ortaya koyan en önemli unsur çalışmanın amacıdır. Çalışmanın amacı, örneklemin seçiminden çalışmada kullanılacak yöntemin belirlenmesine kadar tüm aşamalarda çalışmaya yön veren önemli bir kısımdır. Bu bakımdan çalışmanın bu kısmında analize dahil edilmiş olan tezlerin amaçları ve eğitim düzeyleri noktasında değerlendirmeler yapılacaktır.

Tablo 2: Tezlerin Amaçları ve Eğitim Düzeyi

Tez Kodu	Tez Amacı	Eğitim Düzeyi
X ₁	“FeTeMM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) ile ilgili öğretmenlik programlarında okuyan birinci sınıf ve son sınıf öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarını, FeTeMM tanımları ve alan ilişkileri üzerinden farklılıklarının tespit edilmesi”	Yüksek Lisans Tezi
X ₂	“Fizik öğretmen adaylarının Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) eğitimi ve FeTeMM etkinlikleri hakkındaki görüşlerini belirlemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₃	“Fen Bilgisi Öğretmenliği 4. Sınıf öğretmen adayları ile (n=42) LEGO Mindstorms EV3 eğitsel robotik setlerini kullanılarak, böcek yaşamını taklit eden robotlar tasarlamak ve programlamak amacıyla deneysel bir araştırma yapmak”	Yüksek Lisans Tezi
X ₄	“Öğretmen adaylarının entegre FeTeMM öğretime yönelik yönelimleri ve teknolojiye yönelik tutumlarının incelenmesi amaçlanmıştır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₅	“Mobil teknolojiye dayalı FeTeMM uygulamalarının öğretmen adaylarının mühendislik tasarım becerilerine, sistem düşünme zekâsına ve öğretmenlik özyeterliklerine etkisinin incelenmesidir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₆	“Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının FeTeMM’e yönelik bilişsel yapılarını, problem çözme becerilerini, FeTeMM öğretimi yönelimlerini ve görüşlerini incelemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₇	“Fen bilgisi öğretmen adaylarının Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları-II dersinin tasarım temelli FeTeMM (Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik) etkinlikleriyle yürütülmesinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgi düzeylerine bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₈	“Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen özyeterliklerine, Fen öğrenimine yönelik düşüncelerine ve FeTeMM eğitimi yönelimlerine etkisini belirlemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₉	“Fen bilimleri, sınıf ve matematik öğretmen adaylarının FeTeMM öğretimi yönelim düzeylerini cinsiyet, ana bilim dalı ve üniversite gibi farklı değişkenlere göre incelemek amaçlanmıştır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₀	“Ege Bölgesi’nde seçkisiz seçilen dört devlet üniversitesinin eğitim fakültelerindeki birinci ve dördüncü sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının cinsiyet, sınıf ve öğrenim gördükleri fakülte değişkenleri açısından bütünsel FeTeMM öğretimi yönelim düzeylerinin incelenmesidir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₁	“Fen bilgisi öğretmen adaylarının bütünsel FeTeMM öğretimi yönelimlerini ve FeTeMM farkındalıklarını belirlemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₂	“FeTeMM etkinliklerinin biyoloji öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimi hakkında farkındalıklarına etkisini belirlemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₃	“Öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarını, FeTeMM’in öğretim programına entegrasyonu hakkındaki yönelimlerini ve bu iki tutumu çeşitli değişkenler (cinsiyet, ana bilim dalı, sınıf düzeyi, yaş aralığı) açısından incelemeyi amaçlamıştır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₄	“Türkiye’de bir üniversitenin Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi bölümünde 7. ders dönemine kayıtlı olan 30 öğretmen adayının ‘Eğitim Ortamlarında Teknoloji Uygulamaları’ dersinde bir dönem boyunca STEM (FeTeMM) eğitimi ve uygulamaları, mühendislik, teknoloji ve bu disiplinler	Yüksek Lisans Tezi

	arasındaki ilişkiye yönelik tutumlarını ve görüşlerini belirlemek amaçlanmıştır”	
X ₁₅	“Bu çalışmada, Genel Biyoloji Laboratuvarı II dersinde, Fen Bilgisi 2. Sınıf Öğretmen Adayları ile yürütülen deneysel bir uygulama ile okul dışı FeTeMM yaklaşımıyla oluşturulmuş etkinliklerin, öğretmen adaylarının akademik başarılarına ve okul dışı FeTeMM anlayışına yönelik görüşlerinin etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₆	“Çalışmada FeTeMM eğitimi temelinde Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik disiplinleri ile tasarlanan etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimi ile ilgi tutumları ve özyeterlilikleri üzerinde anlamlı farklılık oluşturup oluşturmadığı belirlenmiştir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₇	“FeTeMM uygulama yollarından biri olan Mühendislik Tasarım Süreci (MTS) etkinlikleri ile sınıf öğretmeni adaylarının FeTeMM farkındalıklarını ve mühendislik algılarını geliştirmek, uygulama sonucunda sınıf öğretmeni adaylarının etkinlikler ile ilgili görüşlerini almaktır”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₈	“Eğitim fakültelerinde FeTeMM ile ilişkili alanlarda öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimine ilişkin özyeterliliklerinin belirlenmesidir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₁₉	“FeTeMM yaklaşımında robotik uygulamaların (arduino) kullanımına yönelik fen öğretmeni eğitimi öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılıklarına, FeTeMM farkındalıklarına ve arduino destekli proje tabanlı öğretime ilişkin özyeterliliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₂₀	“Fen Bilgisi Öğretmenliği, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, Sınıf Öğretmenliği ve Yabancı Dil Öğretmenliği adaylarının FeTeMM farkındalık ve teknoloji okuryazarlık düzeylerinin ne olduğunu, bölümlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını ve birbirleri arasındaki ilişkiyi ve yordayıcılığını incelemektir”	Yüksek Lisans Tezi
X ₂₁	“Türk ve Kazak fen bilimleri öğretmen adaylarının FeTeMM alanları algılarına, FeTeMM farkındalıklarını ve bu alanlar arasındaki ilişkileri algılaya biçimlerini incelemektedir”	Yüksek Lisans Tezi

Analize tabii tutulan tez çalışmalarına baktığımızda Tablo 2’den de anlaşılacağı üzere Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının FeTeMM algıları ve farkındalıklarının tespiti üzerine yapılmış çalışmaların (X₁, X₂, X₄, X₉, X₁₂, X₁₁, X₁₃, X₁₄, X₁₇, X₁₉, X₂₀ ve X₂₁) çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bunu Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının FeTeMM konusundaki öz-yeterliliklerinin tespit edilmesini amaçlayan çalışmalar (X₅, X₈, X₁₀, X₁₆ ve X₁₈,) izlemektedir. Daha sonra ise FeTeMM uygulamaları ve etkinliklerinin Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının akademik başarılarını olan etkisinin belirlenmesine yönelik yapılmış çalışmalar (X₃, X₆, X₇ ve X₁₅) gelmektedir. Ayrıca yapılmış olan tez çalışmalarına baktığımızda tezlerin tamamının yüksek lisans tezinden oluştuğu görülmektedir. Bu da demektir ki öğretmen ve öğretmen adayları üzerine FeTeMM başlıklı doktora tezinin bugüne kadar hiç yapılmamış olduğudur.

3.3. Tezlerde Kullanılan Yöntemler

Çalışmanın bu başlığında FeTeMM konusunda Öğretmen ve Öğretmen Adayları üzerine yapılmış tezlerde kullanılan yöntemlerin dağılımına yönelik bulgulara yer verilmiştir. Bu çerçevede Tablo 3 hazırlanmıştır.

Tablo 3: Tezlerde Kullanılan Yöntemler

Tez Kodu	Kullanılan Yöntemler
X ₁	Araştırmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. 1. Aşamada açık uçlu anket uygulaması 2. Görüşme tekniği kullanılmıştır.

X ₂	Araştırmada nitel çalışmalarda kullanılan fenomenografik (olgubilim) araştırma yöntemi kullanılmıştır. Açık uçlu soruların yer aldığı mülakat tekniği kullanılmıştır.
X ₃	Araştırmada öntest – sontest kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır.
X ₄	Araştırmada betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Anket uygulaması yapılmıştır.
X ₅	Araştırmada ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel araştırma modeli kullanılmıştır.
X ₆	Araştırmada iç içe desenli karma yöntem kullanılmıştır.
X ₇	Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden —tek grup ön test-son test nicel deneysel desen kullanılmıştır.
X ₈	Araştırmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. 1. Aşamada nicel araştırma yönteminde tek gruplu ön test- son test deneysel deseni yöntemi, 2. Aşamada nitel araştırma yönteminde ise durum çalışması olarak yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılmıştır
X ₉	Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılmıştır
X ₁₀	Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama modeli kullanılmıştır.
X ₁₁	Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılmıştır.
X ₁₂	Araştırmada nicel ve nitel veri toplama araçlarının kullanıldığı nicel ve nitel veri analiz yöntemleri kullanılmıştır.
X ₁₃	Araştırmada betimsel araştırma yöntemi ve tarama modeli kullanılmıştır.
X ₁₄	Araştırmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. 1. Nicel verilerin toplanması için deneysel model türlerinden tek grup öntest - sontest modeli tercih edilmiştir. 2. Nitel veriler için olgubilim (fenomenoloji) deseni kullanılıp, yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır.
X ₁₅	Araştırmada gerçek deneysel desenlerden son test kontrol gruplu seçkisiz desen kullanılmıştır.
X ₁₆	Çalışmada karma araştırma yöntemlerinden yakınsayan paralel desen kullanılmıştır.
X ₁₇	Araştırmada karma yöntem araştırma modeli kullanılmıştır. 1. Nicel araştırma verilerinin toplanması amacıyla, öntest- sontest tek grup desen modeli, 2. Nitel araştırma verilerinin toplanması amacıyla bu çalışmada durum çalışması olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır.
X ₁₈	Çalışmada nicel araştırma desenlerinden tarama araştırması kullanılmıştır.
X ₁₉	Çalışmada modellerinden tek grup öntest–sontest modeli kullanılmıştır.
X ₂₀	Çalışmada çoklu araştırma yöntemi kullanılmıştır.
X ₂₁	Çalışmada tarama modellerinden biri olan betimsel tarama modeli kullanılmıştır.

Tablo 3'e göre, hazırlanmış olan tezlerde kullanılan yöntemlere baktığımızda 13 tez çalışmasında nicel yöntemlerin tercih edildiği; bu kapsamda deneysel desen ve betimsel tarama modellerinin kullanıldığı anlaşılmaktadır. 7 tez çalışmasında ise karma araştırma modeli kullanıldığı dikkati çekmektedir. Bunun yanında 1 tez çalışmasında (X₂₀) çoklu araştırma yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

3.4. Tezlerde Ulaşılan Sonuçlar

Çalışmanın bu başlığında FeTeMM konusunda Öğretmen ve Öğretmen Adayları üzerine yapılmış tezlerde ulaşılan sonuçlara yer verilmiştir. Bu çerçevede Tablo 4 hazırlanmıştır.

Tablo 4: Tezlerde Ulaşılan Sonuçlar

Tez Kodu	Ulaşılan Sonuçlar
X ₁	Araştırma sonuçlarına bakıldığında katılımcıların FeTeMM alanlarını doğru tanımlayabildikleri, FeTeMM alanları arasındaki ilişkiyi doğru kurabildikleri ancak

	günlük hayatta karşılaştıkları örneklerle FeTeMM alanları arasındaki ilişkiyi doğru kurmakta zorlandıkları tespit edilmiştir.
X ₂	Araştırmanın sonuçlarına bakıldığında öğretmen adaylarının, derslerde FeTeMM etkinliklerinin kullanılmasının dersleri daha eğlenceli ve dikkat çekici hale dönüştürdüğünü, öğrencilerin ilgilerinin arttırdığını ve buna bağlı olarak derse katılım düzeyinin artmasına vesile olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca öğretmen adaylarının FeTeMM etkinliklerini kullanmada zorluk çekmedikleri aynı zamanda ders performanslarının olumlu yönde etkilendiğini ifade etmişlerdir.
X ₃	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, Robotik FeTeMM uygulama etkinliklerinin öğretmen adaylarının bilimsel gelişmelerine ve çeşitli beceriler kazanmalarına destek olduğu ve derse yönelik motivasyonlarının artmasına vesile olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Robotik FeTeMM tasarımı etkinliğinde öğretmen adaylarının derslerde daha aktif rol aldıkları, öğrenime yönelik isteklerinde bir artış gözlemlendiği ve iş birliği kabiliyetlerinin geliştiği gözlemlenmiştir.
X ₄	Araştırma sonucuna bakıldığında, öğretmen adaylarının teknoloji ve bütünleşik FeTeMM öğretimine yönelik eğilimlerinin olumlu seviyede olduğu ayrıca fen bilimleri öğretmenlerinin bütünleşik FeTeMM eğilimlerinin diğer bölümlerdeki öğretmen adaylarına göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.
X ₅	Araştırma sonucuna bakıldığında, öğretmen adaylarının FeTeMM eğitim anlayışını doğru tanımladıkları, FeTeMM'in disiplinler arası bir yaklaşım olarak tanımladıkları tespit edilmiş olmasına rağmen FeTeMM uygulamaları konusunda mevcut okul şartlarının yeterli düzeyde olmadığı, FeTeMM eğitimi konusunda öğretmen ve öğretmen adaylarına yönelik çeşitli eğitimler verilmesi gerektiğine yönelik görüşlerin yoğun olduğu ifade edilmiştir.
X ₆	Araştırma sonucuna bakıldığında, yapılan uygulama neticesinde öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinde belirgin oranda gelişme yaşandığı, öğretmen adaylarının bütünleşik FeTeMM öğretim eğilimlerinin FeTeMM etkinlikleri neticesinde anlamlı düzeyde gelişme olduğu tespit edilmiştir. Netice itibarıyla, FeTeMM etkinlikleri sayesinde öğretmen adaylarının FeTeMM özyeterliliklerinde gelişmeler meydana geldiği tespit edilmiştir.
X ₇	Araştırma sonucuna bakıldığında FeTeMM etkinliklerinin fen bilimleri öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerinin gelişmesine katkı sağladığı yorumu yapılmıştır. Ancak yapılan etkinlikler neticesinde öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik tutumlarının değişmediği gözlenirken verilen cevapların uygulama öncesinde yapılan açık uçlu sorulara verdikleri cevaplarla kıyaslandığında bilgi düzeylerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir.
X ₈	Araştırma sonucuna bakıldığında, FeTeMM eğitim yaklaşımının özyeterlilik inançlarına anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak öğretmen adaylarının fen bilgisi dersinde konuların öğretilmesinde FeTeMM eğitim yaklaşımlarının yararlı olacağına yönelik görüşlerde belirli bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca fen bilimleri öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimini FeTeMM disiplinleri ile ilişkilendirebildikleri, problem çözme becerilerinin gelişimine ve inovatif özelliklerinin gelişmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.
X ₉	Araştırma sonucuna bakıldığında öğretmen adaylarının FeTeMM öğretim yönelimleri düzeylerinin olumlu olduğu, Cinsiyet değişkenine göre bilgi boyutunda belirli bir farklılık söz konusu değilken algı-tutum-davranış yönelimi alt boyutunda kadınlar lehine anlamlı farklılıkların olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın öğretmen adaylarının öğrenim gördükleri bölüm değişkenine göre incelenen alt-boyutlardaki ortalama puanlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
X ₁₀	Araştırma sonucuna bakıldığında, öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre bütünleşik FeTeMM eğitimi eğilimlerinde analiz edilen alt boyutlar bakımından anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Ancak öğretmen adaylarının öğrenim gördükleri fakülte değişkenine göre bilgi, tutum, algılanan davranış ve davranış yönelimi alt boyutlarına göre anlamlı bir farklılık olduğu gözlemlendiği ifade edilmiştir.

X ₁₁	Araştırma sonuçlarına bakıldığında fen bilimleri öğretmen adaylarının FeTeMM öğretim yönelimleri ve FeTeMM farkındalıklarının cinsiyet ve sınıf değişkenlerine göre anlamlı farklılıklarının olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
X ₁₂	Araştırma sonuçlarına bakıldığında deney grubundaki ve kontrol grubundaki öğrencilerde FeTeMM etkinlikleri sonrasında FeTeMM farkındalıklarında herhangi bir farklılığa rastlanılmadığı görülmüştür. Ayrıca deney ve kontrol grubundaki öğrencilere FeTeMM uygulamalarının yapılmadığı teorik anlatımlarının gerçekleştirildiği buna göre kontrol grubundaki öğrencilerde FeTeMM farkındalıklarında farklılığın olduğu tespit edilmiştir.
X ₁₃	Araştırma sonuçlarına bakıldığında öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre FeTeMM farkındalıkları ve FeTeMM öğretim yönelimleri açısından farklılıklarının bulunmadığı, sınıf düzeyleri ve yaş değişkenliklerine göre ise FeTeMM farkındalıklarında olumlu yönde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimini kullanma konusunda yeterli beceriye sahip olma, öğrenme performanslarını geliştirme ve proje tasarımı alanlarında çeşitli kaygılar taşıdıkları tespit edilmiştir.
X ₁₄	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının cinsiyet ve bilgisayar sahipliği değişkenlerine göre FeTeMM eğitim yaklaşımlarına göre anlamlı bir farklılığın bulunmadığı, yaş değişkenine göre 20 yaş grubundaki öğretmen adaylarının öntest-sontest sonuçlarına göre anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının FeTeMM eğitimi ve uygulamaları neticesinde FeTeMM eğitim yaklaşımına yönelik ilgilerinin arttığı tespit edilmiştir.
X ₁₅	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının son test sonuçlarına göre okul dışı FeTeMM etkinlik uygulamalarının akademik başarıları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ayrıca öğretmen adaylarının araştırma yapma, sorgulama, verileri kaydetme gibi bilimsel becerilerine de olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Bunun yanında okul dışı FeTeMM etkinlikleri sayesinde öğretmen adaylarının merak duygusunun geliştiği, bitkilere yönelik farkındalıklarının arttığı ve araştırma yapmayı zevkli hale getirdiği yönünde görüşlere sahip olduğu ifade edilmiştir.
X ₁₆	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının FeTeMM eğitim yaklaşımı ile ilgili tutum ve öz yeterliliklerinde anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı ve bu tür etkinliklerin öğretmen adaylarının eğitim süreçlerine olumlu yansımalar sağlayacağı tespit edilmiştir.
X ₁₇	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının toplam FeTeMM farkındalık puanları ile FeTeMM eğitim yaklaşımının araştırmaya konu edilen öğrenciye etkisi, derse etkisi ve öğretmene yönelik etkileri noktasında pozitif anlamda bir değişikliğe neden olduğu tespit edilmiştir.
X ₁₈	Araştırma sonuçlarına bakıldığında, öğretmen adaylarının FeTeMM ile ilgili bir etkinliğe katılmalarının FeTeMM algılarına, teknolojiyi kullanma yönünde ve FeTeMM konularına ilgi duymalarına yönelik olumlu etkilerinin olacağını göstermiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalığı konusunda cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılığın bulunmadığı ancak öğrenim gördükleri bölüm, mühendislik tasarımları noktasında sahip oldukları algı düzeylerinin belirli farklılıklarının olduğu tespiti edilmiştir.
X ₁₉	Araştırma sonuçlarına bakıldığında fen bilimleri öğretmen adaylarına uygulanan ölçek neticesinde FeTeMM farkındalıkları noktasında anlamlı bir gelişme oluşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak öntest-sontest uygulama sonuçlarına göre proje tabanlı öğretime ilişkin öz yeterlilikleri incelendiğinde sontest grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
X ₂₀	Araştırmanın sonuçlarına bakıldığında, uygulanan anket sonuçlarına göre öğretmen adaylarının FeTeMM farkındalıklarının ve teknoloji okuryazarlıklarının olumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca genel itibarıyla elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının bölüm farklılıkları değişkenine göre öğretmen adaylarının FeTeMM

	farkındalıkları ve teknoloji okuryazarlıkları noktasında anlamlı, pozitif ve düşük düzeyde ilişkin olduğu tespit edilmiştir.
X ₂₁	Araştırma sonuçlarına bakıldığında Türk ve Kazak öğretmen adaylarının fen disiplini FeTeMM disiplinleri arasında kabul ettikleri ve FeTeMM disiplinleri ile algılarının ortalama düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4'e göre, hazırlanmış olan tezlerde ulaşılan sonuçlara bakıldığında tez çalışmalarının benzerliklerinin olduğu gibi farklılıklarının da olduğu söylenebilir. Örneğin FeTeMM farkındalıklarının cinsiyet, öğrenim görülen bölüm, öğretmenlik branşı gibi değişkenler bağlamında analiz edilen tezler bakıldığında cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılığın bulunmadığı tezler varken (X₉, X₁₀, X₁₃ ve X₁₈) anlamlı farklılıkların bulunduğunu tespit eden tezlerin de bulunduğu (X₁₁ ve X₁₄) görülmektedir. Bunun yanında FeTeMM etkinliklerinin öğretmen ve öğretmen adaylarının derse yönelik özyeterliliklerini olumlu yönde etkilediğini tespit eden tezlerin bulunmasına karşılık (X₆, X₇, X₁₅, X₁₇ ve X₁₈) öğretmen ve öğretmen adaylarının derse yönelik özyeterliliklerini olumlu yönde etkilemediği sonucuna ulaşan tez de (X₈) bulunmaktadır.

Bunun yanında, FeTeMM'i doğru tanımlama ve FeTeMM disiplinleri arasındaki ilişkiyi doğru algılama konusunda araştırma yapan tezlerin sonuçlarına baktığımızda bu tezlerin hemen hemen tamamında öğretmen ve öğretmen adaylarının FeTeMM'i doğru tanımlayabildikleri (X₁ ve X₅) ve FeTeMM disiplinleri arasındaki ilişkiyi doğru kurabildikleri (X₁, X₅, X₈, X₉, X₂₁) sonucuna ulaşıldığı görülmektedir.

4. SONUÇ

FeTeMM kavramı üzerine öğretmen ve öğretmen adayları üzerine gerçekleştirilmiş tezlerin meta sentez yöntemiyle analiz edildiği bu çalışmada bugüne kadar hazırlanmış tezlerin belirli kriterler oluşturularak "tez başlığı, tezin yayınladığı yıl, tezin hazırlandığı üniversite, tezde kullanılan yöntem ve sonuçları" açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, hazırlanan tezlerin genel çerçevesi araştırmacıların bilgisine sunularak bu konuda araştırma yapacak kişilere kılavuzluk etmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın amaçları değerlendirildiğinde amaçların temelde birkaç noktada toplandığı söylenebilir. Bunlar; FeTeMM eğitiminin ne olduğu, nasıl tanımlandığı, nasıl algılandığını tespit etmek, FeTeMM disiplinleri arasındaki ilişkinin doğru tanımlanıp tanımlanmadığını, FeTeMM uygulama ve etkinliklerinin öğretmen özyeterliliklerine, öğrenci becerilerine ve dersin anlaşılabilirliğine yönelik etkilerinin tespit edilmesi olduğu ifade edilebilir.

Yapılan çalışmalar yöntem açısından değerlendirildiğinde dikkat çekici derecede nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeline ağırlık verildiği görülmüştür. Bunun yanında karma araştırma yöntemini kullanan çalışmaların da önemli derecede olduğu ifade edilebilir. Bunların dışında görüşme formu kullanılarak yapılan çalışmalarda bulunmaktadır. Bu bağlamda bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda farklı yöntemlerin kullanılmasının yapılacak araştırmalarda farklılık oluşturmaya adına dikkat edilmesi gereken bir durum olduğu söylenebilir.

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde ise öğretmen ve öğretmen adaylarının genel anlamda;

- FeTeMM kavramını doğru tanımladıkları,
- FeTeMM disiplinleri arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde ifade edildiği,
- FeTeMM algıları noktasında seviyenin yüksek olduğu,
- FeTeMM uygulama ve etkinliklerinin öğretmenlerin öz yeterlilikleri, dersi anlatım becerilerini, ders performanslarını olumlu yönde etkilediği,

- FeTeMM etkinliklerinin öğrencilerin ders konusunda daha heyecanlı, istekli şekilde katılım göstermelerine ve aktarılan bilgilerin kalıcılığını artırdığı yönünde sonuçlara ulaşıldığını söylebiliriz.

Çalışmada analiz edilen 21 tez üzerinden değerlendirme yapacak olursak;

- FeTeMM konusunda öğretmen ve öğretmen adayları üzerine yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğunu söylemek mümkündür. FeTeMM eğitim anlayışının gelecekte daha da önemli bir noktaya geleceğini düşündüğümüzde bu alanla ilgili olarak daha fazla bilimsel çalışmanın yapılması gerektiği ifade edebiliriz.

KAYNAKÇA

- Abacı, B. (2020). Bütünleştirilmiş FeTeMM Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının FeTeMM ile İlgili Tutum ve Özyeterliklerine Etkisinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Akçay, S. (2018). Robotik FeTemmm Uygulamalarının Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Akademik Başarı, Bilimsel Süreç Becerileri ve Motivasyon Üzerine Etkileri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Alaylı, A. (2021). STEM (FeTeMM) Yaklaşımında Robotik Uygulamaların (Arduino) Kullanımına Yönelik Fen Öğretmen Eğitimi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Aydın Günbatar, S. (2019). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) Yaklaşımı ve FeTeMM'e Uygun Etkinlik Hazırlama Rehberi. H. Artun ve S. Aydın Günbatar (Haz.), Çağdaş Yaklaşımlarla Destekli Fen Öğretimi: Teoriden Uygulamaya Etkinlik Rehberi, (1. Baskı) Pegem A Yayıncılık.
- Belek, F. (2018). FeTeMM Etkinliklerinin, Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Öz-Yeterlik İnançlarına, FeTeMM Eğitim Yaklaşımına ve Fen Öğretimine Yönelik Düşüncelerine Etkisinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM Education. Science, 329 (5995), 996. doi: 10.1126/science.1194998.
- Çakıcı, Y. (2009). Fen eğitiminde bir önkoşul: İlimin doğasını anlama. M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 29, 57-74.
- Ensari, Ö. (2017). Öğretmen Adaylarının FeTeMM Eğitimi ve FeTeMM Etkinlikleri Hakkındaki Görüşler. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Ertuğ, R. (2022). Farklı Bölümlerdeki Öğretmen Adaylarının FeTeMM Farkındalığı ve Teknoloji Okuryazarlıklarının İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Göktaş, A. (2019). FeTeMM Uygulamalarının Biyoloji Öğretmen Adaylarının FeTeMM Farkındalıklarına ve Görüşlerine Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Gümüş, S. (2018). Nitel Araştırmaların Sistemik Derlemesi: Meta-Sentez. Kadir Beycioğlu, Niyazi Özer, Yaşar Kondakçı (Ed.) Eğitim Yönetiminde Araştırma (pp. 533-551) içinde. Ankara: PEGEM Akademi.

- Hartuç, M. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Entegre Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) Öğretimi Yönelimlerinin İncelenmesi (Ege Bölgesi Örneği). Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Hom, E., J. (2014, Ekim 26). What is STEM education. <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html> (Erişim tarihi:10 Ekim 2023).
- İnan, S. (2023). Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının FeTeMM ile İlgili Farkındalıkları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Niğde.
- Kayalar, A. (2018). Mobil Teknolojiye Dayalı FeTeMM Uygulamalarının Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarım Becerilerine, Sistem Düşünme Zekâsına ve Öğretmenlik Özyeterliklerine Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kızılot, M. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Entegre FeTeMM Öğretimi Yönelimlerinin ve FeTeMM Farkındalıklarının Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Koçak, B. (2018). Fen Bilimleri, Matematik ve Sınıf Öğretmen Adaylarının FeTeMM Öğretimine İlişkin Yönelimleri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Lantz, H. B. (2009, Kasım 15). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: What form? What function? Curr Tech Integrations. <https://www.studocu.com/en-us/document/university-of-the-people/advanced-practices-for-teaching-the-stem-fields-at-the-secondary-level-elective/2-lantz-h-2009-science-technology-engineering-and-mathematics-stem-education-what-form-what-function-retrieved-from/64068551>.
- Muğan Ertuğral, S. (2018). Beşerî Sermaye Oluşumunda Mesleki Eğitimin Önemi, International Journal Entrepreneurship and Management Inquiries Dergisi, 2(3), 49-63.
- Özgüner, Ö. (2019). Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmen Adaylarının STEM (FeTeMM) Eğitimine Yönelik Görüş ve Tutumları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Özkızılcık, M. (2018). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının FeTeMM'e Yönelik Bilişsel Yapılarının Problem Çözme Becerilerinin ve FeTeMM Öğretimi Yönelimlerinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uşak Üniversitesi, Uşak.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. ve Roehrig, G. H. (2017). The Evolution of Teacher Conceptions of STEM Education Throughout an Intensive Professional Development Experience. Journal of Science Teacher Education, 28(5), 444-467.
- Sandelowski, M., Docherty, S. ve Emden, C. (1997). Focus on Qualitative Methods. Qualitative Metasynthesis: Issues and Techniques. Research in Nursing & Health, 20(4), 365–371. doi: 10.1002/(sici)1098240x(199708)20:4<365::aid-nur9>3.0.co;2-e
- Şahin, B. (2020). FeTeMM Yaklaşımına Dayalı Okul Dışı Etkinliklerin Öğretmen Adaylarının Bitkiler Konusu ile İlgili Akademik Başarı ve Okul Dışı Öğretime Yönelik Görüşleri Üzerine Etkileri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Şahiner, E. (2020). Mühendislik Tasarım Süreci Etkinliklerinin Sınıf Öğretmen Adaylarının Fen Teknoloji Mühendislik Matematik (FeTeMM) Farkındalıklarına ve Mühendis Algılarına Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat.

- Şen, C. (2018). Öğretmen Adaylarının Entegre FeTeMM Öğretimine Yönelimlerinin ve Teknolojiye Yönelik Tutumlarının Farklı Değişkenler Açısından İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Şimşek, A. (2019). Öğretmen Adaylarının FeTeMM Farkındalığı ve Öğretim Programına Entegrasyonu Hakkında Görüşlerinin İncelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Tezsezen, S. (2017) Öğretmen Adaylarının FeTeMM Farkındalıklarının FeTeMM Alanları Tanımları ve İlişkileri Üzerinden İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Uysal, E. (2018). Tasarım Temelli FeTeMM (Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik) Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bilgi Düzeylerine Bilimsel Süreç Becerilerine ve Tutumlarına Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Uşak.
- Walsh, D., ve Downe, S. (2005). Meta-Synthesis Method for Qualitative Research: A Literature Review. *Journal of Advanced Nursing*, 50(2), 204–211. doi: 10.1111/j.1365-2648.2005.03380.x
- Yıldırım, H. (2020). Öğretmen Adaylarının Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik (FeTeMM) Entegrasyonuna Yönelik Özyeterlik Algılarının İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN FETEMM ALGILARININ İNCELENMESİ

AYŞE NUR TAYTAK

Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi Programı
taytakaysenur@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-8234>

Prof. Dr. LÜTFULLAH TÜRKMEN

Uşak Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,
lutfullah.turkmen@usak.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6022-0633>

Özet

Günümüz dünyasında ülkelerin, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmayı gerçekleştirme, uluslararası rekabet edebilme gücüne sahip olma, bilim ve teknolojide öncü role sahip olma gibi belirlemiş oldukları hedefler, FeTeMM eğitim anlayışının gelişmesiyle doğrudan ilgilidir. Bunu gerçekleştirmede en önemli rolün eğitim alanındaki gelişmelere ve dolayısıyla öğretmenlerin FeTeMM eğitim hakkında olumlu görüşlere sahip olmalarına bağlı olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu kapsamda çalışmanın amacı fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM eğitimi hakkında sahip oldukları düşünce ve algılarının tespit edilmesine yöneliktir. Bu bağlamda çalışma nitel araştırma yöntemlerinden fenomenoloji deseni ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın örneklemini Uşak İl Merkez İlçesinde görev yapan 17 Fen Bilimleri Öğretmeninden oluşmaktadır. Araştırma verileri yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM’i kavramsal olarak bildikleri, FeTeMM eğitimine karşı olumlu görüşe sahip oldukları ancak içerik olarak tanımlamaları istendiğinde FeTeMM’e yönelik alan bilgilerinin yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: FeTeMM algısı, Fen Bilimleri Öğretmenleri, Fenomenoloji Desen

INVESTIGATION OF SCIENCE TEACHERS’ PERCEPTIONS OF SCIENCE

Abstract

In today's world, the goals that countries have set, such as achieving sustainable economic growth and development, having the power to compete internationally, and having a leading role in science and technology, are directly related to the development of the understanding of STEM education. It is an undeniable fact that the most important role in achieving this depends on the developments in the field of education and therefore on teachers having positive views about STEM education. In this context, the aim of the study is to determine the thoughts and perceptions of science teachers about STEM education. In this context, the study was carried out with phenomenology design, one of the qualitative research methods. The sample of the study consists of 17 Science Teachers working in the Central District of Uşak Province. The research data were obtained using semi-structured interview technique. The research data were obtained using semi-structured interview technique. According to the findings obtained, it was concluded that Science Teachers conceptually know STEM and have a positive opinion about STEM education, but their field knowledge about STEM is insufficient when asked to define it as content.

Keywords: STEM perception, Science Teachers, Phenomenology Design

*Bu çalışma Prof. Dr. Lütfullah TÜRKMEN’in danışmanlığında Ayşe Nur TAYTAK tarafından Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yürütülmekte olan “Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Algılarının ve Pedagojik Yaklaşımlarının İncelenmesi” adlı yüksek lisans tez konusundan üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Tüm dünya ülkeleri, tarihsel süreç içerisinde hep daha iyi koşullar içerisinde bir yaşam oluşturmaya hedeflemişlerdir. Bu süreç içerisinde hedeflerinin gerçekleştirilmesi adına üretim kapasitelerinin artırılması, iktisadi, mali, sosyal ve kültürel anlamda dönüşümlerin gerçekleştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu noktada ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmayı gerçekleştirmek,

uluslararası rekabet edebilme gücüne sahip olmak, bilim ve teknolojiye öncü role sahip olmak gibi hedefler belirledikleri de görülmüştür. Netice itibarıyla ülkelerin belirlemiş oldukları bu hedefleri gerçekleştirmek adına nitelikli insan gücünün yetiştirilmesini sağlayacak çeşitli politikalar geliştirmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir.

Ayrıca 20. yüzyılda ortaya çıkan ve 21. yüzyılda da artarak devam eden; iklim değişikliği, su, hava ve çevre kirliliği, kimyasal kazalar, küresel ısınma, tehlikeli atıkların imhası, nesli tükenen hayvanlar, enerji kaynaklarının tüketilmesi gibi küresel sorunlara karşı çözüm üretebilmek için de nitelikli insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır (Nadelson vd. 2012). Bu bağlamda ülkelerin gereklilik duyduğu nitelikli insan gücüne sahip olabilmelerinin sağlanabilmesi için en başta mevcut eğitim sistemlerinin gözden geçirilip iyileşmelerin yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak kabul edilmiştir.

Her ne kadar eğitim sürecini etkileyen birçok faktör olsa da ülkelerin eğitim politikalarında aldığı önlemlerden birisi de Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik temelli öğrenme (FeTeMM) anlayışıdır (Baran vd., 2015). Bu bağlamda eğitim sürecinde modern çağın gereklerini yakalama gayreti içerisinde olan ülkelerin birçoğunda eğitim politikasına hâkim olan ya da eğitim politikasının gündeminde olan kavramlardan birisi de FeTeMM olduğu görülmektedir.

FeTeMM eğitimi yaklaşımı; Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik bilim dallarının ilk harflerinin bir araya gelmesiyle oluşturulmuş disiplinler arası eğitim yaklaşımıdır. Daha doğru bir ifadeyle FeTeMM, Fen Teknoloji, Mühendislik ve Fen disiplinlerinin ilişkili ve amaçlı bir şekilde bütünleştirilmiş halidir (Akgündüz, 2019; Ünal vd., 2021). FeTeMM eğitim yaklaşımı ile ülkeler genel anlamda, öğrencilerin karşılaştıkları problemlere karşı analitik düşünceyle çözüm bulabilmelerini sağlamak, etkili iletişim becerilerini kazanmak, girişimcilik ve inovasyon kabiliyeti edinmek, liderlik, medya ve teknoloji okuryazarlığı kazandırmak gibi pek çok şeyi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu kazanımların elde edilmesi neticesinde ülkeler, sahip oldukları beşerî sermayenin güçlenmesi gerçekleştirilerek teknoloji yarışında önde yer alma hedefini gerçekleştirebileceklerdir (Aydın Günbatır, 2019; Bybee, 2010; Ring vd., 2017).

Ülkelerin belirledikleri amaç ve hedeflere ulaşabilmelerini sağlayacak en önemli enstrümanlardan birisi de yetişmiş beşerî sermayenin güçlü ve 21. yüzyıl becerilerine sahip olmasından geçmektedir. Günümüzde bu hedeflere uygun eğitim modellerinden birisi de FeTeMM eğitim yaklaşımıdır. Bu bağlamda eğitim politikalarının FeTeMM temelli olması ve bu süreci yönetebilecek eğitim kadrolarının oluşturulması çok modern çağın en önemli gerekleri arasında yerini almış bulunmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

FeTeMM temelli eğitim anlayışının arzu edilen düzeyde başarılı olması öğretmenlerin bu yaklaşıma olan bakış açılarıyla doğrudan ilgilidir. Bu bağlamda fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM eğitim anlayışına karşı algılarının tespiti edilmesi amacıyla yapılmış olan bu çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden fenomenoloji deseni ile gerçekleştirilmiştir. Fenomenoloji deseni, araştırmalarda kişilerin arasındaki farklılıkları göz önünde bulundurarak düşüncelerinin ve deneyimlerinin özünü açıklamaya çalışan bir yaklaşımdır (Marton, 1986). Bu yöntemde verilerin elde edildiği kaynak, araştırmaya konu edilen olguyu yaşayan ve bu olguyu aktarabilecek yetenekteki bireyler ya da gruplardan oluşmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Bu çalışmada, çalışma gurubunu 2023-2024 eğitim öğretim bahar yarı yılında Uşak il merkezi devlet orta okullarında çalışan fen bilimleri öğretmenleri oluşturmaktadır. Bu kapsamda 17 fen bilimleri öğretmeni ile görüşme yapılmıştır.

2.1. Çalışma Verilerinin Elde Edilmesi

Çalışmada elde edilen veriler 4 adet açık uçlu sorunun fen bilimleri öğretmenlerine yöneltilmesiyle elde edilmiştir. Bu açık uçlu sorular öğretmenlerin FeTeMM eğitim yaklaşımına karşı sahip oldukları algıların tespit edilmesine amacıyla hazırlanmıştır. Açık uçlu soru yöntemiyle elde edilen veriler, bireyin tecrübe, fikir ve duygularını tanımlarken kullandıkları tema, işaret ve kelimelerin incelenmesine fırsat vermesi noktasında oldukça önemlidir (Patton, 2014). Çalışmada veri toplama aracı olarak kullanılan

açık uçlu sorular Ahmet Ufuk ÖZDEMİR ve Evren CAPPELLARO tarafından geliştirilen FeTeMM eğitimi yarı yapılandırılmış görüşme formundan yararlanılarak oluşturulmuştur.

2.2. Kodlama Süreci

Çalışmada toplanan veriler yarı yapılandırılmış görüşme (mülakat/ interview) tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Verilerin elde edilmesinde çalışma grubunun en uygun oldukları zaman dilimleri dikkate alınarak toplanmıştır. Görüşme soruları her bir katılımcıya aynı şekilde yöneltilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, elde edilen verilerin yazı geçirilmesi, yazıların doğruluğunun sağlanması ve belirlenen temalara göre tabloların oluşturulup yorumlanması yapılmıştır. Çalışmaya katılan Fen bilimleri öğretmenlerinin her biri için yapılan kodlama, Ö1, Ö2...Ö17 şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2.3. Verilerin Analizi

Çalışma kapsamında analize tabii tuttuğumuz fen bilimleri öğretmenlerinin ifadeleri doğrultusunda, belirlenmiş olan temalara uygun olarak tablolar şeklinde okuyucuya sunulmuştur. Verilerin bu şekilde sunulması elde edilen verilerin belirli bir düzen içerisinde okuyucuya aktarılmasını amaçlamaktadır.

3. BULGULAR

Fen Bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM algılarını tespit etmek amacıyla gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada öğretmenlere 4 adet açık uçlu soru yöneltilmiştir.

Bu sorular;

- 1) FeTeMM eğitim yaklaşımını nasıl tanımlarsınız?
- 2) FeTeMM denilince aklınıza gelen kelimeler nelerdir?
- 3) FeTeMM uygulama ve etkinlikleri hakkında ne düşünürsünüz?
- 4) FeTeMM temelli eğitimde öğretmenlerde olması gereken temel özellikler sizce nelerdir?

Şeklinde.

Çalışmada yöneltilen her soru ve her soruya verilen cevaplar üzerinden veri seti oluşturulmuş, bu verilerin temalar halinde tasnif edilerek tablolastırılması yapılmıştır. Tabloların alt kısımlarında da gerekli açıklamalar yapılarak elde edilen verilerin okuyucunun bilgisine sunulması gerçekleştirilmiştir.

3.1. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Eğitim Yaklaşımını Nasıl Tanımladıkları ile İlgili Görüşler

Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere fen bilimleri öğretmenlerinin %42,85'i FeTeMM eğitim yaklaşımını «Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte kullanıldığı bir yaklaşım» olarak tanımlarken FeTeMM'i «günlük problemlerin çözüm kaynağı» olarak görenlerin ağırlığı %28,57 olarak gerçekleşmiştir.

Aynı zamanda FeTeMM'i «etkinlik ve uygulamaya dayalı bir eğitim» olarak görenlerin ağırlığı %17,85 olarak gerçekleşirken (Ö3, Ö7, Ö9, Ö11 ve Ö17), «Öğrencilerin becerilerini geliştiren bir model» olarak ifade edenlerin ağırlığı %10,71 (Ö5, Ö8 ve Ö10) olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1: FeTeMM Eğitim Yaklaşımını Nasıl Tanımlarsınız

TEMA	KOD	FREKANS	YÜZDE
Bütüncül Bir Yaklaşım	Fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarının birlikte kullanıldığı bir yaklaşım	12	42,85
Etkinlik ve uygulamaya dayalı bir eğitim	Öğrencilerin öğrenimini zevkli hale dönüştüren bir eğitim yaklaşımı, Öğrencilerin öğrenimlerini kalıcı hale getiren bir eğitim,	5	17,85
Günlük problemlerin çözüm kaynağı	Gündelik hayatta karşılaşılan problemlerin çözümünü kolaylaştıran bir yaklaşım	8	28,57

Öğrencilerin becerilerini geliştiren bir model	Öğrencilerin eleştirel düşünme kabiliyetini geliştiren bir eğitim yaklaşımı Öğrencilerin iş birliği ve iletişim becerilerini artıran bir eğitim modeli	3	10,71
Toplam		28	100

3.2. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Denilince Akıllarına Gelen Kelimeler

Tablo 2’de, fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM denilince aklınıza gelen kelimeler nelerdir sorusuna verdikleri cevaplar yer almaktadır. Buna göre FeTeMM alanları, Eğitim ve Yapısı Temalarına yönelik verilen cevaplar kodlanmıştır. Bu bağlamda fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri cevaplara göre en fazla FeTeMM alanları temasında fen bilimleri cevabının, Eğitim temasında bütünsel eğitim cevabının ve FeTeMM yapısı temasında sistem cevabının verildiği görülmektedir. Öğretmenlerden 3’ü ise (Ö1, Ö5 ve Ö12) akıllarına hiçbir şeyin gelmediğini ifade etmişlerdir.

Tablo 2: FeTeMM Denilince Aklınıza Gelen Kelimeler Nelerdir?

TEMA	KOD	FREKANS	YÜZDE
FeTeMM Alanları	Fen Bilimleri	8	15,7
	Teknoloji	4	7,9
	Matematik	3	5,9
	Mühendislik	1	2
Eğitim	Bütünsel Eğitim	7	13,7
	Eğitim	4	7,9
	Teknik Eğitim	3	5,9
	Fen Eğitimi	5	9,8
Yapısı	Sistem	6	11,8
	Teknik	5	9,8
	Bilgisayar	2	4
Bilgim yok	Aklıma Gelmiyor	3	5,9
Toplam		51	100

3.3. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Uygulama ve Etkinlikleri Hakkındaki Düşünceleri

Tablo 3’te, fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM uygulama ve etkinlikleri hakkındaki düşüncelerinin ne olduğu sorusuna verdikleri cevaplar yer almaktadır. Buna göre Eğlenceli –Motive Edici-, Beceri Kazandırma ve Öğretici temalarına yönelik verilen cevaplar kodlanmıştır. Bu bağlamda fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri cevaplara göre eğlenceli motive edici temasında sırasıyla; Derslerin eğlenceli hale gelmesi (% 21,4), Eğlenerek öğrenmeyi teşvik etmesi (% 11,9) ve Fen derslerini severek öğrenileceğini (9,52) ifade ettikleri görülmektedir.

Beceri kazandırma temasında; FeTeMM uygulama ve etkinliklerinin Analitik düşünme becerisi kazandırması (% 16,6), İnovatif düşünme becerisi kazandırması (% 11,9), Temel mühendislik becerisi kazandırması (% 9,52), problem çözme becerisi kazandırması (% 2,38) ve Teknoloji okuryazarlığı kazandırması (% 2,38) kodlamasına uygun cevapların verildiği görülmektedir.

Öğretici olma temasında ise; Konuların daha anlaşılır kılınmasına yardımcı olması (% 14,28), Öğrencilerin düşünme gücüne katkı sağlaması (% 7,14) ve bilgilerin kalıcı hale gelmesini sağlayacağı (% 4,76) yönünde cevapların verildiği görülmektedir.

Tablo 3: FeTeMM uygulama ve etkinlikleri hakkında ne düşünürsünüz?

TEMA	KOD	FREKANS	YÜZDE
Eğlenceli Motive edici	Derslerin eğlenceli hale gelmesi	9	21,4
	Eğlenerek öğrenmeyi teşvik etmektedir.	5	11,9
	Fen derslerini severek öğrenmek.	4	9,52
Beceri Kazandırma	Analitik düşünme becerisi kazandırır.	7	16,6
	İnovatif düşünme kazandırır.	5	11,9
	Temel mühendislik becerileri kazandırır.	4	9,52
	Problem çözme becerileri kazandırır.	1	2,38
	Teknoloji okuryazarlığı kazandırır.	1	2,38
Öğretici	Konuların daha anlaşılır kılınmasını sağlar.	6	14,28
	Öğrencilerin düşünme gücüne katkı sağlar	3	7,14
	Bilgilerin kalıcı olmasını sağlar	2	4,76
Toplam		42	100

3.4. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin FeTeMM Temelli Eğitimde Öğretmenlerde Olması Gereken Temel Özellikler Hakkındaki Görüşleri

Tablo 4'te, fen bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM temelli eğitimde öğretmelerde olması gereken temel özellikler nelerdir sorusuna verdikleri cevaplar yer almaktadır. Buna göre Yetkinlik, Tutum ve Beceri temalarına yönelik verilen cevaplar kodlanmıştır. Bu bağlamda fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri cevaplara göre Yetkinlik temasında sırasıyla; FeTeMM alan bilgisine sahip olma (% 18,40), Teknoloji kullanımına yatkın olma (% 10,20) ve Bilimsel gelişmeleri takip etme (% 4,10) yetkinliğine sahip olunması gerektiği ifade edilmiştir.

Tutum temasında; Yeniliklere açık olma (%16,32), İşbirliğine önem verme (%10,20) ve Yeni ve farklı bakış açılarına sahip olma (%4,10) gibi cevapların verildiği görülmektedir.

Beceri temasında ise Farklı alanlarda etkin çalışma becerisine sahip olma (%12,24), Etkili iletişim becerilerine sahip olma (%10,20), Bilgiye ulaşmada etkili ve yeterli olma (%6,12) ve Sorgulama becerisine sahip olma (%8,16) şeklinde cevapların verildiği görülmektedir.

Tablo 4: FeTeMM temelli eğitimde öğretmenlerde olması gereken temel özellikler sizce nelerdir?

TEMA	KOD	FREKANS	YÜZDE
Yetkinlik	FeTeMM alan bilgisine sahip olma	9	18,40
	Teknoloji kullanımına yatkın olma	5	10,20
	Bilimsel gelişmeleri takip etme	2	4,10
Tutum	Yeniliklere açık olma	8	16,32
	İşbirliğine önem verme	5	10,20

	Yeni ve farklı bakış açılarına sahip olma	2	4,10
Beceri	Farklı alanlarda etkin çalışma becerisine sahip olma	6	12,24
	Etkili iletişim becerilerine sahip olma	5	10,20
	Bilgiye ulaşmada etkili ve yeterli olma	3	6,12
	Sorgulama becerisine sahip olma	4	8,16
Toplam		49	100

4. SONUÇ

Çalışmada Fen Bilimleri öğretmenlerine FeTeMM eğitim yaklaşımını nasıl tanımlarsınız? Şeklindeki ilk sorumuza görüşmeye katılan öğretmenlerden gelen cevapların %42,85'i FeTeMM'i bütüncül bir eğitim yaklaşımı olarak gördüklerini ifade etmişlerdir. Buna göre; öğretmenlerin büyük çoğunluğu FeTeMM eğitimini oluşturan disiplinlerin birbiriyle olan ilişkisini doğru tanımladıkları söylenebilir. Ayrıca ikinci olarak FeTeMM eğitim yaklaşımının günlük problemlerin çözüm kaynağı olarak algılanmış olması da FeTeMM eğitimi ile gündelik hayatın iç içe olduğu algısının öğretmenler nazarında yüksek olduğu söylenebilir.

Fen Bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM eğitim anlayışını 3. olarak etkinlik ve uygulamaya dayalı bir eğitim anlayışı olduğu son olarak da FeTeMM eğitim anlayışının öğrencilerin becerilerinin gelişimine katkı sağlayan bir model olarak tanımlandığı görülmektedir.

Çalışmada Fen Bilimleri öğretmenlerine 2. olarak FeTeMM denilince aklınıza gelen kelimeler nelerdir? Sorusu yöneltilmiştir. Buna göre verilen cevaplar analiz edildiğine, görüşmeye katılan öğretmenlerden gelen cevapların ilk üçünü; Fen Bilimleri (%15,7) – Bütünleşik Eğitim (%13,7) ve Sistem (%11,8) kelimeleri oluşturmaktadır.

Buna göre; öğretmenlerin önemli bir kısmının, FeTeMM eğitimini oluşturan disiplinlerin birbiriyle olan ilişkisini doğru tanımladıkları, FeTeMM eğitim anlayışının bütünleşik bir yapıya sahip olduğu ve FeTeMM eğitim anlayışının bir eğitim sistemi olduğu yönünde algılarının önemli düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.

Fen bilimleri öğretmenlerine yöneltilen 3. soruda ise; FeTeMM uygulama ve etkinlikleri hakkındaki düşüncelerinin ne olduğu sorulmuştur. Bu soruya verilen cevaplardan en popülerleri %21,4 ile derslerin eğlenceli hale gelmesi şeklinde olmuştur. Bunu %16,6 ile analitik düşünme becerisi kazandırır cevabı takip etmiş, 3. olarak da %14,28 ile konuların daha anlaşılır kılınmasını sağlaması cevabı olmuştur. Fen Bilimleri öğretmenlerine son olarak FeTeMM temelli eğitimde öğretmelerde olması gereken temel özellikler nelerdir sorusu yöneltilmiştir. Buna göre Yetkinlik, Tutum ve Beceri temalarına yönelik verilen cevaplar kodlanmıştır.

Fen bilimleri öğretmenlerine yöneltilen bu soruda en yüksek orandaki ilk üç cevap sırasıyla;

- FeTeMM alan bilgisine sahip olma (%18,40)
- Yeniliklere açık olma (%16,32)
- Farklı alanlarda etkin çalışma becerisine sahip olma (%12,24) şeklinde olmuştur.

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde ise Fen Bilimleri Öğretmenlerinin genel anlamda;

- FeTeMM kavramını doğru tanımladıkları,
- FeTeMM disiplinleri arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde ifade edildiği,
- FeTeMM algıları noktasında seviyenin ortanın üstünde olduğu,
- FeTeMM uygulama ve etkinliklerinin FeTeMM eğitim anlayışında orta düzeyde algıya sahip olduğu söylenebilir.

Öneri olarak;

- FeTeMM uygulama ve etkinliklerinin FeTeMM için ne kadar önemli olduğuna yönelik Öğretmenlere hizmet içi eğitimler verilebilir,
- FeTeMM eğitim anlayışının daha detaylı kavranıp özümsebilmesi için geniş katılımlı çalıştayların düzenlenmesini önermekteyiz.

KAYNAKÇA

- Akgündüz, D. (2019). STEM Eğitiminin Kuramsal Çerçevesi ve Tarihsel Gelişimi. D. Akgündüz içinde, Okul Öncesinden Üniversiteye Kuram ve Uygulamada STEM Eğitimi (s.20-50). Ankara: Anı.
- Aydın Günbatır, S. (2019). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) Yaklaşımı ve FeTeMM'e Uygun Etkinlik Hazırlama Rehberi. H. Artun ve S. Aydın Günbatır (Haz.), Çağdaş Yaklaşımlarla Destekli Fen Öğretimi: Teoriden Uygulamaya Etkinlik Rehberi, (1. Baskı) Pegem A Yayıncılık.
- Baran, E., Canbazoglu-Bilici, S., & Mesutoğlu, C. (2015). Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (FeTeMM) Spotu Geliştirme Etkinliği. Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED), 5(2), 60-69
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM Education. Science, 329 (5995), 996. doi: 10.1126/science.1194998.
- Marton, F. (1986). Phenomenography: A research approach to investigating different understanding of reality. Journal of Thought, 1986;21(3), 28-49.
- Nadelson, L. D., Seifert A., Moll, A. J. ve Coat, B. (2012). I-STEM Summer Institute: An Integrated Approach to Teacher Professional Development in STEM. *Journal of STEM Education*, 13(2). 69-83.
- Patton, M. Q. (2014). Qualitative Research & Evaluation Methods; Integrating Theory And Practice, Fourth Edition, Utilization-Focused Evaluation, Saint Paul.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. ve Roehrig, G. H. (2017). The Evolution of Teacher Conceptions of STEM Education Throughout an Intensive Professional Development Experience. Journal of Science Teacher Education, 28(5), 444-467.
- Ünal, A., Akyüz, H. İ., ve Şahingöz, S. (2021). Öğretmen Adaylarının FeTeMM Uygulamalarına İlişkin İlgili Bilişsel Algıları. Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE), 2(1),19-41.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, (1. Baskı), Ankara.

FOSFAT ÖN İŞLEMİNE ALTERNATİF OLARAK NANO ÖN-İŞLEMİN KATAFOREZ KAPLANAN AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMIN YAPIŞMA VE KOROZYON DİRENCİNE ETKİSİ

HATİCE CANTAZ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Bilecik, haticecantaz@uzmankataforez.com, ORCID: 0009-0001-3342-1229

İBRAHİM USTA

Uzman Kataforez Yüzey Kaplama San. ve Tic. A.Ş., Bursa, ibrahimusta@uzmankataforez.com, ORCID: 0000-0001-7557-9617

Prof. Dr. NURGÜL ÖZBAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Bilecik, nurgul.ozbay@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0666-3417

Doç. Dr. ADİFE ŞEYDA YARGIÇ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Bilecik, seyda.guler@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8671-5896

Özet

Günümüzde, yüzey işlem proseslerinde fosfat kaplama kullanımı hızla devam etmektedir. Ancak içerdiği kanserojen maddeler nedeniyle, otomotiv sektörü de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde gelecekte yönetmeliklere uygun olarak kullanımı tamamen ortadan kaldırılacaktır. Ayrıca, fosfat kaplama prosesleri fosfat çamuru oluşturmakta, bu da banyonun sürekli olarak kontrol altında tutulması ve düzenli olarak temizlenmesini gerektirmektedir. Sonuç olarak, bu durum yüksek enerji ve zaman kaybına neden olmakta ve bütün bu faktörler fosfat kaplamaya alternatif bir zorunluluk doğurmaktadır. Bu çalışmada, özellikle otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan kataforez kaplamanın yapışma ve korozyon direncini artırmak için uygulanan fosfat ön işlemi yerine, OXILAN AL 0510 nano kimyasalı kullanılarak bir nano ön işlem uygulanmıştır. Deneyisel çalışmalarda, otomotiv sektöründe ve özellikle elektrikli araçlarda hafifliği ve üstün özellikleri nedeniyle kullanımı giderek artan AA7075 alüminyum alaşımı altlık olarak kullanılmıştır. Kataforez kaplamalı numuneler OXILAN AL 0510 veya iki farklı sürede uygulanan fosfat ön işlemi sonrasında hazırlanmış, kaplama numuneleri çevrimsel korozyon direnç testleri (47-01-000/E spesifikasyonuna göre) ve kuru yapışma testleri (DIN EN ISO 2409 spesifikasyonuna göre) ile analiz edilmiştir. Çevrimsel korozyon direnci ve kuru yapışma testleri, sonuçlarının görsel incelenmesi ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, Kataforez, Nano Ön-işlem, Korozyon.

THE EFFECT OF NANO PRE-TREATMENT AS AN ALTERNATIVE TO PHOSPHATE PRE-TREATMENT ON THE ADHESIVE AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS-COATED AA7075 ALUMINUM ALLOY

Abstract

Today, the use of phosphate coating in surface treatment processes continues rapidly. However, its use in various sectors, including the automotive industry, will be completely phased out by the regulations in the future due to the carcinogenic substances it contains. Additionally, phosphate coating processes generate phosphate sludge, which requires the bath to be kept under constant control and cleaned regularly. As a result, this situation causes high energy and time loss, and all these factors necessitate an alternative to phosphate coating. In this study, instead of phosphate pre-treatment to improve the adhesion and corrosion resistance of cataphoresis coating, which is widely used especially in the automotive industry, a nano pre-treatment was applied using OXILAN AL 0510 chemical. In experimental studies, AA7075 aluminium alloy, which is increasingly utilized in the automotive industry and especially in electric vehicles, was used as a substrate due to its lightness and superior

properties. Cathaphoresis-coated specimens were prepared after OXILAN AL 0510 or two different periods of phosphate pre-treatments, and the coated samples were analysed with cyclic corrosion resistance (according to 47-01-000/E specification) and dry adhesion (according to DIN EN ISO 2409 specification) tests. Cyclic corrosion resistance and dry adhesion tests were evaluated by visual inspection of the results.

Keywords: Aluminium, Cathaphoresis, Nano Pre-treatment, Corrosion.

1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü, dünya genelinde istihdama ve ekonomiye en önemli katkı sağlayan sektörlerden biridir. Ayrıca, AR-GE'ye harcanan teknoloji ve inovasyon yatırımı açısından küresel olarak en büyük ikinci sanayi sektörüdür (Center For Automotive Research, 2010). Küresel olarak tüm sanayi sektörlerinde yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşımlarının Türkiye'de de kullanımı artmaktadır. Otomotiv sektöründe, araç ağırlıklarını azaltmak için alüminyum kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, alüminyum alaşımlarının düşük yüzey özellikleri (yüzey sertliği ve aşınma direnci) belirli alanlardaki uygulamalarını sınırlandırmakta, dolayısıyla hizmet ömrünü uzatmanın ve çeşitli korozyon ortamlara karşı daha iyi koruma sağlamanın önemi vurgulanmaktadır. Bu nedenle, bu alaşımların yüzey özelliklerini geliştirmek için mevcut koruma süreçlerinde iyileştirmelere ve alternatiflerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Hirsch, 2014).

Son yıllarda, kataforez kaplamalar, maliyet etkinliği ve istenen korozyon özelliklerini karşılama kabiliyetleri nedeniyle otomotiv sektöründe büyük ilgi görmüştür. Fosfatlama gibi ön işlem süreçleri, kaplamanın yüzeye yapışmasını kolaylaştıran ve korozyon direncini artıran kataforez için vazgeçilmezdir. Bununla birlikte, geleneksel fosfatlama işlemi alüminyum yüzeylerde yeterli miktarda kristal oluşturmamakta, bu da sonraki kataforez kaplamanın yapışma direncini ve korozyon özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, fosfatlama yerine alüminyum yüzey işlemi için çevre dostu, zaman kazandıran ve seri üretime uygun nano ön işlem yöntemleri uygulanmaktadır.

Boyama öncesi yüzey hazırlığı, boyanın düzgün yapışmasını sağlamak için yağ, kaynak kalıntıları vb. gibi kirleticilerin giderilmesini içerir. Yüzey işlemi koruyucu özellikler sunmazken, malzeme yüzeyini korozyon direncini ve boya yapışmasını artırmak için çok önemli olan düzgün boya yapışması için hazırlar. Yüzeyde fosfat kristallerinin oluşması gerekirken, alüminyum yüzeylere uygulanan geleneksel fosfatlama işlemi yeterli miktarda fosfat kristali üretmez, bu da kataforez kaplamanın yapışma gücünün azalmasına ve korozyon özelliklerinin olumsuz etkilenmesine neden olur. Ayrıca, fosfat çamuru ve enerji maliyetleri nedeniyle, endüstride fosfatlama ön işlemine alternatif yöntemler aranmaya başlanmıştır (Kuo, 2012).

Nano yüzey ön işlem uygulamaları fosfat kaplama uygulamalarına kıyasla minimum atıkla sonuçlanmaktadır. Bu kaplama türü su kullanımını azaltarak, ağır metal içeriğini ortadan kaldırmaktadır. Çinko ve demir fosfat banyolarında olduğu gibi ısıtmaya gerek olmadığından enerji maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, atık oluşmadığı için nozullar, filtreler ve ısı eşanjörleri tıkanmamakta, böylece temizlik süresi ve bakım maliyetleri azalmaktadır. Nano kaplama için işlem süresi fosfat kaplamalara kıyasla daha kısadır.

Bu çalışmada, kataforez kaplama öncesinde AA7075 alüminyum alaşımı yüzeyine uygulanan nano yüzey ön işlemi ve fosfat yüzey ön işleminin kataforez kaplamaların kalınlığı, korozyon özellikleri ve yapışma mukavemeti üzerindeki etkileri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan AA7075 alüminyum alaşımları 50x50 boyutlarında sac plakalar halinde altlık olarak kullanılmış, nano ön işlemi (ticari OXILAN AL 0510) ve iki farklı sürede (3-6 dk) fosfatlama ön işlemi sonrası gerçekleştirilen kataforez kaplamaların özellikleri karşılaştırılmıştır. OXILAN AL 0510 çözeltisi ile elde edilen nano tabakası, özellikle alüminyum alaşımları için boya tutunmasını artıran ideal bir koruma yüzeyi oluşturan bir kaplamadır. Bu kaplamalarda farklı nano içerikler kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan OXILAN AL 0510 içerik

olarak polimerik siloksan reçinesinden oluşmaktadır. OXILAN AL 0510 alüminyum altlık yüzeyinde nano tabaka sağlayarak kataforez kaplamanın yüzeye fosfatlama ön işleminden daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Şekil 1’de alüminyum altlık yüzeyine uygulanan fosfatlama veya nano kaplama ön işlemleri ile kataforez kaplama prosedürlerine ait akış şeması verilmiştir. Fosfatlama ve nano kaplama ön işlemleri için kaplama parametreleri Tablo 1’de sunulmuştur. Nano kaplama prosedüründe OXILAN AL 0510 ana banyo için ve ALUKLEEN 2008 AC aşındırma banyosu için kullanılmıştır. Hazırlanan deney numunelerine kuru yapışma (DIN EN ISO 2409) ve çevrimsel korozyon (47-01-000/E) direnç testleri uygulanmıştır. 1 mm aralıkta 6 bıçaklı sisteme sahip Qualtech Çapraz Kesme Test Cihazı ile numunelere çapraz kesme işlemi uygulanarak kuru yapışma testine hazırlanmıştır (Elcometer Limited Company 2024; Usta vd. 2024). Çevrimsel korozyon testi sonuçları, Ascott CC1000IP marka cihazda 35 çevrim uygulandıktan sonra elde edilmiştir. Kaplama ön işlemlerinin etkilerinin karşılaştırılması için Canon EOS 600D fotoğraf makinesi ile görüntüleri alınmıştır.



Şekil 1: Altlık yüzeyine uygulanan işlemlerin akış şeması

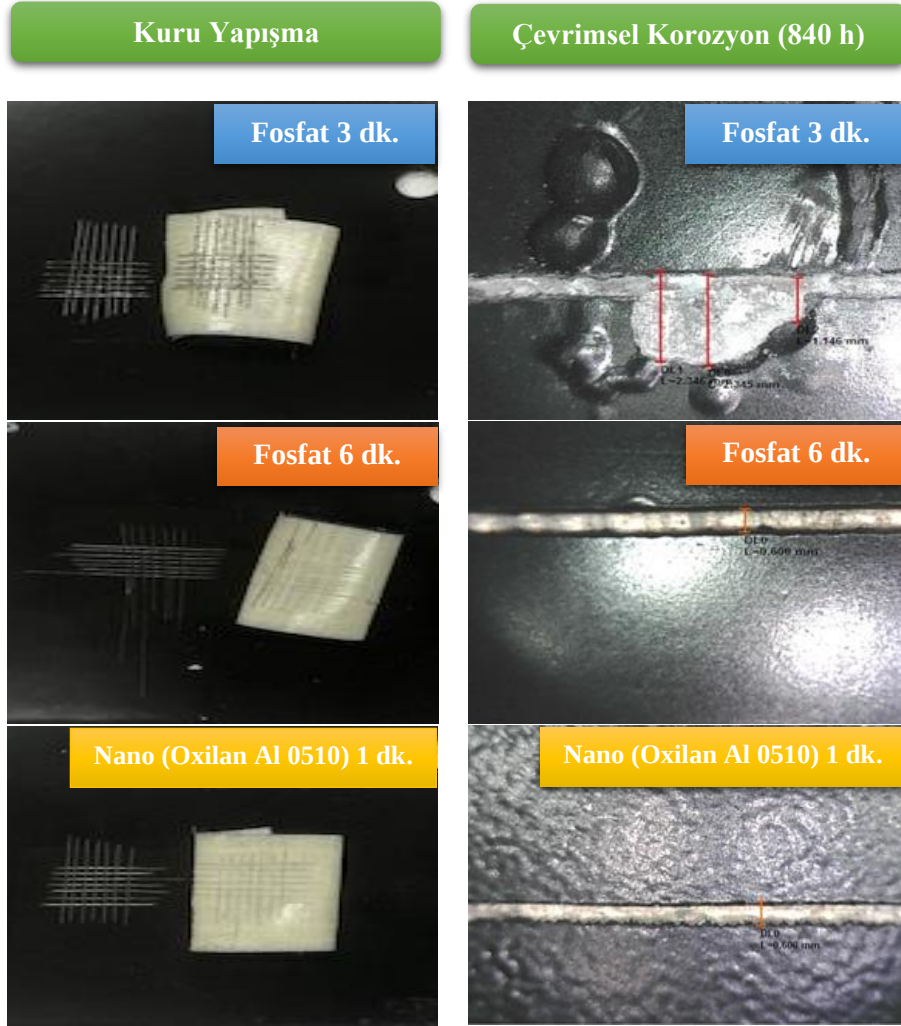
Tablo 1: Ön işlem çalışma parametreleri

DENEY PARAMETRELERİ	Çalışma Aralığı	Uygulanan
FOSFAT ÖN İŞLEMİ		
Çalışma sıcaklığı (°C)	50 - 55	50-55
Toplam asit miktarı (mL/L)	17-25	22
Hızlandırıcı miktarı (mL/L)	1,7-2,8	2
NANO (OXILAN AL 0510) ÖN İŞLEMİ		
Aşınma Banyosu		
Toplam asit miktarı (mL)		15
Çalışma süresi (dk.)		5,5
Ana Banyo		
pH		4,2
Çalışma sıcaklığı (°C)		Oda sıcaklığı
Çalışma süresi (dk.)		1

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

DeneySEL çalışma sonucunda, fosfat ve nano ön işlemleri sonrası uygulanan kataforez kaplamanın kuru yapışma ve çevrimsel korozyon direnç testlerine ilişkin görüntüler Şekil 2’de sunulmuş ve kaplama türlerinin performans üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Fosfat ön işlemi farklı sürelerde (3 ve 6 dk.) uygulandığında, kuru yapışma testlerinde her iki fosfat kaplama süresinin de uygun sonuçlar verdiği bulunmuştur. Ancak, 3 dakikalık fosfat kaplama ön-işlemi uygulamasının çevrimsel korozyon testi sonrası görüntüsü incelendiğinde, yüksek oranda ilerleme ve kaplama yüzeyinde kabarma gözlenmiştir. Fosfat kaplama ön işleminde karşılaştırılan süre etkisine göre, alüminyum alaşımına 6 dakika uygulanan fosfatlama işleminin küçük ölçekte başarılı olsa da seri üretimde yüksek süre nedeniyle aksaklığa neden olarak üretim verimliliğini düşüreceği açıktır. Diğer taraftan 1 dakika nano ön işlemi sonrası uygulanan kataforez kaplamanın test sonuçları değerlendirildiğinde ise, AA7075 üzerinde kuru yapışma ve çevrimsel korozyon testlerinde otomotiv sektörü için kabul edilebilir ve uygun sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, alüminyum malzemeye uygulanan fosfat ön işleminin düşük ön işlem süresine bağlı olarak çevrimsel korozyon direncini olumsuz yönde etkileyip yapışma performansını düşüreceğini

göstermektedir. Nano ön işlemin ise çok daha kısa sürede uygun yapışma ve korozyon direnci sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 2: Katarforez kaplama öncesinde fosfat kaplama (3-6 dk.) ve Oxilan Al 0510 ile nano kaplama (1 dk) ön işlemleri sonrası uygulanan çapraz kesim sonrası yüzey görüntüleri

4. SONUÇ

Fosfat ön işlem ve nano ön işlem ile hazırlanan yüzeyler üzerine gerçekleştirilen katarforez kaplamalar başarılı bir şekilde üretilmiştir. Optimum kaplama süreleri fosfat ön işlemi için 6 dakika ve nano ön işlemi için ise 1 dakika olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, korozyon kaplama öncesinde hem 6 dakika fosfat kaplama süresinin hem de nano yüzey hazırlıklarının başarılı kuru yapışma ve çevrimsel korozyon direnç testi sonuçları verdiğini göstermektedir. Tüm test sonuçları incelendiğinde, nano yüzey hazırlığının geleneksel fosfat işlemine kıyasla ana endüstriyel müşterilerin belirlediği şartname ve gereklilikleri kısa sürede karşıladığı görülmüştür. Ayrıca, nano ön işlemde oda sıcaklığında yapılan kaplamada yüksek sıcaklıklara çıkılmasına gerek olmadığından sanayi sektöründe önemli bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bahsedilen 1 dakikalık nano kaplama süreci, fosfatlamaya kıyasla önemli bir süre kazanımı sağlayarak üretim verimliliğini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, fosfat ön işlemi sırasında oluşan fosfat çamurunun kirletici etkisi ile banyonun sürekli kontrolü ve temizliği gereksinimleri, nano ön işlemi ile sonlanabilmektedir. Sonuç olarak, alüminyum alaşım yüzeyine uygulanan nano ön işlem, yapışma mukavemeti, korozyon direnci, üretim verimliliği ve çevresel etki açısından son derece olumlu sonuçlar vermektedir. Bu bulgular, nano ön işlemin katarforez kaplama endüstrisinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

Center For Automotive Research (2010). Contribution Of The Automotive Industry To The Economies Of All Fifty States And The United States. Retrieved from <https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/CONTRIBUTION-OF-THE-AUTOMOTIVE-INDUSTRY-TO-THE-ECONOMIES-OF-ALL-FIFTY-STATES-AND-THE-UNITED-STATES.pdf>

Elcometer Limited Company (2024 May 02). Cross Hatch Method. Available: <https://www.elcometer.com/en/cross-hatch-method>

Hirsch, J. (2014). Recent development in aluminium for automotive applications. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24(7), 1995-2002.

Kuo, Y. M. (2012). An alternative approach to recovering valuable metals from zinc phosphating sludge. Journal of Hazardous Materials, 201, 265-272.

Usta, İ., Yılmaz, O., Gül, M., Can, A. and H. Gül (2024). Effect of Adhesion and Corrosion Performance of Geomet Basecoat (321)- Topcoat (ML Black) Applications on Cataphoretic Coating. Sakarya University Journal of Science, 28(1), 220-236.

4. SINIF FEN DERSİNE YÖNELİK HAZIRLANMIŞ MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİKLERİNİN ÖĞRENCİLERİN FEN BAŞARILARINA ETKİSİ

MUSTAFA AÇIKGÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi Temel Eğitim Bölümü
acikgoz.mustafa1982@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-8552-2251

Doç.Dr. ZEYNEP YILDIZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi Temel Eğitim Bölümü
zeynepyildiz.2005@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-1439-3592

Özet

Bu araştırmanın amacı ilkökul fen bilimleri dersinin kazanımları doğrultusunda hazırlanmış matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi başarılarına etkisini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada nicel araştırma yöntemlerinden ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini İstanbul'un bir ilçesindeki bir devlet ilkökulda eğitim gören 4.sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Bu örnekleme 25'i kontrol grubu, 25'i deney grubu olmak üzere toplamda 50 öğrenci yer almıştır. Araştırma toplamda 5 hafta sürmüş ve deney grubuyla her hafta 3 saatlik fen dersine ek olarak 2 saatlik matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Kontrol grubu ise sadece MEB fen öğretimi programı doğrultusunda haftalık 3 saat eğitim almıştır. Veri toplama aracı olarak Maddenin Özellikleri Akademik Başarı Testi (MÖABT) kullanılmış ve elde edilen veriler SPSS programıyla analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda fen dersinin kazanımları doğrultusunda hazırlanmış matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılarak işlenen fen dersinin öğrencilerin fen başarılarını anlamlı düzeyde yükselttiği görülmüştür. Buna karşın sadece MEB fen öğretim programı doğrultusunda işlenen fen dersinin kontrol grubunun fen başarısında anlamlı bir artış sağlamadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fen Başarısı, Fen Eğitimi, Matematiksel Modelleme

THE EFFECT OF MATHEMATICAL MODELING ACTIVITIES PREPARED FOR 4TH GRADE SCIENCE COURSE ON STUDENTS' SCIENCE ACHIEVEMENT

Abstract

The aim of this study is to determine the effect of mathematical modeling activities prepared in line with the achievements of primary school science course on the science course achievements of primary school 4th grade students. For this purpose, in this study, a quasi-experimental design with pre-test, post-test and control group, which is one of the quantitative research methods, was used. The sample of the study consists of 4 th grade students studying in a public primary school in a district of Istanbul. A total of 50 students, 25 of whom were in the control group and 25 in the experimental group, took part in this sample. The research lasted for a total of 5 weeks and 2 hours of mathematical modeling activities were applied in addition to 3 hours of science lessons each week with the experimental group. The control group, on the other hand, received only 3 hours of training per week in line with the MEB science teaching program. Properties of Matter Academic Achievement Test (ÖABT) was used as a data collection tool and the data obtained were analyzed with the SPSS program. As a result of the analyzes, it was seen that the science lesson, which was taught using mathematical modeling activities prepared in line with the achievements of the science course, significantly increased the science achievement of the students. On the other hand, it was determined that the science course taught only in line with the MEB science curriculum did not provide a significant increase in the science achievement of the control group.

Keywords: Science Achievement, Science Education, Mathematical Modeling

1. GİRİŞ

Fen bilimlerinin matematikle sıkı ve güçlü bir bağı olduğu ifade edilebilir ve eğitim açısından bakıldığında öğrencilerin derslerde fen ve matematiğe dair bilgi ve becerilerini birlikte kullanmalarının gerekliliği yapılan birçok çalışmada vurgulanmıştır (Marshall vd., 2007; Başkan, 2011). Öğrenciler fen bilimlerinden yararlanarak matematiğe dair soyut kavramlara açıklamalar getirirken matematiği kullanarak da fen bilimlerinde bulunan derin anlamları algılayabilmekteler (Başkan, 2011). Eğitim-öğretim sürecinde matematikle feni bir araya getirebilecek etkin yöntemlerden birisinin matematiksel modelleme etkinlikleri olduğu ifade edilebilir. Çünkü öğrenciler matematiksel modelleme sayesinde günlük hayatta karşılaşılan problem durumlarına çözüm üretip anlamlar vererek fen ile matematik arasında bağ kurabilirler (Guerrero-Ortiz ve Mena-Lorca, 2017; Deniz, 2018; Gürbüz ve Doğan, 2019).

Yapılan birçok çalışma fen ile matematik arasında var olan sınırın modern bilimlerin sahip olduğu disiplinler arası çalışma yaklaşımını barındırmadığını, geleneksel olarak yapılan konu merkezli öğretim programına alternatif olacak biçimde fen ile matematik derslerinin birleştirildiği yeni bir öğretim programının geliştirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır (Michelsen, 2006; Başkan, 2011; Guerrero-Ortiz ve Mena-Lorca, 2017; Deniz, 2018; Gürbüz ve Doğan, 2019). Söz konusu disiplinlerin öğretimi arasında var olan boşluğu doldurmada fen derslerinde matematiksel modelleme etkinliklerine yer ayrılmasının önemi oldukça büyüktür (Başkan, 2011; Gürbüz ve Doğan, 2019).

Yine yapılan birçok çalışma öğrencilerin matematiksel model oluşturma sürecindeki yeterlik düzeylerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir (Gatabi ve Abdolapour, 2013). Bu sebeple eğitim – öğretim sürecinde matematiksel modelleme etkinliklerine yer verilmesine yönelik düzenlemeler yapılması gerektiği ifade edilebilir.

Matematiksel modelleme hakkındaki çalışmaların tematik ve içerik analizlerinin gerçekleştirildiği birçok çalışmada fen eğitimiyle ilgili çalışmaların çok kısıtlı olduğu görülmüş ve başta fen eğitimi olmak üzere farklı disiplinlerde matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır (Aztekin ve Şener, 2015; Albayrak ve Çiltaş 2017; Yıldız ve Yenilmez, 2019; Koç, 2020).

Dolayısıyla bu çalışmanın alan yazına katkı sağlayacağı ve bu araştırma özelinde araştırmacı tarafından geliştirilen özgün matematiksel modelleme etkinliklerinin kaynak zenginliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada matematiksel modelleme etkinliklerinin 4.sınıf öğrencilerinin fen başarıları üzerindeki etkileriyle ilgili nicel verilerin elde edilmesi amacıyla yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel araştırmalarda daha önce belirlenen bazı bağımsız değişkenlerin bir bağımlı değişken üzerinde yarattığı etkilerin incelendiği araştırma çeşididir (Büyüköztürk, Kılıç-Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2012, s. 195). Yine bu desende birbiriyle belirli değişkenlere göre eşleştirilen gruplar kullanılarak yansız atama yapılmış olur (Büyüköztürk vd., 2012). Bu sebeple bu araştırma kapsamında ön test – son test eşleştirilmiş gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır.

2.1. Örneklem

Bu araştırmanın örneklemini İstanbul ili Avrupa Yakasında MEB’e bağlı resmi bir devlet ilkokulunun dördüncü sınıfında eğitim gören öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırmanın deney grubunda 25 öğrenci ve kontrol grubunda 25 öğrenci olmak üzere toplamda 50 öğrenci bulunmaktadır. Örneklemin oluşturulması sürecinde maliyetin daha az olması, ulaşılması kolay ve daha çabuk olması nedeniyle amaçlı örneklem yönteminden yararlanılabilir (Baltacı, 2018).

2.2 Veri Toplama Aracı

Bu araştırma kapsamında matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin fen başarıları üzerinde yarattığı etkiyi tespit etmek amacıyla ön test ve son test olarak Gürler ve Akgün (2023) tarafından geliştirilen Maddenin Özellikleri Akademik Başarı Testi (MÖABT) kullanılmıştır. Söz konusu başarı testinin madde gücü 0,59, madde ayırt edicilik indeksi 0,45 ve güvenirlik katsayısı 0,81 olarak hesaplanmıştır.

2.3. Veri Toplama Süreci

Veri toplamak amacıyla öncelikle sürecin başında deney ve kontrol gruplarına ön test uygulanmıştır. Ardından kontrol grubu Maddenin özellikleri ünitesini Fen öğretimi programı ve yıllık plana göre 5 hafta boyunca işlemiştir. Bu süreçte MEB tarafından öğrencilere ücretsiz olarak verilmiş ders kitabı kullanılmıştır. Deney grubunda ise fen öğretim programına ek olarak maddenin özellikleri ünitesinde yer alan kazanımlara uygun olarak hazırlanmış özgün matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılmıştır. Süreç sonunda da her iki gruba son test olarak MÖABT uygulanmıştır.

2.4. Veri Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Grupların 25'er kişiden oluşmasından dolayı veri türü seçimi ardından normallik analizi yapılmıştır (Özmen & Karamustafaoğlu, 2019). Yine gruplardaki örneklem sayısı 30'un altında kaldığı için Shapiro - Wilk testi uygulanmıştır. Söz konusu testin sonucunda anlamlılık değeri $p > .05$ olarak tespit edildiğinde verilerin normal dağılım gösterdiği ifade edilir (Ersöz & Ersöz, 2019). Ardından grup ortalamaları arasında anlamlı farkın olup olmadığını belirleyebilmek için de bağımsız örneklem t testi uygulanır belirlenir (Büyüköztürk, 2020). Buna ek olarak ilişkili örneklemere ait puan ortalamaları arasındaki farkın anlamlılık düzeylerini tespit etmek için bağımlı örneklem t testinden yararlanılır (Büyüköztürk, 2020) Bu nedenle kontrol ve deney gruplarının grup içi puan ortalamalarına dair farkı tespit edebilmek için bağımlı örneklem t testinden yararlanılmıştır.

3. SONUÇ

Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin fen başarıları üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla ön test ve son test olarak uygulanan MÖABT'e ait verilerin normallik analizini yapabilmek amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Bu analize dair sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Deney ve Kontrol Gruplarına Uygulanan Maddenin Özellikleri Akademik Başarı Testi Sonucunda Elde Edilen Verilerin Normallik Analiz Sonuçları

Veri Setleri	İstatistik	sd	p
Deney Grubu Ön Test Verileri	.967	25	.582
Deney Grubu Son Test Verileri	.760	25	.000
Kontrol Grubu Ön Test Verileri	.952	25	.279
Kontrol Grubu Son Test Verileri	.904	25	.023

Tablo 1'e göre kontrol grubu son test verileri ile deney grubu son test verilerinin p değeri .05'ten küçük olduğundan bu değerlerin çarpıklık normal dağılım göstermediği ifade edilebilir. Bu sebeple söz konusu verilerin çarpıklık ve basıklık değerleri de analiz edilmiştir. Bu analizin sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Maddenin Özellikleri Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Verilerin Çarpıklık ve Basıklık Analizi

Veri Setleri	Çarpıklık	Basıklık
Deney Grubu Ön Test Verileri	-,004	-,665
Deney Grubu Son Test Verileri	-1,716	2,383
Kontrol Grubu Ön Test Verileri	,472	-,434
Kontrol Grubu Son Test Verileri	-,150	-1,529

Çarpıklık ve basıklık değerlerinin analizi sonucunda ulaşılan değerlerin +1,5 ile -1,5 arasında bulunması bu verilerin normal dağılım gösterdiği anlamına gelmektedir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Dolayısıyla tablo 2 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının son testlerine ait sonuçların normal dağılım göstermediği ifade edilebilir.

Deney ve kontrol gruplarının ön test sonucunda elde ettikleri puan ortalamalarını karşılaştırmak ve analiz etmek amacıyla bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Test sonucu elde edilen bulgular Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Deney ve Kontrol Gruplarının Maddenin Özellikleri Akademik Başarı Testi Ön Test Puan Ortalamalarının Analizi

Test	Gruplar	N	$\bar{x}$	S	t	sd	p
Maddenin Özellikleri	Deney Grubu	25	12,52	4,54	,215	48	,831
Akademik Başarı Testi	Kontrol Grubu	25	12,24	4,65			

Tablo 3 incelendiğinde $p > .05$ olduğu görüldüğünden deney ve kontrol gruplarının denk gruplar olduğu ifade edilebilir.

Kontrol grubunun ön test ve son test puan ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla bağımlı örneklem t-testi kullanılması gerekirken bu gruba ait son test verileri normal dağılım göstermediği için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testinden yararlanılmıştır. Bu testin uygulanması sonucunda elde edilen bulgular Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Kontrol Grubu Ön Test-Son Test Puan Ortalamaları Karşılaştırması

Ölçek	Test	$\bar{x}$	N	S	t	p
MÖABT	Ön Test	12,24	25	4,65	-1,469	.142
	Son Test	14,88	25	6,11		

Tablo 4'e göre $p > .05$ olduğundan kontrol grubuna ait ön test-son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farkın bulunmadığı ifade edilebilir.

Deney grubunun ön test puan ortalamaları normal dağılım gösterirken son test puan ortalamalarının normal dağılım göstermediği daha önce tespit edilmişti. Bu yüzden deney grubunun puan ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla Wilcoxon İşaretli Sıralar Testinden yararlanılmıştır. Bu testin uygulanması sonucunda elde edilen veriler tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Deney Grubu Ön Test – Son Test Puan Ortalamaları Karşılaştırması

Ölçek	Test	$\bar{x}$	N	S	t	p
MÖABT	Ön Test	12,5200	25	4,54716	-4,382	.000
	Son Test	24,1200	25	3,39509		

Tablo 5'e göre $p < .05$ olduğundan deney grubuna ait ön test-son test puan ortalamalarının karşılaştırmasında son test lehine anlamlı bir farkın ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Deney ve kontrol gruplarının son test puan ortalamaları normal dağılım göstermediği için bu veri türünü karşılaştırmak amacıyla Mann – Witney U testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanması sonucu ulaşılan bulgular tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6: Deney ve Kontrol Grupları Son Test Puan Ortalamaları Karşılaştırması

	Grup	N	S. Ort.	S. Toplam	U	P
MÖABT Son Test	Deney Grubu	25	36,00	900,00	50,000	,000
	Kontrol Grubu	25	15,00	375,00		

Tablo 6'ya göre $p < .05$ olduğundan deney ve kontrol gruplarının son test puan ortalamaları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak fen dersinin kazanımlarına uygun olarak hazırlanmış matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim dördüncü sınıf öğrencilerinin fen başarısını arttırdığı görülmektedir. Dolayısıyla fen derslerinde matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanılması, fen öğretim programı içerisinde modelleme etkinliklerine yer verilmesi ve öğretmenlerin matematiksel modelleme konusunda bilgi sahibi olmaları için çeşitli eğitimlerin düzenlenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Albayrak, E., ve Çiltaş, A. (2017) “Türkiye’de matematik eğitimi alanında yayınlanan matematiksel model ve modelleme araştırmalarının betimsel içerik analizi”, *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2017(9), 258-283.
- Aztekin, S., ve Taşpınar Şener, Z. (2015) “Türkiye’de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: Bir meta-sentez çalışması”, *Eğitim ve Bilim*, 40(178), 139-161.
- Başkan, Z. (2011) ‘Doğrusal ve düzlemde hareket ünitelerinin matematiksel modelleme kullanılarak öğretiminin öğretmen adaylarının öğrenmelerine etkileri.’, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
- Büyüköztürk, Ş. , Kılıç-Çakmak, E. , Akgün, Ö. E. Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri (12. Baskı)*. Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş. (2020). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı. Ankara'da Pegem Akademi Yayıncılık e Kitapları. <https://doi.org/10.14527/9789756802748>
- Deniz, D. (2018) “Matematik öğretim programında yer alan değerler eğitime yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi”, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 678-705.
- Ersöz, F., & Ersöz, T. (2019). *SPSS ile İstatistiksel Veri Analizi İstatistik – Uygulama – Parametrik ve Parametrik Olmayan Testler*. Ankara: Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar, 4.
- Gatabi, A. R., and Abdolapour, K. (2013) “Investigating students’ modeling competency through grade, gender, and location”, *Proceedings of the 8th congress of the european society for research in mathematics education CERME 8 (pp.)*. Ankara, 1070-1077.
- Guerrero-Ortiz, C., and Mena-Lorca, J. (2017). “Modelling task design: science teachers’ view”. In *Mathematical Modelling And Applications*, Springer, Cham. 389-398.

- Gürbüz, R. ve Doğan, M. F., 2019. Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı. *Pegem Akademi*, Ankara, 43-56.
- Koç, D. (2020) “An investigation on thesis and dissertations on mathematical modeling in Turkey in the last two decades”, Master's Thesis, *Middle East Technical University*, Ankara.
- Marshall, J., Horton, B., and Austin-Wade, J. (2007) “Giving meaning to the numbers”, *The Science Teacher*, 74(2), 36.
- Michelsen, C., (2006) “Functions: a modelling tool in mathematics and science”, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 3, 269-280.
- Özmen, H. & Karamustafaoğlu, O. (Ed.) (2019). *Eğitimde araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi, 2.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate Statistics*. Pearson.
- Yıldız, Ş., ve Yenilmez, K. (2019) “Matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezlerin tematik içerik analizi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20, 1-22.

WEB TRAFİKLERİNİN İNCELENMESİ VE ATAKLARA KARŞI DAHA GÜVENİLİR SAVUNMA İÇİN HİBRİT MODEL ÖNERİSİ

UĞURCAN BAL

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siber Güvenlik
ugurcan.bal2@istanbulticaret.edu.tr

MUHAMMED ALİ AYDIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
aydinali@iuc.edu.tr

ABDÜL HALİM ZAIM

İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
azaim@itu.edu.tr

Özet

Modern dünyada internet kullanım alanlarının artışıyla doğru orantılı artan siber saldırılara karşı çeşitli güvenlik teknolojiler geliştirilmiştir. WAF bu teknolojilerin en sık kullanılanlarından biridir. OWAPS'ta listelenen siber saldırı türlerinden SQL Injection ve XSS saldırılarına karşı ön planda kullanılan WAF'ın saldırıları engellemek için kullandığı iki yöntem vardır. Belirlenen kurallara göre istekleri değerlendirip olası saldırılardan korunmayı sağlayan yöntemi kural tabanlı ve geçmiş saldırılardaki bilgileri kullanarak benzer saldırıları engelleyen yöntemi imza tabanlı olarak isimlendirilmektedir. Bu yöntemlerle çoğu saldırıya karşı başarılı bir korunma yolu olarak WAF tercih edilmektedir. Fakat bir kurala takılmayan ve daha önce deneyimlenmemiş yeni saldırı türlerini engellemekte yetersiz kalabilmektedir. Biz bu çalışmamızda WAF'ın saldırılara karşı etkinliğini artırma ve güvenlik zafiyetlerini en aza indirmeyi amaçlamaktayız. Bu konu kapsamında yapay zekânın makine öğrenimi algoritmalarını davranışsal analiz veri seti ile birlikte kullanarak davranışsal analiz yönteminin etkisini inceleyeceğiz. Araştırmamızda HTTP trafiği için özel bir kurum veri seti, davranışsal analiz için NIDS-v2 veri setini kullandık. Veri setimizi ilk aşamada imza tabanlı yapı ile derin öğrenme algoritmalarından MLP, ANN, CNN ve denetimli öğrenme algoritmalarından Gradient Boosting Model, Decision Tree Classifier kullandığımız hibrit bir yapı oluşturarak değerlendirdik. İkinci aşamada veri setimize davranışsal analiz verileri ekleyerek aynı hibrit yapıyla yeniden değerlendirmeye aldığımızda saldırıları tespitteki başarı oranı önemsenecek bir düzeyde arttığını gözlemledik. Bu makalemizde kullandığımız yapıyı, değerlendirmelerimizi ve elde ettiğimiz sonuçları detaylı bir şekilde açıklayacağız.

Anahtar Kelimeler: WAF, SQL Injection, XSS, Makine Öğrenimi, Derin Öğrenme, Denetimli Öğrenme, Davranışsal Analiz, Hibrit Model

Abstract

Various security technologies have been developed against cyber attacks, which increase in direct proportion to the increase in internet usage areas in the modern world. WAF is one of the most frequently used of these technologies. There are two methods used by WAF to prevent attacks, such as SQL Injection and XSS attacks, which are among the types of cyber attacks listed in OWAPS. The method that evaluates requests according to specified rules and provides protection from possible attacks is called rule-based, and the method that prevents similar attacks by using information from past attacks is called signature-based. With these methods, WAF is preferred as a successful way to protect against most attacks. However, it may be insufficient to prevent new attack types that do not follow any rules and have not been experienced before. In this study, we aim to increase the effectiveness of WAF against attacks and minimize security vulnerabilities. Within the scope of this topic, we will examine the effect of the behavioral analysis method by using machine learning algorithms of artificial intelligence together with the behavioral analysis data set. In our research, we used a custom enterprise dataset for HTTP traffic and the NIDS-v2 dataset for behavioral analysis. In the first stage, we evaluated our data set by creating a hybrid structure in which we used a signature-based structure, deep learning algorithms MLP, ANN, CNN and supervised learning algorithms Gradient Boosting Model and Decision Tree Classifier.

In the second stage, when we added behavioral analysis data to our data set and re-evaluated it with the same hybrid structure, we observed that the success rate in detecting attacks increased to a significant level. In this article, we will explain in detail the structure we used, our evaluations and the results we obtained.

Keywords: WAF, SQL Injection, XSS, Machine Learning, Deep Learning, Supervised Learning, Behavioral Analysis, Hybrid Model

1. GİRİŞ

İnternet olağanüstü bir hızda hayatın çeşitli alanlarına dahil olmuştur. İnternet World Stats verilerine göre 2022 yılının ilk çeyreğindeki internet kullanıcıları sayısı ikinci çeyrekte 300 milyon civarında artmıştır (İnternet World Stats,2022). İnternet hayatın her alanında kullanılmakta ve hayatı kolaylaştırmaktadır. Bu durum insanlar tarafından büyük oranda memnuniyetle karşılanmaktadır. Artık insanlar internet sayesinde çoğu işini daha az enerji, zaman ve para harcayarak yapabilmektedir. Bu kolaylık beraberinde bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. İnternet hayata dahil olurken birçok kişisel bilgi de sanal dünyada paylaşılmaktadır. Bu bilgi paylaşımının artışı suç alanlarında yeni bir alan doğurmuştur. Siber suçlar adı altında incelenen bu alanda internet uygulamalarındaki güvenlik açıkları, kişisel bilgilerin açığa çıkmasına, insanların maddi ve manevi zarara uğramasına yol açmaktadır. Siber güvenlik alanı ise bu saldırıları engelleyebilmek, güvenlik açıklarını minimum seviyeye indirmek için geliştirilmiştir. Bu alanda kullanılan çeşitli teknolojiler güvenlik açıklarını minimum seviyeye indirmek için çalışmaktadır. Siber güvenlik için çalışanlar en yüksek düzeyde koruma sağlamak için bu teknolojileri sürekli geliştirmekte ve saldırganların yakaladığı boşlukları en aza indirmek için çalışmaktadır. Siber güvenlik teknolojilerinin en bilinenlerinde biri olan Web Uygulama Güvenlik Duvarı (WAF) siber saldırılara karşı koruma sağlayan bir yazılım, donanım bütünüdür. Yüksek oranda güvenlik sağlayan WAF'ın da yetersiz kaldığı durumlar olabilmektedir. Biz bu çalışmamızda WAF'ın etkinliğini üst düzeye çıkaracak bir analiz yöntemi önerdik. WAF yazılımını yapay zekâ algoritmaları ile destekleyerek analiz için bir hibrit yapı oluşturduk. Analiz edilecek veri setine de davranışsal analiz veri setini katarak saldırı tespit oranında bir artış elde etmeyi hedefledik. Böylece saldırılara karşı daha güvenilir bir koruma sağlamayı amaçladık. Makalemizde öncelikle siber güvenlik, web trafiği, siber saldırı türleri gibi çalışmamızla ilgili genel kavramlardan bahsettik. Buna ek olarak hibrit yapıyı oluşturan web güvenlik duvarı (WAF), makina öğrenimi, derin öğrenme, denetimli öğrenme, konularını detaylıca açıkladık. Sonuç bölümümüzde ise hibrit yapıyı kullanarak özel kurum veri seti ile davranışsal analiz veri setine yaptığımız analizin sonuçlarını değerlendirdik.

2. SİBER GÜVENLİK VE YAPAY ZEKÂ: DİJİTAL DÜNYAYI KORUMA YOLLARI

Siber güvenlik, siber saldırılara karşı verilerin, sistemlerin ve ağların güvenliğini sağlamayı hedefleyen, bu hedef doğrultusunda teknolojiler, yazılımlar ve uygulamalar üreten bir alandır. Bu alanda sanal ortamda bulunan kişisel verileri, kişilerin ve kurumların hassas bilgilerini korumak birincil amaçtır. Siber güvenlik dijital ortamdaki bilgi kaybını ve kötüye kullanımını engellemekle birlikte kişi ve kurumların itibarını korur. Buna ek olarak yasalara uygun bir teknoloji kullanımına olanak sağlar. Maddi ve manevi zararları engeller. Bu alan güvenlik açıklarını kullanarak yapılan saldırıları tespit etmek, önlemek ve tekrarlanmasını engellemek amacıyla sürekli olarak gelişen teknolojiler kullanılmaktadır. Gelişen teknolojinin dezavantajlarından biri olan siber ataklara karşı etkili bir savunma göstermesi için dinamik bir yapıya sahip olması gerekmektedir.

Yapay zekâ insan zekâsının makineler tarafından taklit edilmesine olanak sağlayan bir bilim dalıdır. Yapay zekâ ile makineler insan zekâsına özgü karar verme, dil anlama ve problem çözme gibi yetenekleri taklit etmektedir. Eğitim, finans ve bankacılık, sağlık, ulaşım gibi birçok alanda yapay zekâ kullanılmaktadır. Modern teknolojinin en önemli parçalarından biri olmuştur.

2.1. Siber Güvenlikte Yapay Zekânın Önemi

Yapay zekâ birçok alanda olduğu gibi siber güvenlik alanında da kullanılmaktadır. Son yıllarda artan siber saldırılara karşı yapay zekânın hızından yararlanılmaktadır. Yapay zekâ sayesinde siber ataklar daha hızlı tespit edilebilmekte ve otomatik olarak engellenebilmektedir.

Yapay zekânın siber güvenlikteki temel rolleri birkaç başlıkla şöyle açıklanabilir:

Tehdit Tespiti ve Yanıt Verme: Yapay zekâ verilerde normalden sapma gösterenleri analiz ederek saldırı tehditlerini tespit eder ve engelleyebilir. Mevcut geleneksel siber güvenlik yöntemleri tehdit türlerine göre geliştirilmiş belirli kurallara dayanırken yapay zekâ bilinmeyen (sıfırıncı gün) saldırılarını da öğrenme yeteneği sayesinde tespit edip engelleyebilir.

Davranışsal Analiz: Yapay zekâ kullanıcı hareketlerini ve ağ bağlantı parametrelerini izleyerek normalin dışındaki hareketleri tespit edebilir.

Otomasyon ve Ölçeklenebilirlik: Yapay zekâ analiz ve önlem alma süreçlerini otomatik hale getirebilir böylece siber güvenlik uzmanları daha kritik saldırılar ve güvenlik önlemleri üzerine çalışabilir.

Zararlı Yazılım ve Phishing Tespiti: Yapay zekâ öğrenme yeteneğini kullanarak zararlı yazılımların davranışsal özelliklerini tespit edebilir. Bunun yanında phishing e-postalarını ve web sitelerini tespit ederek güvenliğin sağlanmasında önemli bir rol oynar.

Sürekli Öğrenme ve Adaptasyon: Siber tehditler gelişen teknoloji ile gitgide karmaşıklaşmakta ve gelişmektedir. Yapay zekâ sistemleri bu karmaşık tehditlere kolaylıkla uyum sağlayabilir. Yeni verileri makine programları sayesinde algılayabilir ve bilinmeyen yeni tehditlere karşı koruma sağlayabilir.

3.HTTP (HYPERTEXT TRANSMISSION PROTOCOL)

HTTP, istemci ile web sunucu arasındaki iletişimi sağlayan protokoldür. HTTP OSI referans modelinde uygulama katmanında çalışmaktadır.

İstemci ile 80 portu üzerinden bir soket oluşturulur ve istemci ve web sunucu arasında TCP bağlantısı başlar ve veri aktarımı tamamlandıktan sonra sonlanır. HTTP'nin TCP veri aktarım protokolünü kullanmasının sebebi verinin kaybolmadan gönderiminin tamamlaması ve paket eksik veya bozuka yeniden göndermesidir. HTTP durum bilgisi tutmaz. Bu sayede istemci aralıklarla sunucudan aynı veriyi isterse tekrar tekrar gönderebilir.

HTTP başlıkları, istemci ve sunucunun istek ve cevap mesajıyla ilgili ek bilgiler verilmesini sağlamaktadır. HTTP başlığı büyük/küçük harfe duyarsız isimden ve iki nokta üst üstenin ardındaki değerden oluşur. Örnek bir HTTP başlığı aşağıda bulunmaktadır.

GET /text.php HTTP/1.0

Host: test.ugurcanbal.com

Method: GET

User-Agent: Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10.9; rv:50.0)

Accept: text/html

Accept-Language: en-US, e;q=0.9,tr

Cache-control: max-age=0

Accept-Encoding: gzip, deflate

Referer: www.ugurcanbal.com/test

Connection: keep-alive

If-None-Match: "c999c6550ba945beb8854fasd9199f722e3a621a"

Upgrade-insecure-request:1

HTTP metotları, istemciden sunucu tarafına gönderilen isteğin hangi eylem amacıyla olduğunu belirtmek için kullanılan metotlardır.

- Get: Sunucudan veri almak için URL içinde sorgu metinleri gönderilir.
- Post: Sunucu üzerinden veri yazdırma işleminde kullanılır. Bu istek gövde içerisinde gönderilir. Karakter limiti yoktur. Büyük veriler bu metotlar gönderilebilir.
- Head: Get metodu ile benzer olup genelde bir verinin varlığını sorgulamak için kullanılır.
- Put: Bir kaynağı güncellemek veya kaynağa veri yüklemek için kullanılır.
- Delete: Sunucu üzerindeki kaynağı silmek için kullanılır.
- Connect: Hedefteki kaynak tarafından tanımlana sunucuya tünel oluşturmak için kullanılır.
- Trace: Loop-back testi gerçekleştirmek için kullanılır.

HTTP durum kodları, HTTP isteğine karşılık web sunucu isteği alır ve kendi içerisinde işler. Ardından cevabı istemciye döndürür. Bu cevapta başlık bilgilerini ve istemci tarafından istenen veriyi gövdeye ekler. HTTP isteğinin başarılı olup olmadığını da anladığımız durum kodları aşağıda belirtilmiştir.

- Bilgilendirici yanıtlar (100 ile 199 arasında)
- Başarılı yanıtlar (200 ile 299 arasında)
- Yönlendirmeler (300 ile 399 arasında)
- İstemci hataları (400 ile 499 arasında)
- Sunucu hataları (500 ile 599 arasında)

SQL Enjeksiyon ve XSS saldırılarının gerçekleştirilmesinde HTTP istekleri önemli rol oynar. Bu tip saldırı türleri genellikle HTTP form verileri, URL parametreleri veya çerezler aracılığıyla yürütülür. Bu makalede, HTTP isteklerinin nasıl manipüle edilebileceği ve saldırıların nasıl tespit edilebileceğinin üzerinde durulmaktadır (MDN, 2024).

4.SALDIRI TÜRLERİ

4.1 SQL Enjeksiyon

SQL (Structured Query Language), yapılandırılmış sorgu dili anlamına gelmektedir. Bu dil temel olarak veri tabanı ile iletişim kurmak için kullanılmaktadır. Verilere erişim sağlama, veri ekleme ve veri değiştirme gibi işlemler için kullanılmaktadır.

Bir kaynaktan verileri silme, değiştirme, zararlı bir kod eklemek için SQL Enjeksiyon saldırısı yapılmaktadır. SQL sorgu isteğe eklenerek veya enjekte edilerek yapılmaktadır.

SQL Enjeksiyon saldırıları farklı yollarla yapılmaktadır. Bunlar kullanıcı girişine bağlı, çerezlere bağlı, HTTP başlıklarına bağlı olarak sıralanabilir (Kabal,2023).

4.1.1. Klasik SQL Enjeksiyon (Bant İçi SQLi)

Hata Tabanlı SQL Enjeksiyon: Saldırgan, SQL sorguları ileterek hata mesajlarından veri tabanındaki tablo adları ve içerikleri vb. veriler hakkında bilgi edinebilir.

Örnek: `SELECT * FROM kullanicilar WHERE kullaiciadi= " OR '1'='1'`

Union Tabanlı SQL Enjeksiyon: Union parametresini kullanarak birden fazla SELECT sorgusunu tek bir HTTP cevabında birleştirerek istenilen sonuçları elde edebilir.

Örnek: `SELECT ad, eposta FROM kullanicilar WHERE id = 1 UNION ALL SELECT puan, ortalama cinsiyet FROM sinav`

4.1.2. Kör SQL Enjeksiyon (Blind SQLi)

Boolean Kör SQL Enjection: Saldırgan veri tabanına Doğru veya Yanlış sonuçlar dönmesini sağlayan sorgular gönderir. Bu şekilde veri tabanı hakkında bilgi toplayabilir.

Örnek: `SELECT * FROM kullanicilar WHERE kullanicilar = 'admin' AND (SELECT 1 FROM dual WHERE SUBSTR((SELECT parola FROM kullanicilar WHERE kullanicidi = 'admin'), 1, 1) = 'a')`

Zaman Tabanlı Kör SQL Enjeksiyon: Saldırgan veri tabanına gönderdiği SQL sorgusuna zaman parametreleri ekleyerek yanıt süresinden Doğru veya Yanlış sonuç aldığını anlayabilir (Imperva, t.y.).

Örnek: `SELECT * FROM kullanicilar WHERE kullanicidi= 'admin' AND IF(1=1, sleep(10), false)`

4.1.3. Band Dışı SQL Enjeksiyon (Blind SQLi)

Band Dışı SQL Enjeksiyon saldırısı ancak web uygulamasının kullandığı veri tabanı sunucusunda belirli özelliklerin etkinleştirilmesi durumunda gerçekleştirilebilir. Bu saldırıda saldırganlar veriye ulaşmak için DNS veya HTTP isteklerinden yararlanır ve web sunucusu çok yavaş olduğunda veya Bant içi SQLi'nin olmadığına gerçekleşebilmektedir.

4.1.4. Türev SQL Enjeksiyonu (Compound SQLi)

Saldırganın SQL ile XSS veya CSRF gibi saldırı türlerini birleştirerek daha detaylı bir saldırı düzenlemesi olarak tanımlanabilir.

4.2. XSS (Siteler Arası Komut Dosyası Çalıştırma)

XSS, genellikle web uygulamalarını tehdit eden güvenlik açığıdır (OWASP,2022). Kötü amaçlı javascript komutlarının güvenilir web sitelerine enjekte edildiği bir tür enjeksiyon saldırısıdır. Bir saldırgan, şüpheli durumda olmayan bir kullanıcı aracılığıyla komut dosyası göndermek için XSS'i kullanabilir. Kullanıcı da bunu hiç fark etmeden tarayıcı aracılığı ile çalıştırdığında erişim sağladığı web sitesinde kullanılan tüm çerezlere, oturum bilgilerine ve hassas verilere saldırganın erişim sağlamasına sebep olur. Benzer saldırılarda kullanılan farklı tür de XSS saldırıları vardır. (Of ve Kılıçaslan, 2021)

4.2.1. Yansıyan XSS

Bir hata mesajına, arama adresine veya herhangi bir bağlantı adresine enjekte edilen komut bloğunun sunucuya iletilirken tarayıcı tarafından yorumlanıp işlemi yapan kullanıcı tarayıcısına yansıtılan saldırıdır. Kalıcı olmayan XSS saldırı türüdür. Sadece işlemi yapan kullanıcı etkilenmektedir. (OWASP,2022)

Örnek: Kullanıcıya bir bağlantı adresi iletilir. Kullanıcı bu bağlantıya erişim sağladığında tarayıcı tarafından işlenen javascript komutu kullanıcının karşısına uyarı mesajı çıkarır.

`http://ornekadres.com/search?query=<script>alert('XSS Uyarısı')</script>`

4.2.2. Depolanan XSS

Zararlı komut bloğunun veri tabanına, web sitesindeki yorum alanına kısaca verinin saklandığı alanlara enjekte edilmesiyle gerçekleşen saldırı türüdür. Bu saldırı tipinde sadece işlemi yapan değil daha sonra işlemin yapıldığı adrese erişim sağlayan tüm kullanıcılar etkilenir (OWASP, 2022).

Örnek: Bir kullanıcı aşağıdaki komutu bir web sitesinin yorum kısmına yazar, kaydedilen bu yorumu farkı bir kullanıcı görüntülediğinde bu komut dosyası çalışır ve karşısına bir uyarı mesajı çıkar.

```
<script type="text/javascript">
```

```
alert('Bu bir XSS saldırısıdır!');
```

```
</script>
```

4.2.3. DOM Tabanlı XSS

Zararlı komut bloklarının aracılığı ile DOM ortamının değiştirildiği saldırı tipidir (OWASP,2022). Kalıcı veya geçici etkileri olabilir. DOM, HTML ve XML yapıdaki belgelerin hiyerarşik yapısını gösteren kılavuzdur.

Örnek: Kullanıcı web sitesinde gezinirken bölüm seçimi yaptığında adres aşağıdaki gibi görünebilir. Javascript ile oynandığında bu “bilgisayar” parametresini alıp DOM’a ekleyebilir.

<http://ornekadres.com/products.html?bolum=bilgisayar>

JavaScript kodu bu parametreyi alıp DOM'a ekler:

```
document.getElementById('BolumBaslik').textContent=decodeURIComponent(window.location.search.split('=')[1]);
```

5. WEB UYGULAMA GÜVENLİK DUVARI (WAF)

Web uygulaması güvenlik duvarı, kötü amaçlı saldırılara ve zararlı trafiğe karşı koruma sağlayan donanım ve yazılım bütünüdür. OWAPS tarafından belirtilen güvenlik açıklıkları ile birlikte internetteki tehditleri önlemeye yönelik kurallar ve yöntemler belirlediğimiz yapıdır. Web uygulamasındaki güvenlik açığını kapatan bir yapı değildir ve saldırganın etkisini azaltmaya yönelik çalışmaktadır. WAF korumayı HTTP trafiğini izleyerek, filtreleyerek ve engelleyerek sağlamaktadır.

5.1. Web Uygulama Güvenlik Duvarı Yöntemleri

Geleneksel web uygulama güvenlik duvarları iki yöntemle çalışmaktadır.

5.1.1. İmza Tabanlı Algılama

Her imza bilinen saldırı içeriğinin karşılığı olan bir desen içerir. WAF istemci isteğini ve sunucu yanıtlarını bu imzalarla karşılaştırır. İmzalarla aynı olan bir desen tespit edilirse WAF’ın davranışına göre trafiği izler veya engeller. İmza tabanlı algılamadaki temel avantaj belirli bir saldırı modeline göre oluşturulduğundan bu saldırı tipinde etkilidir ve düşük oranda yanlış pozitif sebepten olur. Dezavantaj ise her geçen gün farklı türde saldırı modelleri çıkmasından dolayı imza tabanlı algılama bu saldırı türlerinden belirli bir süre çaresiz kalabilir. Ayrıca olağan dışında yüksek miktar imzaya sahip olmak zararsız trafiğin engellenmesine sebep olabileceğinden yanlış pozitif oranını yükseltir (Penta Security, 2020).

5.1.2. Kural Tabanlı Algılama

Saldırı vektörlerinin yapısal özelliklerine göre tanımlanmış kurallardan oluşturulur. Bu yöntemde etkin bir koruma sağlamak için kuralların sürekli olarak güncellenmesi ve ilgili servise göre özelleştirilmesi gerekmektedir. Yanlış pozitif oranının düşük olması bu ölçütlere bağlıdır.

6. DAVRANIŞSAL ANALİZ

Davranışsal analizi çalışmamızda saldırı tespit oranını artırmak için kullandık. Davranışsal analiz, web kullanıcılarının ve uygulamaların davranışlarını analiz ederek olağan dışı hareketleri ve durumları tespit eden bir yöntemdir. Kullanıcı ve sistem hareketlerinin normalini öğrenerek sonrasında bunların dışında kalan hareketleri normal dışı olarak tanımlayarak olası siber güvenlik tehditlerini tespit eder. Davranışsal analizin ağ trafiği, kullanıcı etkileşimleri, veri tabanı sorguları ve sistem çağrılarını gibi bileşenleri vardır (Moustafa ve diğerleri, 2020).

Bu bileşenlerden ağ trafiği analizinde gelen ve giden veri paketleri içerik, hedef, kaynak ve zamansal özelliklere göre değerlendirilir. Normalin dışında bir yoğunlukta olan veri trafiği, belirli hedeflere yapılan olağan dışı erişim denemeleri gibi anormal durumlar tespit edilir.

Kullanıcı etkileşimleri de davranışsal analizin içinde incelediğimiz bir öğedir. Bu analizde web kullanıcılarının sistem ile etkileşimleri, çalıştırdıkları komutlar, girdikleri veriler, ziyaret ettikleri sayfalar izlenir. Normal kullanıcı davranışları ile karşılaştırılarak anormal olanlar tespit edilir. Örneğin bir kullanıcı tarafından yapılan normalden çok sayıda oturum açma denemesi ya da bot ile yapılan ataklarda bir insan tarafından bir dakikada yapılamayacak kadar çok sayıda giriş denemesi anormal kabul edilir.

Veri tabanı sorguları ögesinde ise bu defa veri tabanına gönderilen sorguların yapısı ve içeriği analiz edilir. Normal sorgular temel alınarak anormal olan sorgular tespit edilir. SQL Injection saldırılarından örnek verecek olursak kullanıcı girdilerindeki karakter dizilerinde beklenmeyen bir farklılık ya da sorgu yapısındaki ani değişiklikler saldırı tehdidi olarak tespit edilir (Kim et al., 2021).

Bir diğer bileşen olan sistem çağrıları analizinde işletim sisteminin çekirdeği incelenir. Sistem tarafından hangi işlemlerin hangi zaman diliminde gerçekleştirildiği izlenir. Normal olan sistem çağrıları ile anormal olanlar karşılaştırılır. Mesela bir uygulama tarafından kritik sistem dosyalarına beklenmedik bir erişim anormal olarak kabul edilir.

6.1. Makine Öğrenimi ve Davranışsal Analiz

Davranışsal analiz yöntemlerinin makine öğrenimi ile işbirliği içinde çalıştığında daha etkili sonuçlar elde edebileceği bu alanda yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Örneğin makine öğrenimi yöntemlerinden denetimli öğrenme, normal ve anormal davranışların sınıflandırmasını sağlayarak atakları tespit ederken kullanılabilir (Zhang et al., 2022). Bu tür makine öğrenimi modellerinin eğitimi ve değerlendirilmesi için de NF-UQ-NIDS-v2 veri seti ideal bir kaynak olarak kullanılabilir. Bu yaklaşımlar birlikte kullanılarak web uygulamalarını daha güvenli hale getirebilmektedir.

7. MAKİNE ÖĞRENİMİ

Makine öğrenimi yapay zekânın hayatımıza kattığı tekniklerden biridir. Makine öğrenimi makinelerin tecrübelerinden öğrendiği işleyişi karmaşık görevleri gerçekleştirmek, olası tehditleri engellemek ve gerçekleşen saldırıları bertaraf etmek için otomatik bir şekilde kullanır. Makine öğrenimi siber güvenlik alanında kullanıldığı gibi siber saldırıları gerçekleştirmek için de kullanılır. Siber saldırılarda güvenlik duvarını aşmak için kullanılan bu teknik siber güvenlik alanında spam, kötü amaçlı yazılım, izinsiz giriş gibi tespitleriyle saldırılara karşı koruma sağlar ve güvenlik duvarının aşılmasını engeller (Shaukat ve diğerleri, 2020).

Makine öğrenimi öğrenme yöntemlerine göre üç ana kategoriye ayrılır. Bu kategoriler: denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme, pekiştirmeli öğrenmedir. Bu kategoriler problemlere karşı kullandıkları teknik ve algoritmalara göre farklılık gösterir.

Derin öğrenme adıyla anılan bir diğer konu ise yine makine öğreniminin alt dalıdır. Derin öğrenme, makine öğreniminin üç ana kategorisinin her birine dâhil edilebilecek yöntem ve teknikler içerir.

Araştırmamızı yaparken kullandığımız analiz yöntemlerinden bahsetmek için öncelikle denetimli öğrenme ve derin öğrenmeden kısaca bahsedeceğiz. Bu başlıkların altında ise kullandığımız algoritmaları açıklayacağız.

7.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme makine öğreniminin üç ana kategorisinden biridir. Yaygın bir şekilde kullanılan denetimli öğrenme etiketli veri kullanarak model eğitimi yapılan bir yöntemdir. Bu öğrenmede bir model giriş verilerine karşılık gelen doğru çıkış verilerini etiketler ile öğrenir. Bu öğrenme sonrasında ilk defa karşılaştığı veriler için doğru çıkış verilerini tahmin etmesi hedeflenir. Denetimli öğrenmenin sınıflandırma ve regresyon olarak iki ana türü vardır. Sınıflandırmanın amacı girdi verilerini belirli kategorilere ayırmaktır. Regresyonda ise amaç girdi verilerine karşılık gelen sayısal değerleri tahmin etmektir. Denetimli öğrenmede çeşitli algoritmalar bulunur. Biz bu makalede, çalışmamızda faydalandığımız karar ağaçları (decision tree) ve gradyan artırma (gradient boosting) algoritmalarına değineceğiz.

7.1.1. Karar Ağaçları (Decision Tree) Algoritması

Karar ağaçları algoritması hem sınıflandırma hem de regresyon türlerinde kullanılabilen yaygın bir denetimli öğrenme yöntemidir. Tıpkı ismindeki gibi, oluşturduğu model gereği bir ağaca benzetilen bu algoritma veri setini çok küçük parçalara bölerek çalışır. Modeli kök düğüm, karar düğümleri ve yaprak düğümleri oluşturur. Çok büyük veri setlerini belirli karar kuralları ile küçük parçalara böler böylece veriler daha hızlı bir şekilde değerlendirilebilir (Ulgen, 2017).

7.1.2. Gradyan Arttırıcı (Gradient Boosting) Algoritması

Gradient boosting model de tıpkı karar ağaçları gibi hem sınıflandırma hem regresyon türlerinde kullanılabilen bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Bu model bir topluluk modeli olarak da tanımlanabilir. Bu algoritma Karar ağaçları gibi modellerin tek başına kuvvetli olmadığını varsayarak bu zayıf modelleri ardışık olarak bir araya getirir. Bir önceki modelin hatalarından yeni bir model oluşturarak ilerleyen model hata en aza inene kadar analize devam eder (Zilyas ve Yılmaz, 2023).

7.2. Derin Öğrenme (Deep Learning)

Derin öğrenme de tıpkı denetimli, denetimsiz, pekiştirmeli öğrenme gibi makine öğreniminin alt dalıdır. Fakat derin öğrenme farklı hedef ve bakış açılarından gelir. Karmaşık desenleri, ilişkileri ve örüntüleri otomatik bir şekilde öğrenebilen derin öğrenme büyük veri setlerini işleyebilir. Bu büyük veri setleri ve karmaşık problemler için, insan beyninin işleyişini modelleyerek bilgiyi edinme ve depolama yeteneğine sahip yapay sinir ağlarını kullanır. (Doe, 2020). Derin öğrenmede makine öğreniminin diğer yöntemleri de kullanılabilir. Görüntü tanıma, doğal dil işleme, ses tanıma ve daha birçok alan derin öğrenme ile gözle görülür bir ilerleme kaydetmiştir. Bu gelişimler derin öğrenmeyi, makine öğreniminin önemli ve etkili bir alt dalı haline getirmiştir.

Derin öğrenmenin temel bileşenleri arasında bulunan ve çalışmamızda kullandığımız algoritmalar şunlardır;

7.2.1. ANN (Yapay Sinir Ağları) Algoritması

Bilgi işleme birimlerinden oluşan ANN (yapay sinir ağları), girdileri alarak diğer birimlere çıktı olarak dağıtan bir algoritmadır (Smith, 2021). Karmaşık veri kalıplarını tanıma ve sınıflandırma konusunda oldukça etkili olan ANN'ler, sabit doğrusal olmayan fonksiyonların birleşiminden oluştuğu için çok boyutlu ve karmaşık veri setlerinde dahi yüksek bir performansa sahip olur (Johnson & Lee, 2022; Martinez et al., 2021). Bu performansı sayesinde ağ trafiklerindeki olağan dışı durumları ve olası tehditleri tespit etmekte başarı gösterebilmektedir.

7.2.2. CNN (Evrişimli Sinir Ağları) Algoritması

Görüntü ve zaman serisi verilerinin işlenmesinde yüksek bir performansa sahip olan CNN (evrişimli sinir ağları) bir tür yapay sinir ağıdır. CNN'ler evrişim (convolution) katmanları, aktivasyon fonksiyonları, havuzlama (pooling) katmanları, flatten katmanları ve tam bağlantılı (fully connected) katmanlardan oluşur. Yerel bağlantılılık ve ağırlık paylaşımı prensiplerine dayanan CNN'ler modelin öğrenmesi gereken değişken sayısını azaltarak hesaplama verimliliğini artırır. Bu performansı sebebiyle görüntü tanıma, nesne tespiti, doğal dil işleme, tıbbi görüntü analizi gibi çeşitli uygulamalarda faaliyet gösterebilmektedir. Siber güvenlik alanında da etkisini kanıtlayan CNN'ler verilerin uzamsal ilişkilerini ve özelliklerini otomatik olarak öğrenebilir. Böylece ağ trafiğindeki karmaşık yapıyı ve ilişkileri tespit edebilir. Bunlara ek olarak ağ saldırıları, anomali tespiti, kötü amaçlı yazılımın sınıflandırılmasında da kullanılmaktadır.

7.2.3. MLP (Çok Katmanlı Algılayıcılar) Algoritması

Giriş ve çıkış katmanları arasında gizli katman içeren ileri beslemeli yapay sinir ağları MLP (çok katmanlı algılayıcılar) olarak isimlendirilir. MLP'ler insan beyninin çalışma prensibine dayanan bir modeldir ve katmanlar arasında en az bir gizli katman bulundurulur. Her katman ise en az bir nöron içerir. Ve bu nöronların işleyişi sayesinde karmaşık işlevleri öğrenebilecek bir yapı oluşur. Sınıflandırma ve regresyon görevlerinde kullanılabilen MLP esnek ve güçlü bir yöntem olmasına karşın hesaplama maliyeti ve aşırı uyum riski gibi dezavantajları da barındırır.

8. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında kullanılan veri setleri, ön işleme adımları, uygulanan makine öğrenimi ve yapay sinir ağları algoritmaları ve değerlendirme metrikleri bu bölümde detaylandırılmıştır.

8.1. Veri Setleri

Bu çalışmada iki tür veri seti hibrit bir yapıda kullanılmıştır.

Birinci olarak, HTTP trafiğinin analizi için kurumsal ağ üzerinden alınan normal, SQL Enjeksiyon ve XSS trafiklerini içeren veri setidir.

Tablo 1: Kurum HTTP Veri Seti

Özellik	Açıklama
ip_client_score	IP adresi tarafından yapılan zararlı isteklere göre belirlenen puandır.
date_time	İstek zamanını belirtir.
geo_info	İstek yapılan lokasyonu belirtir.
http_class	Hangi adrese istek yapıldığını belirtir.
ip_client	Hangi IP adresinden istek geldiğini belirtir.
metod	İsteğin metodunu belirtir. (GET, POST Vb.)
protocol	HTTP veya HTTPS protokolünü belirtir.
protocol_info	HTTP versiyonunu belirtir.
query_str	Body içeriğinde geçen query kısmını belirtir.
Request	URL içeriğini belirtir.
user_agent	Tarayıcı türünü, versiyonunu ve işletim sistemi bilgilerini içerir.
accept_encoding	İstemcinin hangi içerik kodlamalarını desteklediğini belirtir. (gzip,deflate)
accept	İstemcinin hangi medya türlerini kabul edeceğini belirtir. (text/html)
Cookie	Daha önceden web sunucu tarafından istemciye gönderilen çerezleri belirtir.
referer	Geçerli isteğin yapıldığı sayfanın URL bilgisini içerir.
connection	İstemcinin bağlantı seçeneğini belirtir. (keep-alive)

İkinci olarak, NetFlow tabanlı format ile geliştirilmiş NF-UQ-NIDS-v2 veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti ağ izinsiz giriş tespit sistemleri geliştirmek ve değerlendirmek için tasarlanmış kapsamlı bir veri setidir. İçerisinde birçok saldırı türüne ait veriler bulunmaktadır. Biz çalışmamızda SQL Enjeksiyon ve XSS ile ilgili verileri kullanacağız (Portmann,2022; Sarhan ve diğerleri, 2022).

Tablo 2: NF-UQ-NIDS-v2 Veri Seti

Özellik	Açıklama
PROTOCOL	IP protokolü tanımlayıcı bayt
L7_PROTO	Katman 7 protokolü
IN_BYTES, IN_PKTS	Gelen paket ve bayt sayısı
OUT_BYTES, OUT_PKTS	Giden paket ve bayt sayısı
CLIENT_TCP_FLAGS, SERVER_TCP_FLAGS	İstemci ve sunucu TCP bayraklarının kümülatifi
FLOW_DURATION_MILLISECONDS	Milisaniye cinsinden akış süresi
DURATION_IN, DURATION_OUT	İstemciden Sunucuya akış süresi (msn)
MIN_TTL, MAX_TTL	MIN, MAX akış TTL
LONGEST_FLOW_PKT, SHORTEST_FLOW_PKT	Akışın en uzun ve en kısa paketi (bayt)
MIN_IP_PKT_LEN, MAX_IP_PKT_LEN	Gözlemlenen en küçük akış IP paketinin uzunluğu
SRC_TO_DST_SECOND_BYTES, DST_TO_SRC_SECOND_BYTES	Kaynak - Hedef Bayt/sn, Hedef - Kaynak Bayt/sn
RETRANSMITTED_IN_BYTES_IN_PKTS, OUT_BYTES_OUT_PKTS	Yeniden iletilen TCP akış paketlerinin sayısı
SRC_TO_DST_AVG_THROUGHPUT, DST_TO_SRC_AVG_THROUGHPUT	Kaynaktan hedefe ortalama hız (bps) Hedekten kaynağa ortalama hız (bps)
NUM_PKTS_UP_TO_x_y_BYTES	IP boyutu > x ve <= y olan paketler
TCP_WIN_MAX_IN, TCP_WIN_MAX_OUT	Maksimum TCP Penceresi

8.2. Veri Ön İşleme

Makine öğrenimi ve yapay sinir ağları algoritmalarının performansını etkileyen en önemli hususlardan biri veri setlerinin kullanışlı, sade ve belirli bir formatta olmasıdır. Aksi takdirde hatalı girdi verileri bizi hatalı sonuca götürecektir. Bu aşamada veri temizleme, veri birleştirme, veri azaltma yöntemleri kullanılarak, veri analize hazır hale getirilir (Taşkıran,2021).

Veri temizleme: Veri setinden ihtiyaç duyulmayan değerlerin temizlenmesi, eksik verilerin kaldırılması veya tamamlanması olarak açıklanabilir.

Veri birleştirme: Farklı yerlerde bulunan veri setlerinin tek bir yerde toplanması ve anlamlı bir veri seti elde edilmesidir. Biz çalışmamızda Kurum veri seti ile NF-UQ-NIDS-v2 veri seti birleştirilerek analiz gerçekleştirilmekteyiz.

Veri azaltma: Tekrar eden verilerinde veri setinden temizlenmesidir (Kaplan,2021).

Çalışmamızda ayrıca aşağıdaki iki yöntem veri ön işleme adımı olarak kullanılmıştır.

Terim Frekansı-Ters Doküman Frekansı (TF-IDF): Belirli bir veri setindeki kelimelerin göreceli sıklığını, bu kelimelerin tüm veri seti üzerindeki tersine oranına göre belirleyerek çalışır. Çalışmamızda query_str, request parametreleri bu yöntem ile analiz edilmiştir (Vapnik, 2013; Çelik ve Koç, 2020)

$$w_{i,j} = tf_{i,j} \times \log \frac{N}{df_i}$$

Bu formülde;

$w_{i,j}$:Terim i 'nin belge j içindeki TF-IDF ağırlığı

$tf_{i,j}$:Terim i 'nin belge j içindeki terim frekansı (TF)

N :Toplam belge sayısı

df_i :Terim i 'nin koleksiyondaki belgelerdeki belge frekansı (DF)

Bu formül, belirli bir terimin belirli bir belgedeki TF-IDF ağırlığını hesaplamak için kullanılır.

Denklem 1: TF-IDF Formülü

[1]

Label Encoding: Bu teknik kategorik verileri alfabetik olarak sıralamaktadır. Çalışmamızda metod, accept, accept_encoding, connection vb. alanlar bu yöntem ile analiz edilmiştir. (Şahinaslan ve diğerleri, 2023)

8.3. DeneySEL Ortam

Python 3.10.1 üzerinde Tensorflow 2.15.0, Keras 2.15.0 kullanılarak Gradient Boosting, DecisionTreeClassifier, MPL, ANN, CNN algoritmalarıyla analiz yapılmıştır. Bu analiz öncelikli olarak Kurum veri setinde ardından da davranışsal analiz kapsamında Kurum veri seti ve NF-UQ-NIDS-v2 veri setiyle birleştirilen veri setinde yapılmıştır. Ayrıca performans ölçümleri yapılarak sonuçlar paylaşılmıştır.

8.4. Performans Ölçümleri

Bu çalışmadan aşağıdaki performans ölçümleri kullanılmıştır.

- True Positive (Gerçek Pozitif): Doğru şekilde pozitif olarak sınıflandırma trafik
- True Negative (Gerçek Negatif): Doğru şekilde negatif olarak sınıflandırma trafik
- False Positive (Yanlış Pozitif): Yanlış şekilde pozitif olarak sınıflandırma trafik
- False Negative (Yanlış Negatif): Yanlış şekilde negatif olarak sınıflandırma trafik

Doğruluk (Accuracy) hesaplanması için denklem 2'deki formül kullanılmıştır.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}$$

Denklem 2: Doğruluk (Accuracy)

[2]

Kesinlik (Precision) hesaplanması için denklem 3'teki formül kullanılmıştır.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Denklem 3: Kesinlik (Precision)

[3]

Anımsamanın (Recall) hesaplanması için denklem 4'deki formül kullanılmıştır.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Denklem 4: Anımsama (Recall)

[4]

F1 değerinin (F1-Score) hesaplanması için denklem 5'teki formül kullanılmıştır.

$$F1 \text{ score} = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Denklem 5: F1 Değeri (F1-Score)

[5]

9. ÇALIŞMA BULGULARI

Denetimli öğrenme ve derin öğrenme algoritmalarını dahil ederek http trafiğinin zararlı olup olmadığının tespitini yaptığımız analizlerde veri setimize de davranışsal analiz veri setini dahil ettik. Analizleri yaparken ilk aşamada özel kurum veri setini değerlendirdik. İkinci aşama olarak kurum veri setine NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek aynı algoritmaları kullanarak yeniden analiz ettik. Çalışmamızdaki analiz sonuçlarımızı paylaştığımız aşağıdaki tablolarda tüm analizleri davranışsal analiz veri seti eklenmiş ve eklenmemiş olarak iki bölüme ayırdık. Veri setlerini sırasıyla karar ağaçları, gradient boosting, ANN, CNN, MLP algoritmalarını kullanarak analiz ettik. Bu analizlerimizin sonuçlarını tablolar halinde paylaştık.

Tablo 3: Karar Ağaçları (Decision Tree) Sonuçları

	Davranış Analiz Olmadan	Davranış Analizi İle
Model Doğruluk Oranı	0.85852	0.98151

Kesinlik (Precision)	0.79558	0.98659
Duyarlılık (Recall)	0.95364	0.97516
F1-score:	0.86746	0.98084

Karar Ağaçları (Decision Tree) algoritması ile yaptığımız analizde ilk aşamada yalnızca özel kurum veri setini kullandık. İlk analizde F1-score değeri 0.86746 oldu. Veri setimize NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek yeniden analiz ettiğimizde bu değer 0.98084'e yükseldi.

Tablo 4: Gradyan Artırma (Gradient Boosting) Algoritması Sonuçları

	Davranış Analiz Olmadan	Davranış Analizi İle
Model Doğruluk Oranı	0.85209	0.99035
Kesinlik (Precision)	0.77851	0.98684
Duyarlılık (Recall)	0.97185	0.99337
F1-score:	0.86450	0.99009

Gradyan Artırma (Gradient Boosting) algoritması ile yaptığımız analizde ilk aşamada yalnızca özel kurum veri setini kullandık. İlk analizde F1-score değeri 0.86450 oldu. Veri setimize NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek yeniden analiz ettiğimizde bu değer 0.99009'e yükseldi.

Tablo 5: ANN (Yapay Sinir Ağları) Sonuçları

	Davranış Analiz Olmadan	Davranış Analizi İle
Model Doğruluk Oranı	0.86012	0.93569
Kesinlik (Precision)	0.79778	0.91194
Duyarlılık (Recall)	0.95364	0.96026
F1-score:	0.86877	0.93548

ANN (Yapay Sinir Ağları) algoritması ile yaptığımız analizde ilk aşamada yalnızca özel kurum veri setini kullandık. İlk analizde F1-score değeri 0.86877 oldu. Veri setimize NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek yeniden analiz ettiğimizde bu değer 0.93548'e yükseldi.

Tablo 6: CNN (Evrişimli Sinir Ağları) Algoritması Sonuçları

	Davranış Analiz Olmadan	Davranış Analizi İle
Model Doğruluk Oranı	0.84967	0.95980
Kesinlik (Precision)	0.79242	0.94108
Duyarlılık (Recall)	0.93543	0.97847
F1-score:	0.85801	0.95941

CNN (Evrişimli Sinir Ağları) algoritması ile yaptığımız analizde ilk aşamada yalnızca özel kurum veri setini kullandık. İlk analizde F1-score değeri 0.85801 oldu. Veri setimize NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek yeniden analiz ettiğimizde bu değer 0.95941'e yükseldi.

Tablo 7: MPL (Çok Katmanlı Algılayıcılar) Algoritması Sonuçları

	Davranış Analiz Olmadan	Davranış Analizi İle
Model Doğruluk Oranı	0.86897	0.95257
Kesinlik (Precision)	0.80413	0.95041
Duyarlılık (Recall)	0.96523	0.95198
F1-score:	0.87735	0.95119

MPL (Çok Katmanlı Algılayıcılar) algoritması ile yaptığımız analizde ilk aşamada yalnızca özel kurum veri setini kullandık. İlk analizde F1-score değeri 0.87735 oldu. Veri setimize NIDS davranışsal analiz veri setini dahil ederek yeniden analiz ettiğimizde bu değer 0.95119'e yükseldi.

Aldığımız sonuçları karşılaştırdığımızda davranışsal analiz veri setini dahil ettiğimizde http trafiğinin zararlı olup olmadığını tespit etmede daha yüksek başarı elde edildiğini gördük.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojinin hızlı ilerleyişiyle birlikte hızla artan ve karmaşıklaşan siber saldırılara karşı her an yenilenen ve gelişen dinamik siber güvenlik yöntemlerine ihtiyaç vardır. Saldırıları tespit etmenin ve engellenen çeşitli yöntemleri olmakla birlikte her an değişen saldırı çeşitlerine ve yoğunluğuna hazırlıklı olmak gerekir. Bu kapsamda çalışmamızda biz mevcut yöntemlerimizle saldırı tespitindeki başarı oranını artıracak bir yöntem arayışında olduk. Ana hedefimiz siber saldırılara karşı bir koruma görevi üstlenen web uygulama güvenlik duvarını makine öğrenimi algoritmalarıyla destekleyerek bir hibrit yapı oluşturmak ve bu hibrit yapıyla analiz yaparken saldırı tespitinde bizi daha yüksek bir başarıya ulaştıracağına inandığımız davranışsal analiz yönteminden de faydalanarak siber saldırılara karşı güvenliği olabildiğince artırmaktır. Bu hedefimiz için öncelikle zararlı trafikler içeren özel bir kurum veri setini belirttiğimiz algoritmalar ile analiz ettik. İkinci aşamada aynı veri setine bu kez davranışsal analiz veri setini dahil ettik. Davranışsal analiz normal kullanıcı ile atak yapan kullanıcı ya da sistemin farkını ortaya koyarak normal bir kullanıcının yapmayacağı ya da yapamayacağı işlemlerin saldırı olarak tespit edilmesinde etkili oldu. Böylece davranışsal analiz veri seti içeren analiz öncekine göre daha başarılı oldu.

Davranışsal analizin siber güvenlik alanında etkili bir şekilde kullanılacak önemli bir yöntem olduğuna inanıyoruz. Yaptığımız çalışma siber güvenlik alanında yapılacak çalışmalar için bir çerçeve sunabilir. Gelecekte yapılacak araştırmalar davranışsal analiz yöntemi için daha kapsamlı ve detaylı çalışmalar yaparak kullanım alanlarını genişletebilir. Örneğin, geleneksel web uygulama güvenlik duvarı cihazlarında legal yollarla yapılan yani zararlı trafik olarak kabul edilmeyen fakat kişi ve kurumların hassas bilgilerini kullanan ve tehdit eden ataklarda, kural tabanlı korumalar kullanılmaktadır. Bir kişinin verisini kullanarak bir uygulamaya sürekli giriş denemeleri yapılan bir atağa karşı bir kural oluşturulur. Mesela bu uygulamaya belirli bir süre içinde belli sayıda hatalı giriş denemesi yapıldığında bu denemelerin yapıldığı IP adresi belirli bir süre boyunca engellenir. Fakat bu yöntemin koruma sağlamadığı durumlar da olabilmektedir. Davranışsal analiz yönteminin böyle legal yollarla yapılan ataklara karşı korumada etkisi ve yöntemi incelenebilir. Siber güvenlik alanı, teknoloji ilerlemeleri var oldukça güncellemeye ihtiyaç duyan bir alandır. Bu sebeple siber güvenlik uzmanları ve araştırmacılarının yenilenen ve gelişen çalışmaları dijital dünya için kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- [1] Vapnik V. The nature of statistical learning theory. Springer, 2nd edition, 2013; New York, USA. pp: 32- 40.
- [2] Agarwal, B., Mittal, N., Bansal, P., and Garg, S. (2015) "Sentiment analysis using common-sense and context information," Computational Intelligence and Neuroscience, vol. pp. 1-9, 2015.
- [3] Mishra, N. and Jha, C. K. (2012) "Classification of opinion mining techniques," International Journal of Computer Applications, vol. 56, no. 13, pp. 1-6.
- [4] Bansal, B. ve Srivastava, S. (2018) "Sentiment classification of online consumer reviews using word vector representations", Procedia Computer Science, vol. 132, pp. 1147-1153.
- [5] Symeonidis, S., Effrosynidis, D. ve Arampatzis, A. (2018) "A comparative evaluation of pre-processing techniques and their interactions for twitter sentiment analysis", Expert Systems with Applications, vol. 110, pp. 298-310.

- [6] AWS Contributors. Sinir Ağı Nedir?, AWS. <https://aws.amazon.com/tr/what-is/neural-network/>
- [7] Çelik, Ö., & Koç, B. C. (2021). TF-IDF, Word2vec ve Fasttext vektör model yöntemleri ile Türkçe haber metinlerinin sınıflandırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 23(67), 121-127.
- [8] Doe, J. (2020). Artificial Neural Networks: Modern Applications and Techniques. Journal of Computational Intelligence, 34(5), 567-580.
- [9] Ergin, T. (2018). Convolutional Neural Network (ConvNet yada CNN) nedir, nasıl çalışır. Medium, <https://medium.com/@tuncerergin/convolutional-neural-network-convnetyada-cnn-nedir-nasil-calisir-97a0f5d34cad>, (Son Erişim Tarihi: 17/12/2019).
- [10] Imperva Contributors. Sql (Structured Query Language) Injection, IMPERVA. <https://www.imperva.com/learn/application-security/sql-injection-sqli/>
- [11] Internet World Stats (2022, August 13) Internet Usage Statistics The Internet Big Picture. INTERNET WORLD STATS. <https://www.internetworldstats.com/stats.htm> (Internet World Stats,2022)
- [12] Işıkhani, Elif. (2022, Ekim 5). Multi Layer Perceptron (MLP) Nedir? <https://isikhanelif.medium.com/multi-layer-perceptron-mlp-nedir-4758285a7f15>
- [13] Johnson, R., & Lee, K. (2022). Nonlinear Functions and Their Role in Neural Networks. Neural Processing Letters, 50(2), 289-300.
- [14] Jones, K. S. (1972). "A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval". Journal of Documentation, 28(1), 11-21.
- [15] Kabal, A. (2023, March 19). Sql Injection Nedir? Türleri Nelerdir? Nasıl Çalışır? , MEDIUM. <https://medium.com/@AleynaKabal/sql-injection-nedir-t%C3%BCrleri-nelerdir-nas%C4%B1l-%C3%A7al%C4%B1%C5%9F%C4%B1r-6ec7203ef24d>
- [16] Kaplan, F. (2021, June 2). Veri Ön İşleme Nedir, MSHOWTO. <https://www.mshowto.org/veri-on-isleme-nedir.html>
- [17] Kim, H., Lee, J., & Park, Y. (2021). Detecting SQL Injection Attacks Using Behavioral Analysis. Journal of Information Security and Applications, 56, 102675.
- [18] Martinez, L., Zhang, Y., & Gupta, P. (2021). Deep Learning for Network Traffic Analysis: A Comprehensive Survey. IEEE Transactions on Network and Service Management, 18(4), 456-472.
- [19] Moustafa, N., Turnbull, B., & Choo, K.-K. R. (2020). An ensemble intrusion detection technique based on proposed statistical flow features in the time domain using the CICIDS2017 dataset. Data & Knowledge Engineering, 130, 101-179.
- [20] Of, M., & Kılıçaslan, İsmail. (2021). XSS (Cros Site Scripting) Web Güvenliği Açığının İşletmeler Açısından Önemi. International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 8(77), 3144-3152.
- [21] OWASP(2022) Cross Site Scripting (XSS), OWASP. <https://owasp.org/www-community/attacks/xss/>
- [22] MDN Contributors (2024, May 13). HTTP Headers, MDN. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Headers>

- [23] Patel, V., & Gupta, A. (2020). Behavioral Analysis for Detecting Cross-Site Scripting Attacks. *International Journal of Web Security*, 12(3), 245-260.
- [24] Penta Security Contributors (2020, August 14). Signature-Based Vs. Rule-Based Wafs: A Detailed Comparison, PENTA SECURITY. <https://www.pentasecurity.com/blog/signature-based-vs-rule-based-wafs/>
- [25] Portmann, M. (2022). Machine Learning-Based NIDS Datasets, THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND AUSTRALIA. https://staff.itee.uq.edu.au/marius/NIDS_datasets/#RA5
- [26] Sarhan, M., Layeghy, S., & Portmann, M. (2022). NF-UQ-NIDS-v2, THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND AUSTRALIA. <https://rdm.uq.edu.au/files/e2412450-ef9c-11ed-827d-e762de186848>
- [27] Shaukat, K., Luo, S., Varadharajan, V., Hameed, I. A., Chen, S., Liu, D., & Li, J. (2020). Performance comparison and current challenges of using machine learning techniques in cybersecurity. *Energies*, 13(10), 2509. doi:10.3390/en13102509
- [28] Smith, A. (2021). Advances in Neural Network Models for Cybersecurity. *Cybersecurity Review*, 45(3), 123-135.
- [29] Şahinaslan, E., Günerkan, M., & Şahinaslan, Ö. (2023). Makine Öğrenmesinde Kategorik Veri Kodlama Tekniğinin Kullanımına Alternatif Bir Çözüm Yöntemi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 6(1), 1-11.
- [30] Taşkıran, S. F. (2021). Doğal dil işleme ile akademik metinlerin kümelenmesi (Master's thesis, Konya Teknik Üniversitesi).

SYNTHESIS OF BORON-TITANIUM DIOXIDE (TiO₂) AMINO-CONTAINING CATALYST FOR METHANOL PRODUCTION

GÜLSÜM ARIT

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering
215108004@kocaeli.edu.tr

Doç.Dr. MURAT EFGAN KİBAR

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering
efgankibar@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7968-3099

Abstract

TiO₂ based catalysts can produce oxygen active species due to their photoenergy absorption capability. But high band gap of TiO₂ can also cause a decrease on the oxidation and reduction activities. This handicap can be tolerated by adding metal or metaloxides on TiO₂ or manipulating the lattice and by modifying the morphology of the support.

In this study boria nanotube-titania photocatalyst was prepared by hydrothermal method. The morphology of commercial TiO₂ was converted from spherical to nanotube form with simultaneous addition of boron. The morphological properties determined by XRD, BET and TEM. The activity of the catalyst was performed in methanol production reaction and the conversion was found 4,16 $\mu\text{mol/g}_{\text{cat}}\cdot\text{h}$. The calculations were performed based on FTIR data to obtain the amount of methanol. The settling of elemental boron was also determined by XRD data which the boron participated in the titanium dioxide lattice.

Keywords: Boron-Titanium Dioxide, Photocatalysis, Methanol

1. INTRODUCTION

CO₂ can be transformed into energy-rich and valuable products through the use of semiconductor photocatalysts, such as titanium dioxide, which can utilize solar energy to carry out the necessary chemical reactions. This process can be done under ambient conditions, making it a sustainable and efficient way to produce carbon-based fuels and chemicals without relying on fossil fuels (Carp et al., 2004).

Efforts to improve the efficiency of CO₂ photocatalysis are generally limited by the physicochemical properties of the catalyst and reactor configuration. The optical and electronic properties of TiO₂ can be modified by the addition of metals such as Cu, Ag, Pd, Rh, or their oxides, as well as non-metals such as nitrogen and iodine (Ola & Maroto-Valer, 2015). When these metal and non-metal atoms join between Ti atoms, substitute Ti for its replacement, or form clusters on the surface of TiO₂, they can cause changes in the properties of TiO₂ (Sahu & Biswas, 2011). It has been reported that the band structures and properties of TiO₂ are shaped by this process.

TiO₂ is a material commonly used for redox reactions, but its electron-hole recombination process is slower than desired (Indrakanti et al., 2009). To improve efficiency, it is important to modify the physicochemical properties of TiO₂. This can be done by changing the optical and electronic properties, such as reducing the band width and increasing the lifetime of photogenerated electrons and holes through effective charge separation. Modifying the textural properties, such as surface and bulk crystal structure, particle size, and morphology, can also enhance performance (Colmenares et al., 2009; Malato et al., 2009; Ola & Maroto-Valer, 2015).

The optical and electrochemical properties of TiO₂ can be enhanced by the addition of metal and non-metal ions. Metal or non-metal ions can alter the properties of TiO₂ and affect the band gap. (Sahu & Biswas, 2011). Doping with non-metals can modify the surface structures of TiO₂, increasing its activity towards visible light (Liu et al., 2010). Some non-metals such as N (Asahi et al., 2001), C (Xue et al., 2011), S (Ohno et al., 2004; Kondo et al., 2013), and F (Kim et al., 2010) have been used for this purpose.

For the use of TiO_2 in CO_2 photoreduction to become economically feasible, it needs to be readily available (Chen & Mao., 2007). Water is still the most abundant and cheapest source of hydrogen, which is the most common reducing agent. Other reducing agents like NH_3 , pure H_2 gas, etc. require pre-treatment (Dhakshinamoorthy et al., 2012). The low solubility of CO_2 in water (2 g/L) shows that the reduction of water is thermodynamically preferred over CO_2 (Indrakanti et al., 2009; Kaneco et al., 1998).

In this study, a Boron- TiO_2 catalyst containing amine was synthesized to produce methanol through the photocatalytic reaction of CO_2 and H_2O . This allowed for the reduction of CO_2 while obtaining a high-value product.

2. MATERIAL AND METHOD

Commercial TiO_2 (ACROS) and elemental B (PAVTEC) had been hydrothermally reacted in 10 M NaOH solution at 130 °C. After washing with diluted HCl and water the prepared catalyst dried at 105 °C for 24 h. Then the catalyst was calcined at 400 °C for 4 h. Three mL of monomethyl amin solution (40%) was impregnated to the catalyst. The reaction was performed in a semi-batch quartz bubble reactor. The medium was excited with UV-C (254 nm) lamp. 100 mg catalyst was put in 30 mL water and introduced with carbondioxide with a flow rate 100 mL/min for 1 h.

3. CONCLUSION

3.1. Characterization

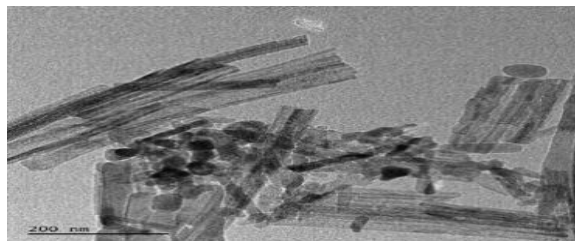


Figure 1: The TEM image of prepared catalyst is given

As seen in Figure 1, although there are spherical forms of TiO_2 , the nanotubes were produced. Total surface area of the catalyst was also found 18 m^2/g . The XRD spectra of the elemental boron and boron doped TiO_2 were given in Figure 2.

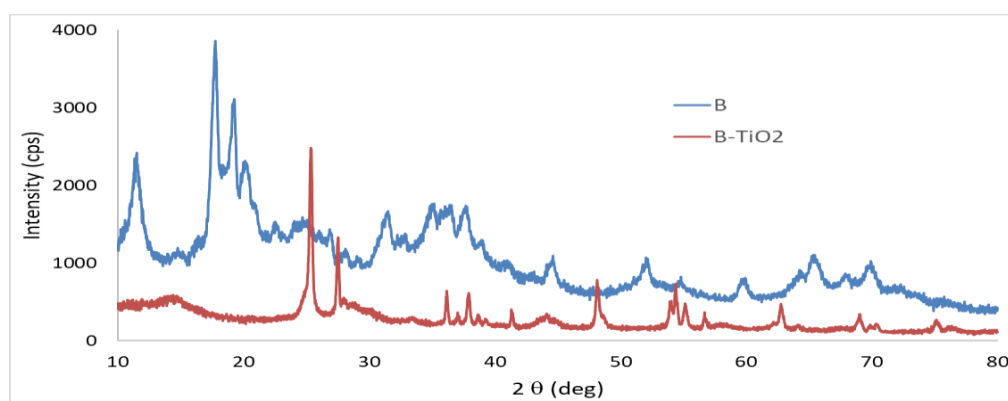


Figure 2: XRD spectra of elemental boron and B/ TiO_2

According to the XRD spectra it can be speculated that boron integrated to the TiO_2 lattice

3.2. Activity Tests

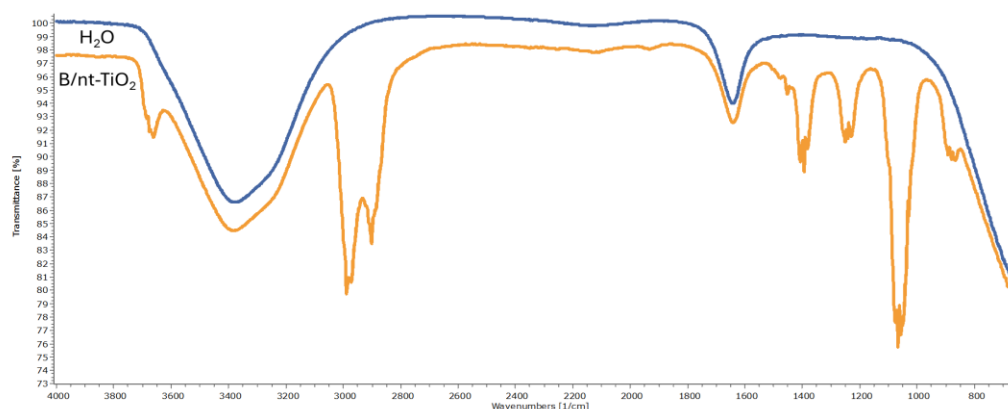


Figure 3: FTIR spectra of water and the product of water+CO₂ reaction on amine impregnated B/nt-TiO₂

The C-O bond was determined at 1016 cm⁻¹ that shows the formation of CH₃OH. The quantitative analysis was performed according to (Santos et al., 2023) and the total production of methanol was found 4,16 μmol/g_{cat.h}.

REFERENCES

- Asahi, R. Y. O. J. I., Morikawa, T. A. K. E. S. H. I., Ohwaki, T., Aoki, K., & Taga, Y. (2001). Visible-light photocatalysis in nitrogen-doped titanium oxides. *science*, 293(5528), 269-271.
- Carp, O., Huisman, C. L., & Reller, A. (2004). Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Progress in solid state chemistry*, 32(1-2), 33-177.
- Chen, Xiaobo, and Samuel S. Mao. "Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications." *Chemical reviews* 107.7 (2007): 2891-2959.
- Colmenares, J. C., Luque, R., Campelo, J. M., Colmenares, F., Karpinski, Z., & Romero, A. A. (2009). Nanostructured photocatalysts and their applications in the photocatalytic transformation of lignocellulosic biomass: an overview. *Materials*, 2(4), 2228-2258.
- Dhakshinamoorthy, A., Navalon, S., Corma, A., & Garcia, H. (2012). Photocatalytic CO₂ reduction by TiO₂ and related titanium containing solids. *Energy & Environmental Science*, 5(11), 9217-9233.
- Indrakanti, V. P., Kubicki, J. D., & Schobert, H. H. (2009). Photoinduced activation of CO₂ on Ti-based heterogeneous catalysts: Current state, chemical physics-based insights and outlook. *Energy & Environmental Science*, 2(7), 745-758.
- Kaneco, S., Shimizu, Y., Ohta, K., & Mizuno, T. (1998). Photocatalytic reduction of high pressure carbon dioxide using TiO₂ powders with a positive hole scavenger. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 115(3), 223-226.
- Kim, J., Choi, W., & Park, H. (2010). Effects of TiO₂ surface fluorination on photocatalytic degradation of methylene blue and humic acid. *Research on Chemical Intermediates*, 36, 127-140.
- Kondo, K., Murakami, N., Ye, C., Tsubota, T., & Ohno, T. (2013). Development of highly efficient sulfur-doped TiO₂ photocatalysts hybridized with graphitic carbon nitride. *Applied Catalysis B: Environmental*, 142, 362-367.
- Liu, G., Wang, L., Yang, H. G., Cheng, H. M., & Lu, G. Q. M. (2010). Titania-based photocatalysts—crystal growth, doping and heterostructuring. *Journal of Materials Chemistry*, 20(5), 831-843.

Malato, S., Fernández-Ibáñez, P., Maldonado, M. I., Blanco, J., & Gernjak, W. (2009). Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends. *Catalysis today*, 147(1), 1-59.

Ohno, T., Akiyoshi, M., Umebayashi, T., Asai, K., Mitsui, T., & Matsumura, M. (2004). Preparation of S-doped TiO₂ photocatalysts and their photocatalytic activities under visible light. *Applied Catalysis A: General*, 265(1), 115-121.

Ola, O., & Maroto-Valer, M. M. (2015). Review of material design and reactor engineering on TiO₂ photocatalysis for CO₂ reduction. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 24, 16-42./**

Ola, O., & Maroto-Valer, M. M. (2015). Transition metal oxide based TiO₂ nanoparticles for visible light induced CO₂ photoreduction. *Applied Catalysis A: General*, 502, 114-121.

Sahu, M., & Biswas, P. (2011). Single-step processing of copper-doped titania nanomaterials in a flame aerosol reactor. *Nanoscale research letters*, 6, 1-14.

Santos, T. G. D., Silva, R. S. R. D., Costa, F. G. D., & Sousa, D. D. A. (2023). ATR-FTIR and UV-Vis as techniques for methanol analysis in biodiesel-washing wastewater. *Química Nova*, 46, 698-705.

Xue, L. M., Zhang, F. H., Fan, H. J., & Bai, X. F. (2011). Preparation of C doped TiO₂ photocatalysts and their photocatalytic reduction of carbon dioxide. *Advanced Materials Research*, 183, 1842-1846

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA MAKİNE ÖĞRENMESİ ÇÖZÜMLERİ

EMEL OKKALI

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği ABD,
zedzedloy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4214-6270

Özet

Makine öğrenmesi teknolojileri, günümüzde birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle güvenlik ve izleme sistemleri gibi kritik uygulamalarda, geleneksel metotlara göre daha etkili ve yenilikçi çözümler sunma potansiyeline sahiptirler.

İnsansız hava araçlarının (İHA) gelişiminde de makine öğrenmesi etkin bir şekilde kullanılabilmektedir. İHA'lar tarımdan güvenliğe, araştırmadan arama kurtarma operasyonlarına kadar geniş bir alanda fayda sağlamaktadır. Ancak İHA teknolojisinin sunduğu avantajların yanı sıra gizlilik, güvenlik ve emniyet konularında ortaya çıkan endişeler, bu teknolojilerin kullanımını karmaşıktırmaktadır.

Bu çalışma, insansız hava araçlarının (İHA) geniş kullanım alanları yanında güvenlik ve gizlilik ile ilgili endişeleri ele almakta, bu endişeleri ortadan kaldıracak olan modern makine öğrenimi teknolojilerini incelemektedir. İHA'ların RF sinyalleri üzerinden tespit edilmesi ve tanımlanması amacıyla geliştirilen araştırma, bu teknolojilerin nasıl daha etkin kullanılabileceğini göstermektedir.

Araştırma kapsamında, farklı modellerde çalışan İHA'lardan toplanan RF sinyallerini içeren bir veri seti kullanılmıştır. Veri toplama süreci, çeşitli model ve markalardaki İHA'ların operasyonları boyunca gerçekleştirilmiş olup elde edilen veriler yeni tespit ve tanımlama yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla araştırmacılara sunulmuştur.

Radyo frekans sinyallerinin analizi için KNeighborsClassifier, RandomForestClassifier, DecisionTreeClassifier gibi makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak İHA tanımlama başarısı değerlendirilmiştir. Bu algoritmaların sonuçları, modelin performansını ve güvenilirliğini ölçmekte temel teşkil etmektedir.

Çalışma makine öğrenimi modellerinin, farklı drone tiplerini ve operasyonel modlarını etkili bir şekilde tespit edebileceğini göstermiştir. Drone teknolojilerinin hızla geliştiği ve geniş bir uygulama alanı bulduğu göz önüne alındığında bu tür çalışmaların güvenlik, izleme ve navigasyon gibi alanlarda önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenimi, İnsansız Hava Araçları (İHA), İHA Tespiti, Radyo Frekans (RF) Sinyalleri, Randomforestclassifier, Kneighborsclassifier, Decisiontreeclassifier

MACHINE LEARNING SOLUTIONS IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract

Machine learning technologies are effectively used in many different fields today, offering more effective and innovative solutions compared to traditional methods, particularly in critical applications like security and monitoring systems.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) also extensively utilize machine learning in their development. UAVs are beneficial in a wide range of areas, from agriculture to security, and from research to search and rescue operations. However, alongside the advantages offered by UAV technology, concerns regarding privacy, security, and safety complicate the use of these technologies.

This study employs modern machine learning technology to address the concerns related to security and privacy alongside the broad applications of unmanned aerial vehicles (UAVs). The research, developed for the detection and identification of UAVs through RF signals, demonstrates how these technologies can be used more effectively.

The research utilizes a dataset containing RF signals collected from UAVs of different models. The data collection process was conducted during operations of various models and brands of UAVs, and the data obtained has been provided to researchers for the development of new detection and identification methods.

Machine learning algorithms such as KNeighborsClassifier, RandomForestClassifier, and DecisionTreeClassifier were used to analyze radio frequency signals and evaluate the success of UAV identification. The results of these algorithms are fundamental in measuring the performance and reliability of the model.

The study shows that machine learning models can effectively detect different types of drones and operational modes. Considering the rapid development and wide application of drone technologies, such studies are expected to make significant contributions in areas like security, monitoring, and navigation.

Keywords: Machine Learning, Unmanned Aerial Vehicles (Uavs), UAV Detection, Radio Frequency (RF) Signals, Randomforestclassifier, Kneighborsclassifier, Decisiontreeclassifier

1. GİRİŞ

Son yıllarda insansız hava araçları (İHA'lar), çeşitli uygulama alanları ve yüksek teknoloji kapasiteleriyle dikkat çekmektedir. Güvenlikten tarıma, araştırmadan kurtarma operasyonlarına kadar geniş bir yelpazede kullanılan İHA'lar, bu alanlarda önemli katkılar sunmaktadır. Ancak bu ilerlemeler aynı zamanda güvenlik, gizlilik ve emniyet gibi kritik konularda yeni zorlukları da beraberinde getirmektedir. İHA'ların kullanımı arttıkça bu sistemlerin izinsiz veya kötü niyetli kullanımlarının önlenmesi, verilerin korunması ve operasyonel güvenliğin sağlanması daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu çalışma, İHA'ların radyo frekans (RF) sinyalleri üzerinden tespit edilmesi ve tanımlanması üzerine odaklanmaktadır. RF sinyalleri, İHA'ların kontrol sistemleri ve iletişim ağları tarafından sürekli olarak yayılmakta olup bu sinyallerin analizi, İHA'ların doğru bir şekilde tespit edilmesi ve kimliklerinin belirlenmesi için kritik öneme sahiptir. Çalışma kapsamında, bu sinyallerin toplanması, işlenmesi ve analizi için çeşitli makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır. Bu algoritmalar arasında KNeighborsClassifier, RandomForestClassifier ve DecisionTreeClassifier yer almaktadır; her biri, İHA tespiti için özgün avantajlar sunmakta ve belirli zorlukları aşmada farklı yaklaşımlar sergilemektedir.

Algoritmaların performansı, F1 skoru, doğruluk, geri çağırma (recall) ve kesinlik (precision) metrikleri üzerinden değerlendirilmektedir. Bu metrikler, alınan sonuçların ne kadar güvenilir olduğunu ve modelin İHA tanımlama süreçlerinde ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek doğruluk oranları ve F1 skorları, bu tekniklerin İHA'ları etkili bir şekilde tespit edebildiğini ve tanımlayabildiğini belirtmektedir. Bu başarı, İHA'larla ilgili güvenlik ve gizlilik endişelerine yönelik çözümlerin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma, İHA teknolojisinin getirdiği güvenlik ve gizlilik endişelerine etkili çözümler sunmayı hedeflemektedir. Makine öğrenimi algoritmalarının kullanımı, İHA tespit ve tanımlama süreçlerini önemli ölçüde iyileştirebilir ve bu alanda yeni bir dönemi başlatabilir. Araştırmanın sonuçları hem akademik literatüre katkıda bulunmakta hem de İHA teknolojilerinin daha güvenli ve verimli bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu gelişmeler, ileri araştırmalara ve daha yenilikçi çözümlerin keşfedilmesine yol açacak potansiyel taşımaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada radyo frekans (RF) sinyalleri üzerinden yüksek doğrulukta drone algılama ve tanımlama yapabilme hedeflenmiştir.

Güvenlik, gizlilik, altyapı koruması gibi alanlarda drone'ların nasıl kullanılabileceğini ortaya koymak için drone'lardan alınan radyo frekans (RF) sinyalleriyle oluşturulan veri tabanı çeşitli makine öğrenimi modelleri ile işlenmiştir ve İnsansız hava aracı (İHA) tanımlama süreçleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, farklı makine öğrenimi modellerinin İHA tespit ve tanımlama başarıları karşılaştırılarak en etkili yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1. Veri Toplama

2.1.1. Veri Kaynakları

Çalışmada drone tespit ve tanımlama uygulamaları için laboratuvar ortamında üretilmiş açık kaynaklı bir veri setini kullanılmaktadır (Allahham et al., 2019). Veri seti oluşturulurken Şekil 1’de görüldüğü gibi Bebop AR ve Phantom gibi yaygın olarak kullanılan drone’lar tercih edilmiştir.



Şekil 1: Bebop AR ve Phantom marka drone’lar

Bu drone’ların, belirli operasyonel özelliklere ve RF sinyal yayılım kapasitelerine sahip olması bu araştırmada tercih edilmesini sağlamıştır.

RF sinyalleri ise İHA’ların operasyonel çevresinde özel olarak kurulan Şekil 2’deki RF alıcıları tarafından toplanmıştır.



Şekil 2: NI USRP-2943R RF receiver (National Instruments, 2019)

2.1.2. Veri Toplama Süreçleri

Sinyal toplama işlemi İHA'ların aktif olduğu ve çevresel etkileşimde bulundukları çeşitli ortamlarda gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler İHA'ların farklı uçuş modlarına özgü RF sinyallerini içermektedir. Bu modlar:

- **Kapalı (Off):** Drone'un tamamen kapalı olduğu, hiçbir elektronik aktivitenin olmadığı durumu ifade eder. Bu modda, drone operasyonel değildir.
- **Açık (On):** Drone'un açık olduğu ancak henüz uçuş moduna geçmemiş olduğu durumu belirtir. Bu durumda, drone enerjilendirilmiştir ve muhtemelen bazı temel fonksiyonları çalıştırabilir ancak hareket hâlinde değildir.
- **Bağlı (Connected):** Drone'un kontrol cihazı veya uçuş kontrol sistemi ile aktif bir bağlantısının olduğu durumu ifade eder. Bu mod, drone'un komut almak üzere hazır olduğunu ve pilot ile iletişim hâlinde olduğunu gösterir.
- **Süzülme (Hovering):** Drone'un havada sabit bir yükseklikte durduğu, ileri veya geri bir hareket yapmadan belirli bir noktada asılı kaldığı uçuş modudur.
- **Uçuş (Flying):** Drone'un aktif bir şekilde uçtuğu, hareket ettiği durumu belirtir. Bu mod, drone'un belirlenen bir rota üzerinde veya serbestçe manevra yaparak uçtuğu anlamına gelir.
- **Video Kaydı:** Drone'un video kaydı yaptığı moddur. Bu durum, drone'un üzerindeki kameraların aktif olduğu ve çevresini kaydettiği anlamına gelir.

Tablo1'de görüldüğü üzere toplamda 227 adet RF sinyal segmenti oluşmuştur (Allahham et al., 2019). Bu segmentler, İHA'ların çeşitli operasyonel durumlarında alınmıştır ve her segment, İHA'nın o anki durumunu yansıtan zengin bilgi setleri içermektedir.

Tablo 1: Drone RF Veri Tabanının Her Drone Tipi için Ham Örneklerinin ve Segmentlerinin Sayısı

Drone Type	Segments	Samples	Ratio
Bepop	84	1,680 x 10 ⁶	37.00%
AR	81	1,620 x 10 ⁶	35.68%
Phantom	21	420 x 10 ⁶	9.25%
No Drone	41	820 x 10 ⁶	18.06%

Toplamda 454 RF sinyal kaydı bulunan veri seti, her bir kaydında 1 milyon örnek barındırmaktadır. Ek olarak, veri seti, drone'ların olmadığı durumlarda toplanan arka plan aktivitelerini de içerir; bu durum, gürültünün azaltılmasına ve sınıflandırma ile tespit sonuçlarının doğruluğunun artırılmasına katkı sağlar.

Veri setinin dağılımı göz önüne alındığında, drone kayıtları toplam veri setinin yaklaşık %82'sini oluştururken, kalan %18,06'lık kısım drone içermeyen örneklerden meydana gelmektedir. Bu "drone içermeyen" veriler, çevresel ve arka plan RF aktivitelerini kapsayarak, sistemin gürültüye karşı dayanıklılığını önemli ölçüde artırır. Veri seti, drone'ların tespit edilmesini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda kullanılan drone'ların marka ve tipinin sınıflandırılmasına olanak tanır. Bu özellik, RF sinyallerinin analiz edilmesiyle farklı drone tipleri ve modları arasındaki ayırt edici özelliklerin belirlenmesine imkân verir.

2.2. Makine Öğrenimi Modelleri ve Algoritmaları

Makine öğrenmesi, bilgisayarların insan müdahalesi olmadan deneyimlerden öğrenme ve bu bilgileri kullanarak yeni ve bilinmeyen veriler üzerinde tahminler yapma yeteneği kazanmalarını sağlayan bir yapay zekâ alt dalıdır. Bu disiplin, özellikle büyük veri setlerinden karmaşık desenler ve ilişkiler çıkararak bu bilgileri çeşitli problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Temel makine öğrenimi tipleri

arasında gözetimli öğrenme, gözetimsiz öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme bulunmaktadır (Jordan & Mitchell, 2015).

- **Gözetimli Öğrenme (Supervised Learning):** Gözetimli öğrenme, eğitim verilerinin her örneğinin bir "etiket" veya "hedef" ile birlikte gelmesi gereken bir makine öğrenme türüdür. Model, bu etiketlenmiş verileri kullanarak girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi öğrenir ve bu bilgiyi yeni verileri tahmin etmek için kullanır.
- **Gözetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning):** Gözetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş veriler üzerinde çalışır. Bu yaklaşımda model, verilerdeki gizli yapıları veya desenleri keşfetmeye çalışır. Etiket veya sınıf bilgisi verilmez; model, veri kümesindeki ilişkileri veya gruplamaları kendi başına belirlemelidir.
- **Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning):** Pekiştirmeli öğrenme, bir ajanın çevresiyle etkileşimde bulunarak hangi eylemlerin daha yüksek ödül getirdiğini öğrenmeye çalıştığı bir öğrenme türüdür. Ajan, deneme yanılma yoluyla en iyi stratejiyi veya politikayı geliştirmeye çalışır.

Her bir öğrenme türü, yapay zekânın farklı problemleri çözme biçimlerini ve kullanıldıkları özel uygulama alanlarını yansıtarak makine öğrenimi disiplininin zenginliğini ve çeşitliliğini ortaya koyar. İHA'lardan alınan radyo frekans (RF) sinyallerini kullanarak, drone'ların algılanması ve tanımlanması gibi belirli görevleri yerine getirmeyi amaçlayan çalışmada gözetimli öğrenme yöntemi kullanılmıştır.

Bu yöntemin tercih edilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir:

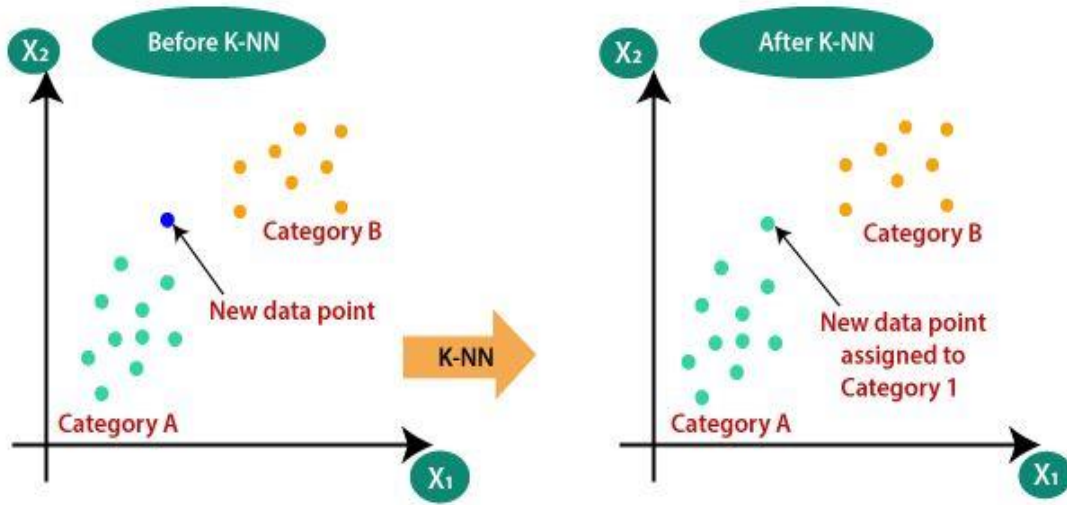
- ✓ **Etiketli Veri:** RF sinyalleri gibi sensör verileri, belirli etiketlerle (örneğin drone modları veya türleri gibi) işaretlenmiştir, bu da modelin bu etiketlere göre sınıflandırma yapmasını sağlar.
- ✓ **Yüksek Doğruluk:** Gözetimli öğrenme modelleri, eğitim verilerine dayanarak yüksek doğrulukta tahminlerde bulunabilir, bu da güvenlik gibi hassas uygulamalar için önemlidir.
- ✓ **Özellik Mühendisliği:** Gözetimli öğrenme, özellik mühendisliği ve seçimi sayesinde daha karmaşık veri setlerinden önemli bilgiler çıkarmayı mümkün kılar.

Çalışmamızda gözetimli öğrenme algoritmalarından KNeighborsClassifier (K-En Yakın Komşu-KNN), RandomForestClassifier (Rastgele Orman-RF), ve DecisionTreeClassifier (Karar Ağacı-CART) modelleri kullanılmıştır.

2.2.1. KNeighborsClassifier (K-En Yakın Komşu-KNN)

Gözetimli öğrenme kategorisinde yer alan ve sınıflandırma görevlerinde kullanılan temel bir yöntemdir. Bu model, bir veri noktasının hangi kategoriye ait olduğunu belirlemek amacıyla, en yakın 'K' komşusunu baz alır ve bu komşuların sınıflarına göre çoğunluk oylama yöntemiyle karar verir (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2009).

KNN algoritması, veri setindeki her bir noktayı temsil eden özellikler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için genellikle Öklid mesafesi kullanır. Algoritma, Şekil 3'te olduğu gibi belirlenen bir 'K' sayısı için, sınıflandırılmak üzere olan noktaya en yakın 'K' komşuyu bulur. Bu komşuların hangi sınıflara ait olduğuna bakar ve en sık rastlanan sınıfı yeni noktanın sınıfı olarak atar. Bu yöntem, özellikle küçük ve orta ölçekli veri setleri için etkili ve anlaşılması kolay bir yöntemdir.



Şekil 3: K-En Yakın Komşu algoritmasının sınıflandırılması (Khilar et al., 2022)

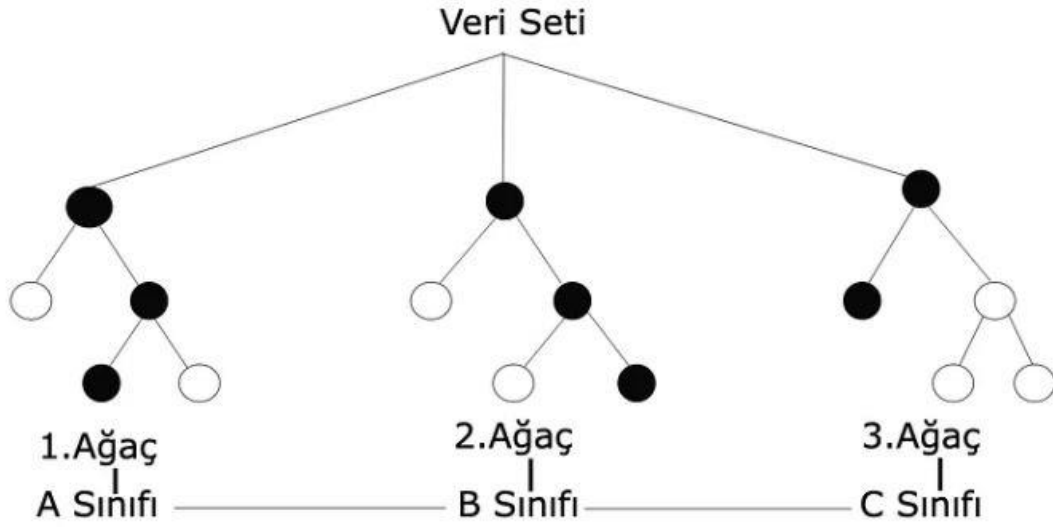
KNN, birçok farklı alanda uygulanabilir. Örnekler arasında finansal sahtekarlık tespiti, hastalık teşhisi ve müşteri segmentasyonu bulunmaktadır. Algoritmanın başarısı, uygun 'K' değerinin seçilmesine ve verilerin doğru bir şekilde normalleştirilmesine bağlıdır.

2.2.2. Random Forest Classifier (Rastgele Orman-RF)

Random Forest Classifier (Rastgele Orman-RF), birçok karar ağacının birleşiminden oluşan bir topluluk öğrenme algoritmasıdır ve sınıflandırma ile regresyon görevlerinde yaygın olarak kullanılır. Bu yöntem, Leo Breiman ve Adele Cutler tarafından geliştirilmiştir ve modelin tahminlerinin doğruluğunu ve kararlılığını artırmak için tasarlanmıştır (Breiman, 2001).

Random Forest, birden fazla karar ağacı oluşturarak çalışır ve her bir ağacın tahminini birleştirerek son kararı verir. Bu süreç şu adımları içerir:

- **Bootstrap Aggregating (Bagging):** Eğitim veri setinden rastgele, tekrarlı örneklem alma işlemi ile birçok alt kümeler oluşturulur. Her bir alt küme, bir karar ağacının eğitim seti olarak kullanılır.
- **Karar Ağacı Eğitimi:** Her bir alt küme için bir karar ağacı bağımsız olarak eğitilir. Ağaçların her bir düğümünde, rastgele seçilen özellikler alt kümesi üzerinden en iyi bölünme (split) bulunmaya çalışılır. Bu süreç, ağaçların birbirinden farklı olmasını ve overfitting'i azaltmayı sağlar.
- **Tahminlerin Birleştirilmesi:** Sınıflandırma için, oluşturulan tüm ağaçların tahminleri arasında çoğunluk oyunu ile karar verilir; yani en çok tekrarlanan etiket nihai tahmin olarak belirlenir. Regresyon durumunda ise çıktılar ortalaması alınır. Şekil 4'te bu algoritmanın çalışma yapısı görülmektedir.



Şekil 4: Rastgele Orman algoritmasının sınıflandırılması (Tafralı, 2022)

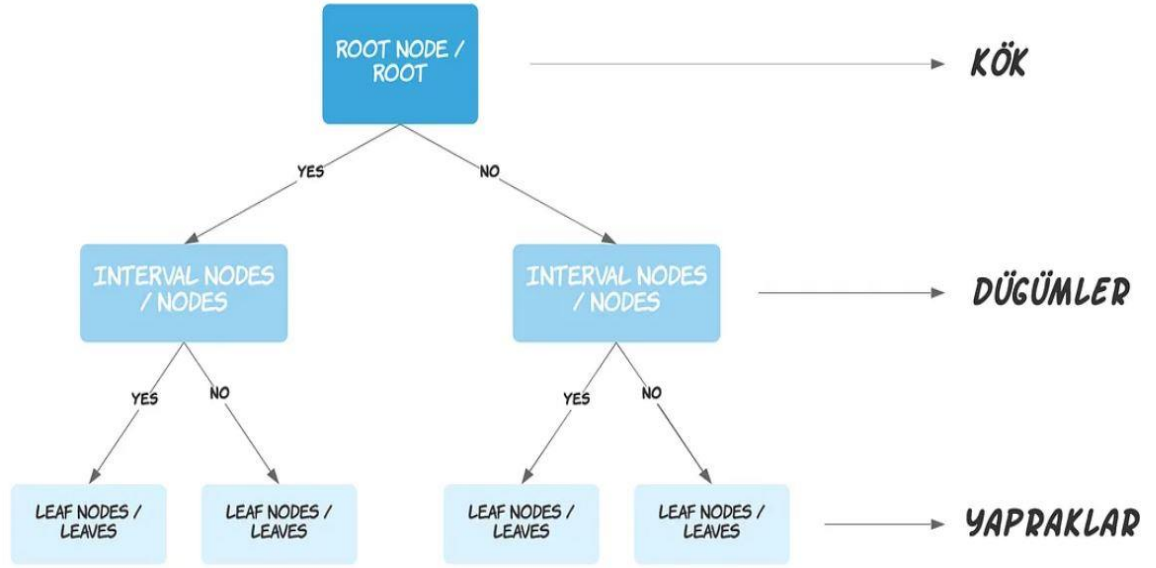
Random Forest, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Finans sektöründe kredi riski değerlendirmeleri, biyoenformatikte gen ifade sınıflandırmaları, e-ticarete müşteri tercih analizleri ve tıpta hastalık teşhisi gibi çeşitli alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

2.2.3. DecisionTreeClassifier (Karar Ağacı-CART)

Decision Tree Classifier (Karar Ağacı-CART), hem sınıflandırma hem de regresyon problemleri için kullanılan gözetimli bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, verileri belirli kurallara göre bölerek bir ağaç yapısı oluşturur ve her dal, veriyi daha homojen alt gruplara ayırır. Karar ağacı, verilerin özelliklerine dayalı olarak kararlar alır ve bu kararları hiyerarşik bir yapıda organize eder (Quinlan, 1986).

CART algoritması, veri setini özellik değerlerine göre dallara ayırarak çalışır. Her bir iç düğüm, bir özellik üzerinde bir koşul içerir, her dal ise bu koşulun sonucunu temsil eder. Yaprak düğümler, nihai sınıfları veya değerleri içerir. Karar ağacının çalışma yapısı şu şekildedir:

- **Kök Düğüm:** Ağaçtaki en üst düğümdür ve veri setinin tamamını temsil eder. Kök düğüm, veri setindeki en iyi bölmeyi sağlayan özellik üzerine kurulur.
- **İç Düğümler:** Her iç düğüm, veriyi daha homojen alt gruplara ayıran bir bölme kriterine dayanır. Bu bölme, belirli bir özelliğin değeri üzerinden yapılır.
- **Yaprak Düğümler:** İç düğümlerin bölünemediği son noktalar olup, sınıf etiketlerini veya tahmin değerlerini içerir. Her yaprak düğüm, veri setinin belirli bir bölümünü temsil eder. Şekil 5'te bu algoritmanın çalışma yapısı görülmektedir.



Şekil 5: Karar Ağacı algoritmasının sınıflandırılması (Akca, 2020)

CART algoritması, Gini indeksini veya bilgi kazancını (entropy) kullanarak veri setini bölmek için en iyi özelliği seçer. Gini indeksi, bir düğümdeki örneklerin saflaşma derecesini ölçer ve düşük Gini indeksi, daha iyi bölmeyi gösterir. Bilgi kazancı ise, bir düğümdeki bilgi miktarını ölçer ve yüksek bilgi kazancı daha iyi bölmeyi temsil eder.

Karar ağaçları, kredi riski değerlendirme, müşteri segmentasyonu, tıbbi teşhis ve karar destek sistemleri gibi birçok alanda kullanılır. Bu algoritma, özellikle karmaşık karar süreçlerini basit ve anlaşılır kurallara dönüştürmek için idealdir.

2.3. Değerlendirme Metrikleri

Bu çalışmada, drone'ların tespiti ve tanımlanmasında kullanılan makine öğrenimi modellerinin performansını değerlendirmek için dört temel metrik kullanılmıştır. Bunlar:

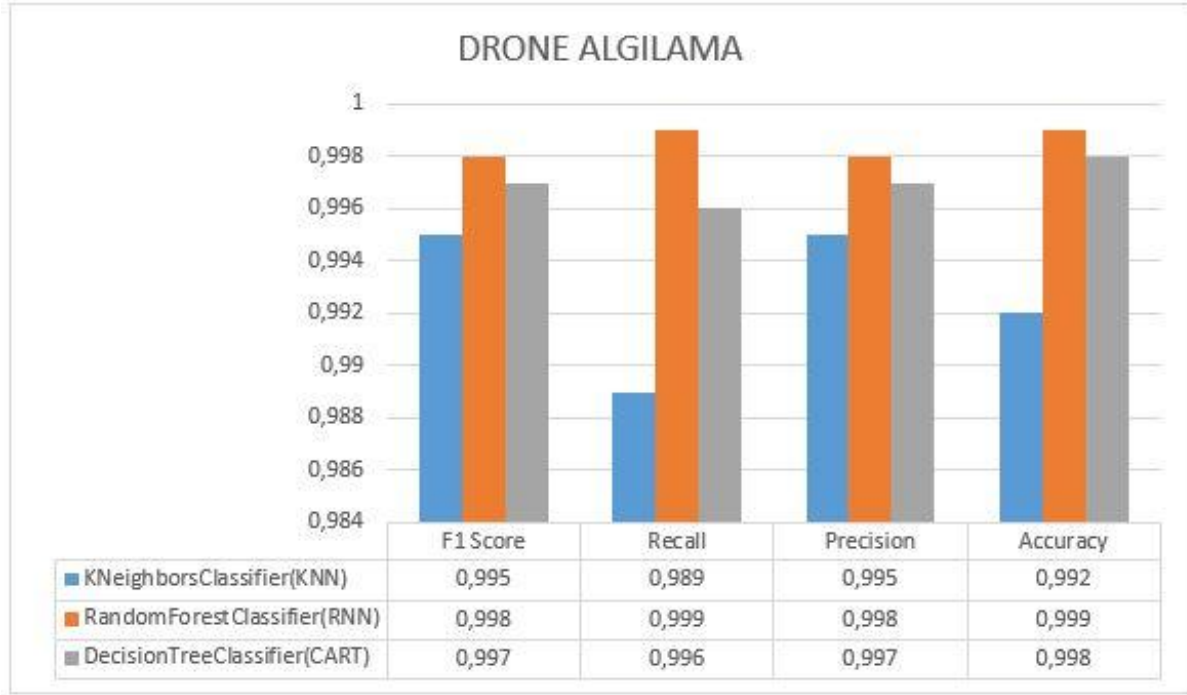
- ❖ **Hatırlama (Recall):** Hatırlama, gerçek pozitif örneklerin ne kadarının doğru olarak pozitif tahmin edildiğini ölçer. Yani modelin gerçekte pozitif olan verileri ne kadar doğru bir şekilde tespit ettiğini gösterir. Bu metrik, özellikle yanlış negatif sonuçların maliyetinin yüksek olduğu durumlarda önemlidir.
- ❖ **Hassasiyet (Precision):** Hassasiyet, pozitif olarak tahmin edilen örnekler arasında gerçekten pozitif olanların oranını ölçer. Modelin, pozitif tahminlerinin ne kadar doğru olduğunu gösterir. Bu metrik, özellikle yanlış pozitif sonuçların maliyetinin yüksek olduğu durumlarda kritiktir.
- ❖ **Doğruluk (Accuracy):** Doğruluk, tüm tahminlerin ne kadarının doğru olduğunu ölçer. Modelin genel performansını gösterir ve doğru tahminlerin oranını belirler. Ancak veri setinde sınıf dengesizliği varsa bu metrik yanıltıcı olabilir.
- ❖ **F1 Skoru:** F1 Skoru, hassasiyet ve hatırlamanın harmonik ortalamasıdır ve bu iki metriğin dengeli bir kombinasyonunu sağlar. Bu metrik hem yanlış pozitiflerin hem de yanlış negatiflerin önem taşıdığı durumlarda kullanışlıdır. F1 Skoru, modelin genel performansını belirlemek için ideal bir ölçüttür.

Bu metrikler, modelin etkinliğini ve doğruluğunu ölçmek için kritik öneme sahiptir.

3. SONUÇ VE BULGULAR

Bu çalışmada, İHA'ların radyo frekans (RF) sinyalleri kullanılarak algılanması ve tanımlanması amacıyla farklı makine öğrenimi modellerinin performansları değerlendirildi. Kullanılan KNeighborsClassifier (KNN), RandomForestClassifier (RF) ve DecisionTreeClassifier (CART) algoritmalarının her biri F1 skoru, hatırlama, hassasiyet ve doğruluk metrikleri ile test edilmiştir. Modellerin genel performansları, drone tespitinde oldukça yüksek doğruluk oranlarına ulaşmış olup, drone modlarının ve türlerinin sınıflandırılmasında ise daha çeşitli sonuçlar elde edilmiştir.

3.1. Drone Algılama

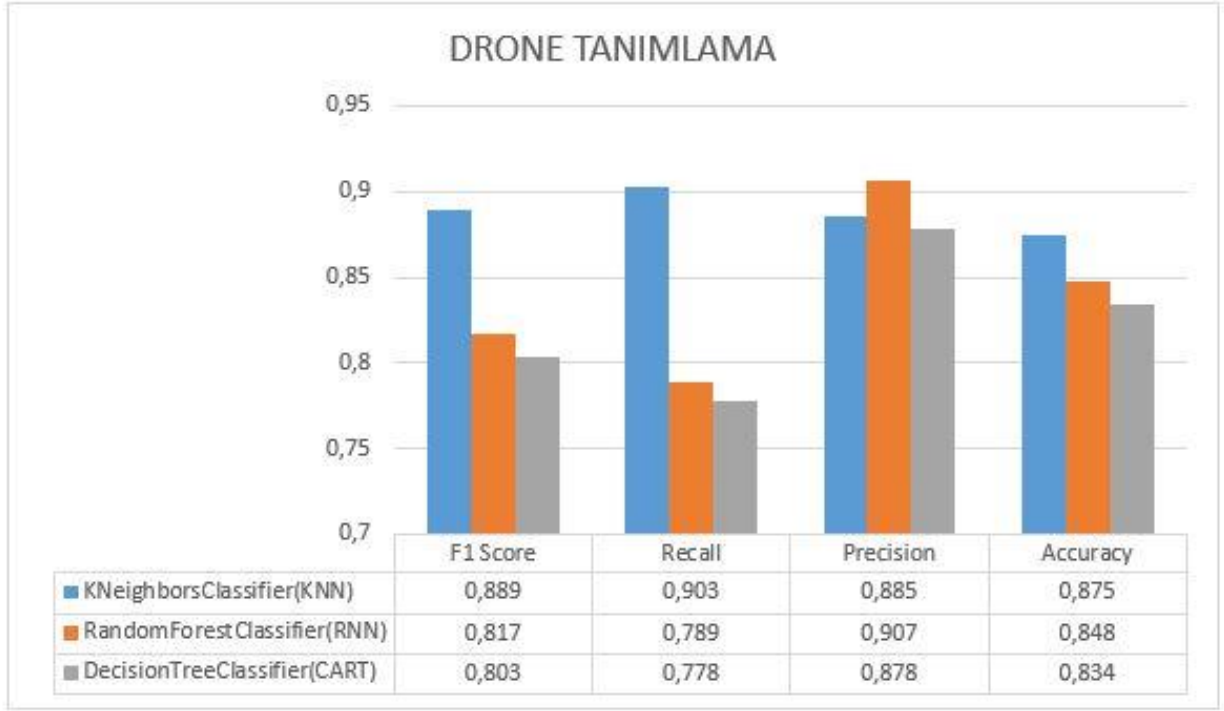


Şekil 6: Drone algılama sonuçları

Şekil 6’da görüldüğü üzere KNN modeli, genel olarak yüksek performans göstermiştir. Tüm metriklerde elde edilen değerler, modelin drone tespiti ve tanımlaması konusunda oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. F1 skoru, hatırlama ve hassasiyet değerlerinin yüksekliği, modelin doğru pozitif ve doğru negatif tahminlerinde yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

RF modeli de benzer şekilde yüksek performans sergilemiştir. Özellikle hatırlama ve hassasiyet değerlerinin tam olması, modelin neredeyse tüm pozitif örnekleri doğru şekilde tanımlayabildiğini göstermektedir. Bu, drone tespiti ve tanımlaması için oldukça güvenilir bir model olduğunu işaret eder. CART modeli, diğer modellerle kıyaslandığında benzer performans göstermektedir. Tüm metriklerde elde edilen yüksek değerler, bu modelin de drone tespiti ve tanımlamasında etkili olduğunu kanıtlamaktadır.

3.2. Drone Tanımlama



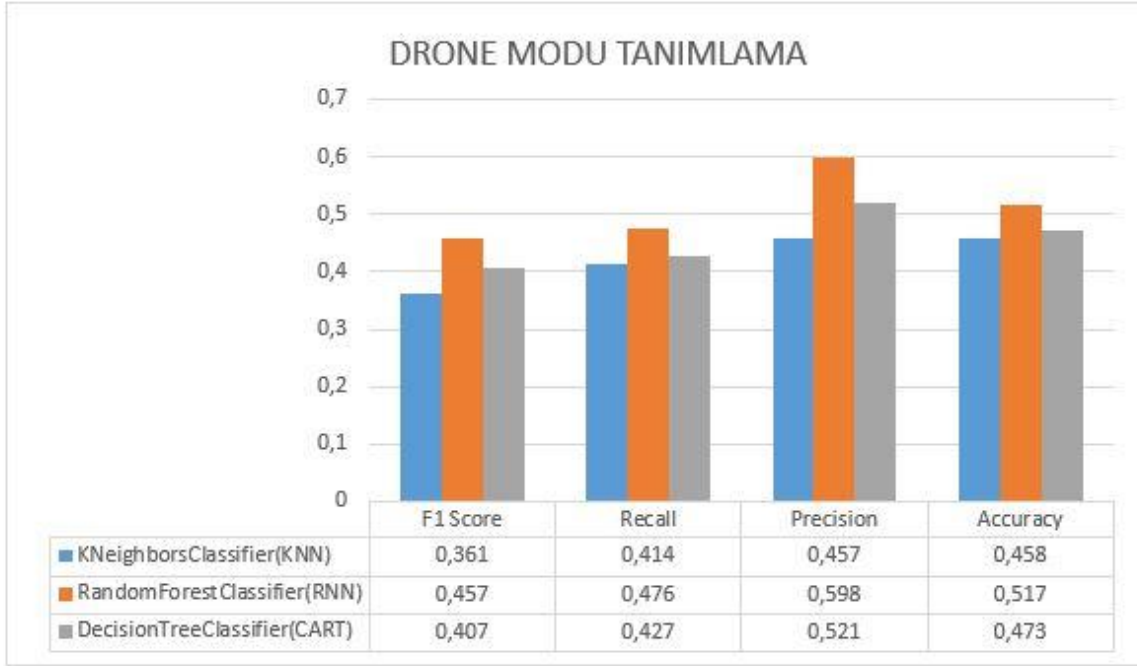
Şekil 7: Drone tanımlama sonuçları

Şekil 7’de görüldüğü gibi drone marka, model tanımlamasında KNN modeli, drone tanımlama görevinde genel olarak iyi bir performans sergilemiştir. Hatırlama değeri 0.90, modelin yüksek doğrulukla pozitif örnekleri tanımlayabildiğini göstermektedir. Hassasiyet ve F1 skoru da yüksek olup modelin doğru pozitif oranını ve tahmin gücünü işaret etmektedir. Ancak doğruluk değeri diğer metriklerle göre biraz daha düşüktür, bu da modelin bazı yanlış pozitif veya negatif tahminlerde bulunabileceğini gösterir.

RF modeli, hatırlama metriğinde biraz daha düşük bir performans sergilemiştir. Ancak hassasiyet değeri 0.90 ile oldukça yüksektir, bu da modelin doğru pozitif tahminlerde başarılı olduğunu gösterir. F1 skoru 0.81 ve doğruluk değeri 0.84, modelin genel performansının makul düzeyde olduğunu ancak KNN modeline göre biraz daha düşük olduğunu göstermektedir.

CART modeli, diğer modellerle kıyaslandığında benzer bir performans göstermiştir. Hatırlama ve hassasiyet değerleri sırasıyla 0.77 ve 0.87 olup modelin pozitif örnekleri tanımlamada makul bir başarıya sahip olduğunu gösterir. F1 skoru 0.80 ve doğruluk değeri 0.83, modelin genel performansının diğer modellere göre biraz daha düşük olduğunu göstermektedir.

3.3. Drone Modu Algılama



Şekil 8: Drone modu tanımlama sonuçları

Şekil 8’de olduğu gibi drone’ların çeşitli uçuş modlarını (Kapalı, Açık, Bağlı, Süzülme, Uçuş, Video Kaydı) tanımlamada KNN modeli, drone modu tanımlama görevinde beklenenin altında bir performans sergilemiştir. Hatırlama değeri 0.41, modelin pozitif örnekleri tanımlamadaki doğruluğunun düşük olduğunu göstermektedir. Hassasiyet ve F1 skoru da oldukça düşük olup modelin genel olarak pozitif ve negatif tahminlerde başarısız olduğunu işaret etmektedir. Doğruluk değeri ise 0.45 olup modelin doğru tahmin oranının düşük olduğunu göstermektedir.

RF modeli, KNN modeline kıyasla biraz daha iyi bir performans göstermiştir. Hatırlama metriği 0.47 olup modelin pozitif örnekleri tanımlamada nispeten daha iyi olduğunu göstermektedir. Hassasiyet değeri 0.59, modelin doğru pozitif tahminlerde KNN modeline göre daha başarılı olduğunu göstermektedir. F1 skoru 0.45 ve doğruluk değeri 0.51, modelin genel performansının KNN modeline göre daha iyi ancak hala düşük olduğunu işaret etmektedir.

CART modeli, KNN ve RF modellerine kıyasla orta seviyede bir performans göstermiştir. Hatırlama metriği 0.42 olup modelin pozitif örnekleri tanımlamadaki doğruluğunun düşük olduğunu göstermektedir. Hassasiyet değeri 0.52, modelin doğru pozitif tahminlerde nispeten daha başarılı olduğunu işaret etmektedir. F1 skoru 0.40 ve doğruluk değeri 0.47, modelin genel performansının diğer iki modelden düşük olduğunu göstermektedir.

3.4. Sonuç Tartışma Uygulama ve İyileştirme Önerileri

Drone tanımlama görevinde, KNN modeli genel olarak en yüksek performansı göstermiştir. Özellikle hatırlama ve F1 skorunda elde edilen yüksek değerler, modelin doğru pozitif ve negatif tahminlerde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. RF modeli, hassasiyet açısından en yüksek değeri elde etmiş olup doğru pozitif tahminlerde başarılı olduğunu işaret etmektedir. CART modeli ise genel olarak makul bir performans sergilemiştir ancak diğer modellere kıyasla biraz daha düşük sonuçlar elde etmiştir.

Bu analiz, drone tanımlama görevinde makine öğrenimi modellerinin etkinliğini ve güvenilirliğini ortaya koymaktadır. KNN modeli, bu görevde en dengeli ve yüksek performansı sergileyen model olarak öne çıkmaktadır. Modellerin performans metrikleri, doğru model seçimi ve optimizasyonu için kritik bilgiler sağlamaktadır. Bu bulgular, drone tanımlama görevlerinde makine öğrenimi modellerinin optimize edilerek güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Drone modu tanımlama görevinde ise tüm modellerin performansı beklentilerin altında kalmıştır. RF modeli, özellikle hassasiyet metriğinde diğer modellerden daha iyi performans göstermiş olsa da genel olarak tüm metriklerde elde edilen düşük değerler, bu modellerin drone modu tanımlamada yetersiz kaldığını göstermektedir. KNN modeli, tüm metriklerde en düşük performansı sergileyen model olmuştur.

Drone tanımlama ve mod tanımlama gibi daha karmaşık görevlerde, modelin genellemesi ve doğruluğunu artırmak için derin öğrenme algoritmaları veya ensemble modeller gibi yöntemler kullanılabilir.

KAYNAKÇA

Allahham, M. S., Al-Sa'd, M. F., Al-Ali, A., Mohamed, A., Khattab, T., & Erbad, A. (2019). Dronerf dataset: A dataset of drones for RF-based detection, classification and identification. Data in Brief, 26, Article 104313. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104313>

National Instruments. (2019). USRP Software Defined Radio Reconfigurable Device. <http://www.ni.com/en-lb/shop/select/usrpsoftware-defined-radio-reconfigurable-device>

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science, 349(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer Series in Statistics.

Khilar, R., Krishna, B. T., Usha, S., Chakrapani, I. S., Ali, A. R. H., & Saravanakumar, C. (2022, December). Analyzing the Occurrence of Stroke using Machine Learning-A comparative Study on Supervised Learning Models. In 2022 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKES) (pp. 1-6). IEEE

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Tafralı, S. (2022, Haziran 6). Yapay öğrenme: Rastgele orman. Medium. <https://medium.com/machine-learning-t%C3%BCrkiye/yapay-%C3%B6%C4%9Frenme-rastgele-orman-e8debd886e7>

Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. Machine Learning, 1(1), 81-106. <https://doi.org/10.1023/A:1022643204877>

Akca, M. F. (2020, September 7). Karar ağaçları: Makine öğrenmesi serisi 3. Medium. <https://medium.com/deep-learning-turkiye/karar-a%C4%9Fa%C3%A7lar%C4%B1-makine-%C3%B6%C4%9Frenmesi-serisi-3-a03f3ff00ba5>

EKSENEL BASINÇ ETKİSİNDEKİ ÇELİK T-PROFİLLERİN TASARIMI

İnşaat Mühendisi MAHMOD BEKDASH

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
mahmutpektas1@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5123-2002

Prof. Dr. SEVAL PINARBAŞI ÇUHADAROĞLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
seval.pinarbasi@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9658-2487

Özet

Çoğu zaman I- veya H-kesitli hadde profillerinden kesilerek üretilen çelik T-profiller, pek çok farklı yapısal taşıyıcı sistemde ana, yardımcı ya da ara bağlantı elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; çelik T-profillerin eksenel basınç etkisi altındaki temel sınır durumlarını tanımlayarak, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik”’in (ÇYTHYEEY) tanımlanan sınır durumları, bu tür elemanların tasarım esaslarına nasıl dahil ettiğini ortaya koymak ve ÇYTHYEEY’deki tasarım esaslarını kullanarak Türkiye’de yaygın şekilde kullanılan HEA profillerden elde edilen yarım HEA kesitli T-profillerin farklı boylardaki tasarım basınç kuvveti dayanımlarını hesaplayıp pratik bir tasarım tablosunda sunmaktır. Bu amaçla çalışmada ilk olarak, eksenel basınç kuvveti etkisi altındaki T-profillerde gözlenen akma, eğilmeli burkulma, eğilmeli burulmalı burkma ve yerel gövde/başlık burkulması sınır durumları ele alınmış; bu sınır durumların ÇYTHYEEY’de tasarıma nasıl dahil edildiği irdelenmiştir. Ardından, tipik bir T-profilin ÇYTHYEEY’ye göre tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımının nasıl hesaplanacağı adım adım gösterilmiş; benzer hesaplar farklı kesit ve burkulma boylarına sahip yarım HEA profiller için tekrarlanarak elde edilen dayanımlar tablolaştırılmıştır. Çalışmada, profil numarası 500’e eşit veya daha küçük olan HEA profillerden elde edilen T-profillerin eksenel basınç etkisi altındaki davranışlarının burkulma boyunun nispeten küçük olduğu durumlarda eğilmeli burulmalı burkulma, orta veya büyük olduğu durumlarda ise eğilmeli burkulma sınır durumu tarafından belirlendiği; profil numarası 500’den büyük olan HEA profillerden elde edilen T-profillerin ise basınç davranışlarında belirleyici olan genel burkulma sınır durumunun, burkulma boyundan bağımsız olarak, eğilmeli-burulmalı burkulma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Eksenel Basınç, 1/2HEA Profil, Tasarım Basınç Kuvveti Dayanımı, T-Profil, Yük Ve Dayanım Katsayılarına Göre Tasarım

DESIGN OF STRUCTURAL STEEL TEES UNDER AXIAL COMPRESSION

Abstract

Typically produced by cutting steel hot-rolled I- or H-shapes, structural tees are widely used in different load resisting systems as primary/secondary members or connecting elements. The aim of this study is to define the fundamental limit states for structural steel tees under axial compression, to reveal how the "Specification for Design and Construction of Steel Structures (SDCSS)" incorporates these limit states into their design principles, and to calculate and tabulate the design compressive strengths of tees produced by splitting different European HEA shapes widely used in Turkey for various buckling lengths. For this purpose, the limit states of yielding, flexural buckling, flexural torsional buckling and local web/flange buckling are defined and how these limit states are incorporated into SDCSS is summarized first. Afterwards, the calculation of the design compressive strength for a typical structural tee based on the design principles defined in SDCSS is showed step by step and similar calculations are conducted to determine and present in a tabular form the design strengths of structural tees produced from different HEA shapes for different buckling lengths. In the study, it is found that the compressive behavior of tees cut from HEA shapes with profile numbers not exceeding 500 is governed by flexural

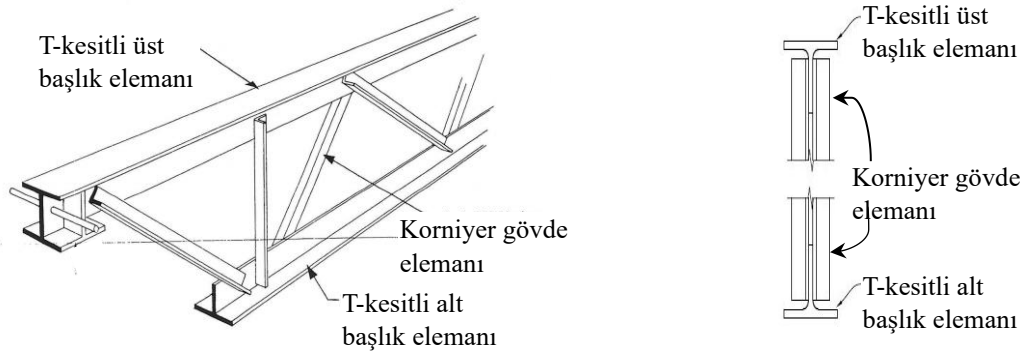
torsional buckling limit state unless their buckling lengths are relatively small, in which case the governing limit state becomes flexural buckling. On the other hand, regardless of the buckling lengths, the governing global buckling limit state is found to be flexural torsional buckling for larger tees.

Keywords: Specification For Design and Construction Of Steel Structures, Axial Compression, 1/2HEA-Shape, Design Compressive Strength, Structural Tee, Load And Resistance Factor Design

1. GİRİŞ

Doğal olarak sahip olduğu yüksek süneklik ve yüksek dayanım gibi üstün özellikleri, yapısal çeliği son dönemlerde diğer yapı malzemelerinin arasında ön plana çıkartmaktadır. Yapısal çelik taşıyıcı sistemlerin, Türkiye gibi deprem kuşakları üzerinde yer alan ülkelerde inşa edilen yapılarda daha yaygın şekilde kullanıldığı, günümüz dünyasında hızla artan gökdelenlerin ve büyük açıklık geçen köprülerin vazgeçilmez unsurları haline geldiği görülmektedir.

Yapısal çelik taşıyıcı elemanlar denince ilk akla gelen profiller her ne kadar I- veya H-kesitli hadde profiller olsa da, T-kesitli hadde profiller de farklı çelik taşıyıcı sistemlerde değişik görevlerde kullanılan temel taşıyıcı elemanlar arasındadır. Kafes sistemlerin üst ve alt başlıklarında çekme ve basınç elemanları olarak kullanılan T profiller (Şekil), çaprazlı çerçevelerde merkezi veya dışmerkez çapraz (Şekil), kısa açıklık geçen kompozit köprülerde kiriş (Şekil), bağlantılarda başlık, alın, bayrak veya kayma levhası gibi ara elemanlar (Şekil) olarak kullanılabilir.



Şekil 1: T-profillerin kaynaklı kafes kirişlerde alt ve üst başlık elemanları olarak kullanımı (URL-1, 2024) (Aghayere & Vigil, 2020)



Şekil 2: T-profillerin çelik bir köprüde çapraz elemanları olarak kullanımı (URL-2, 2024)



(a)

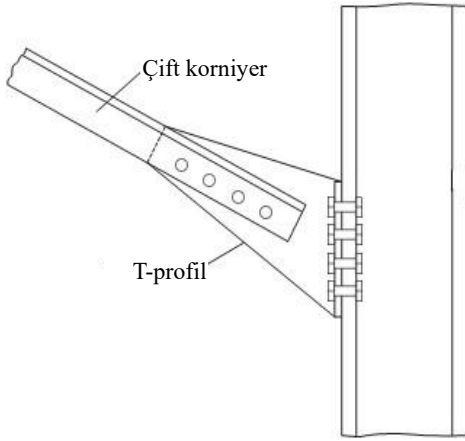


(b)

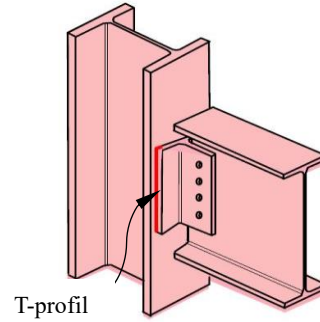
Şekil 3: T-profillerin kısa açıklı kompozit köprü sistemlerde kiriş olarak kullanımı (a) Kompozit Çelik T-Profilli Beton Tabliyelı Köprü Sistemi (Naito, Hendricks, Sause, & Cercione, 2021) (b) Precobeam kompozit köprü sistemi (Lorenc, Seidl, & Berthelley, 2022)



(a)



(b)



(c)

Şekil 4: T-profillerin bağlantılarda ara eleman olarak kullanımı (a) moment aktaran bir birleşimde başlık/alın levhası (Huang, Wang, Chen, & Wang, 2018) (b) çapraz birleşiminde bayrak levhası (McCormac & Cserna, 2012) (c) kiriş-kolon birleşiminde kayma levhası (Astaneh-Asl, 2005)

T-kesitli çelik bir profilin üretim aşamaları Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekilden de fark edilebileceği gibi T-profiller, sıcak haddelenmiş I- veya H-profillerin gövdelerinden kesilmesiyle üretilmektedirler. Kesim işleminin ortadan yapılması durumunda, iki eş T-profil elde edilir. Ülkemizde T-profiller, kesildikleri profillerin isimlerine atıf yapılarak (örnek olarak, 1/2HEA700) isimlendirilmektedir. Amerikan T-profillerinde de benzer bir isimlendirme kullanıldığı (örnek olarak, WT24×55) bilinmektedir (Segui, 2018).



(a)



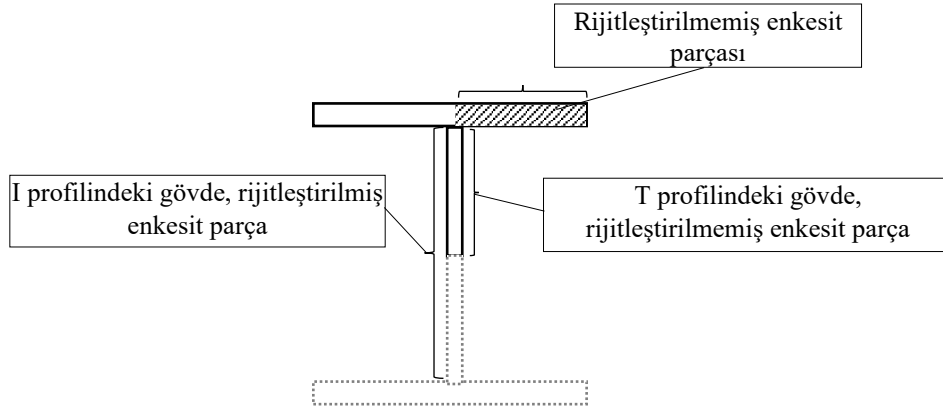
(b)



(c)

Şekil 5: 1/2HE1000×438 profilinin üretimi (a) Kesim öncesi (b) Kesim esnasında (c) Kesim sonrası (Ikäheimonen, ve diğerleri, 2013)

T-kesitli çelik profillerin tasarımı, uygulamada nispeten daha fazla kullanılan I- veya H-kesitli profillerin tasarımına kıyasla çoğu zaman daha karmaşık hesaplar içerir. Bunun belki de en önemli nedeni, T-kesitli profillerin tek simetri eksenli ve açık kesitli olmaları ve kayma merkezleri ile geometrik merkezlerinin çakışmamasıdır. Bu nedenle burulma, özellikle basınç ve/veya eğilme etkisindeki T-profillerin davranışlarını belirleyen en temel kesit zorlarından biri haline gelebilmekte, eğilmeli burulmalı burkulma gibi burulma içeren farklı genel burkulma modlarının T-profillerin tasarımında göz önünde bulundurulması gerekebilmektedir. T-kesitli profillerle, I- veya H-kesitli profillerin arasındaki bir diğer fark da, I- veya H- kesitli profillerin gövdelerinin yüke paralel olan kenarlarının her ikisinden de başlıklar tarafından tutulmaları nedeniyle “rijitleştirilmiş” enkesit parçaları olarak sınıflandırılmaları; buna karşın, T-kesitli profillerin gövdelerinin kenarlarının yalnız birinden tutulmaları nedeniyle “rijitleştirilmemiş” enkesit parçaları olarak sınıflandırılmalarıdır (**Şekil**). Bu nedenledir ki, T-kesitli profillerin basınç ve/veya eğilme etkisindeki davranışını belirleyen sınır durumlardan biri olabilen yerel gövde burkulması, T-profillerin tasarımlarında mutlaka dikkate alınmalıdır.



Şekil 6: Tipik bir T-profilin enkesit parçaları ile üretildiği H-profilin enkesit parçalarının yerel burkulma sınır durumu açısından kıyaslanması

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin güncel çelik tasarım yönetmeliği olan "Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik"te (ÇYTHY, 2018) tanımlanan tasarım esaslarını temel alarak, T-kesitli çelik yapı elemanlarının aksel basınç elemanları olarak kullanılabilirlik durumunda, hangi tasarım esaslarına tabi olduklarını ortaya koymak ve yönetmelikte verilen tasarım denklemlerini kullanarak tipik bir T-profilin mevcut dayanımının nasıl hesaplanacağını adım adım göstermektir. Hesaplarda, yönetmelikte tanımlanan iki yöntemden biri olan Yük ve Dayanım Katsayılarına göre Tasarım (YDKT) yöntemi kullanılacaktır. Ayrıca, tipik eleman için yapılan tasarım hesaplarının, farklı burkulma boylarına ve kesitlere sahip elemanlar için tekrarlanması suretiyle, Türkiye'de çelik tasarım yapan mimar ve mühendisler için kolaylık sağlayacak örnek bir tasarım tablosunun oluşturulması da hedeflenmektedir. Bu amaçla çalışmada ilk olarak, aksel basınç etkisi altındaki T-profillerde gözlenen temel sınır durumlardan bahsedilmiştir. Ardından, bu tür profillerin dayanım hesapları için ÇYTHY'de tanımlanan tasarım esasları ve denklemleri sunulmuş; tasarım esaslarının uygulamasına örnek teşkil etmesi amacıyla, her iki burkulma düzleminde de burkulma boyu 3 metre olan 1/2HEA900 enkesitli bir T-profilin tasarım basınç kuvveti dayanımının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. Son olarak, ülkemizde yaygın şekilde kullanılan HEA profillerden kesilerek üretilen T-kesitli profillerin farklı burkulma boylarındaki dayanımları hesaplanıp tablolanmış; tablolanan değerler kıyaslanarak burkulma boyunun ve profil enkesitinin incelenen T-profillerin basınç dayanımları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. T-PROFİLLERİN EKSENEL BASINÇ ETKİSİ ALTINDAKİ TEMEL SINIR DURUMLARI

T-profiller aksel basınç etkisi altında akarak ya da burkularak sınır durumlarına ulaşırlar. Burkulma sınır durumları, eleman narinliğinden (genel burkulma) kaynaklanabileceği gibi, kesit narinliğinden (yerel burkulma) de kaynaklanabilmektedir.

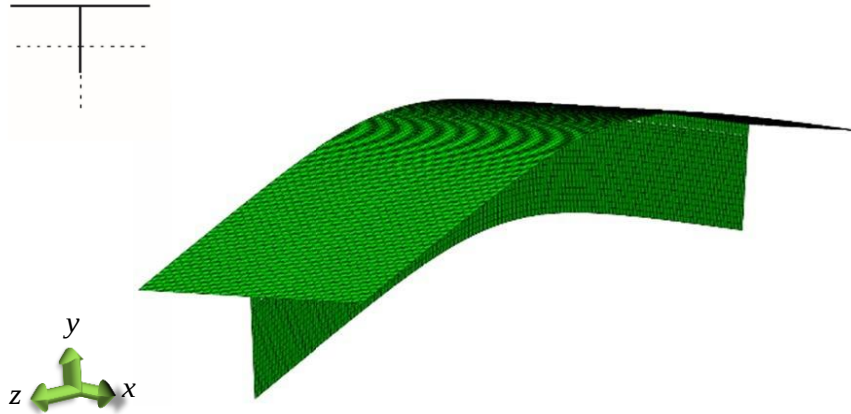
2.1. Akma

T-kesitli çelik bir profilin basınç etkisi altında akma sınır durumuna ulaşabilmesi için; boyunun oldukça kısa, enkesitini oluşturan parçaların genişlik/kalınlık oranlarının da oldukça küçük olması gerekmektedir. Çoğu mühendislik uygulamasında, eleman veya enkesit narinlikleri nispeten yüksek olduğundan akma, T-kesitli çelik profillerin basınç davranışını kontrol eden bir sınır durum olarak gözlenmemektedir.

2.2. Genel Burkulma

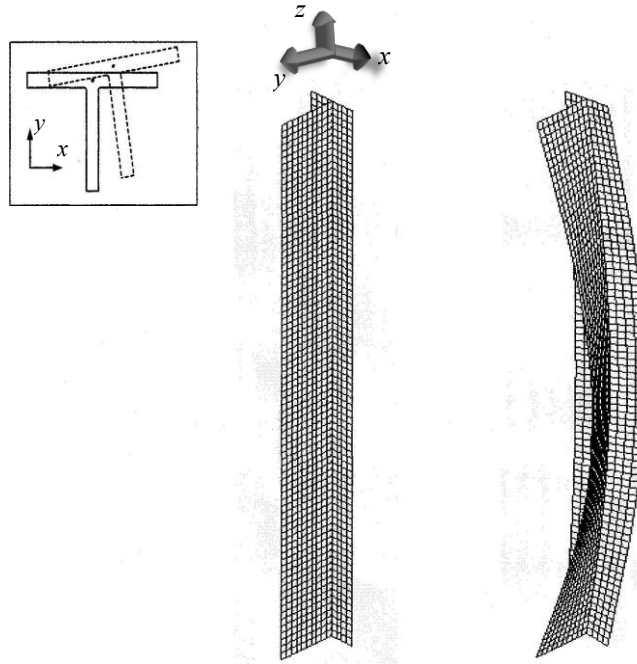
Basınç etkisi altındaki T-profiller, sınır durumlarına iki farklı genel burkulma moduyla ulaşabilir: (i) eğilmeli burkulma, (ii) eğilmeli burulmalı burkulma. Eğilmeli burkulma, aksel basınç kuvveti etkisi altında olan, enkesitinde en az bir simetri eksenine sahip çelik yapı elemanlarında gözlenen sınır durumlardan biri olup; bu burkulma modunda eleman ilgili asal eksen etrafında eğilerek burkulur. Buna karşın, kesitinde en fazla bir simetri eksenine bulunan çelik yapı elemanlarında gözlenen eğilmeli burulmalı burkulma modunda, elemanın eğilerek burkulurken aynı zamanda burulduğu da gözlenir.

T-profillerde eğilmeli burkulma, Şekil 7’de gösterildiği gibi başlıklara paralel olan asal eksen (x eksen) etrafında meydana gelir. Bunun en önemli nedeni, x -ekseni etrafındaki burkulma esnasında oluşan kesme kuvvetinin, kesitin kayma merkezinden geçiyor olmasıdır. Bu durumda, eğilerek burkulurken elemenda burulma gözlenmez.



Şekil 7: Tipik bir T-profilin simetri eksenine dik eksen etrafında eğilmeli burkulması (Li, Fafard, & Boissonnade, 2022)

Diğer taraftan, simetri eksenini olan y eksenine göre burkulmada, burkulma esnasında oluşan kesme kuvveti, enkesitin kayma merkezinden geçmediğinden, Şekil 8’de görüldüğü gibi, eğilerek burkulmaya burulma da eşlik eder.

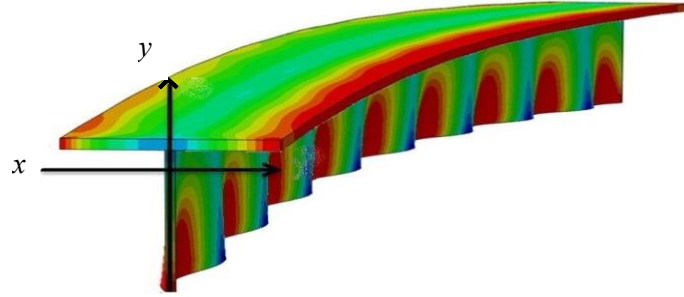


Şekil 1: Tipik bir T-profilin simetri eksen etrafında eğilmeli burulmalı burkulması (Lee, 2003)

2.3. Yerel Burkulma

Basınç etkisi altında kalan bir T-profilde bütün enkesit parçaları basınca maruz kaldığından, hem başlık hem de gövdenin yerel burkulması profilin davranışını sınırlandırabilir. Şekil 6’da gösterildiği gibi, bir T-profilin gövdesi tıpkı başlıkları gibi “rijitleştirilmemiş” enkesit parçası olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle, kompakt gövdeli bir I-/H-profil gövdesinin ortasından kesildiğinde, her ne kadar gövde uzunluğu yarıya düşmüş olsa da, yani, narinliği %50 azalmış olsa da, yüke paralel kenarlarından birini destekleyecek bir başlığa sahip olmaması nedeniyle çok daha küçük yüklerde burkulabilir. Gövdenin yerel burkulma davranışında gözlenen bu değişiklik, basınç/eğilme etkisindeki T-profillerin tasarımına

mutlaka dahil edilmelidir. Genel olarak, gövde kalınlıklarının başlık kalınlıklarına kıyasla daha küçük olması sebebiyle, T-profillerde yerel burkulma, Şekil 9’da gösterildiği gibi, gövdede gözlenmektedir.



Şekil 9: Eksenel basınç etkisi altındaki tipik bir T-profilin gövdesinde gözlenen yerel burkulma (Taras, Kugler, & Unterweger, 2017)

3. EKSENEL BASINÇ ETKİSİNDEKİ T-PROFİLLERİN ÇYTHYEEY (2018)’DE TANIMLANAN TASARIM ESASLARI

Bu bölümde eksenel basınç kuvveti etkisi altındaki T-profillerin, ÇYTHYEEY (2018)’de tanımlanan tasarım esasları ve kuralları özetlenecektir.

3.1. Enkesit Sınıflandırması

Eksenel basınç etkisi altındaki çelik bir yapı elemanının yerel burkulma sınır durumu açısından değerlendirilebilmesi için, ilk olarak enkesitinin sınıflandırılması gerekmektedir. ÇYTHYEEY (2018)’e göre, bir basınç elemanının enkesit sınıflandırması için, enkesiti oluşturan parçaların genişlik/kalınlık oranları (b/t oranları), yani narinlikleri (λ), yönetmelikte Tablo 5.1A’da verilen ilgili sınır narinliklerle (λ_r) karşılaştırılmalıdır. Enkesiti oluşturan parçalarından en az birinin narinliği, sınır narinlik değerinden büyük olan, yani, enkesit parçalarından en az biri “narin” olan kesitler “narin enkesit” olarak sınıflandırılmaktadır. Elemanın “narin olmayan enkesit”li olabilmesi için, hiçbir parçasının narin olmaması gerekmektedir.

T-profillerin başlık narinliği λ_f , yarım başlık genişliği $b_f/2$ ’nin başlık kalınlığı t_f ’ye oranından; gövde narinliği λ_w ise kesit derinliği d ’nin gövde kalınlığı t_w ’ya oranından hesaplanır;

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} \quad (1)$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w} \quad (2)$$

Denklem (1) ve (2)’den elde edilen narinlik oranları, ÇYTHYEEY (2018)’de Tablo 5.1A’da rijitleştirilmemiş enkesit parçaları için tanımlanan bölümde başlık parçaları için birinci durumda (Denklem (3)), gövde parçası için ise dördüncü durumda (Denklem (4)) tanımlanan sınır narinlik değerleriyle (sırasıyla, λ_{rf} ve λ_{rw}) kıyaslanmalıdır;

$$\lambda_{rf} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3)$$

$$\lambda_{rw} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4)’te, E ve F_y yapısal çelik malzemenin, sırasıyla elastisite modülü (200 GPa) ve karakteristik akma gerilmesidir.

3.2. Karakteristik Eksenel Basınç Kuvveti Dayanımı

ÇYTHYEEY (2018)’e göre, eksenel basınç etkisindeki çelik bir yapı elemanının karakteristik dayanımı, elemanın olası bütün genel ve yerel burkulma sınır durumları dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Yerel burkulmanın bir sınır durum olmadığı, yani enkesiti narin olmayan T-profillerin karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı P_n , kritik burkulma gerilmesi F_{cr} ile kayıpsız enkesit alan A_g 'nin çarpımından hesaplanmalıdır;

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (5)$$

Kritik gerilme F_{cr} , Denklem (6) veya (7)'den uygun olan kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \quad \text{için} \quad F_{cr} = \left(0,658 \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \right) F_y \quad (6)$$

$$\frac{F_y}{F_e} > 2,25 \quad \text{için} \quad F_{cr} = 0,877 F_e \quad (7)$$

Denklem (6) veya (7)'de, elastik burkulma gerilmesi F_e , elemanın genel burkulma sınır durumuna bağlı olup, eğilmeli burkulma sınır durumu için Denklem (8)'de verilen eşitlikten hesaplanmalıdır;

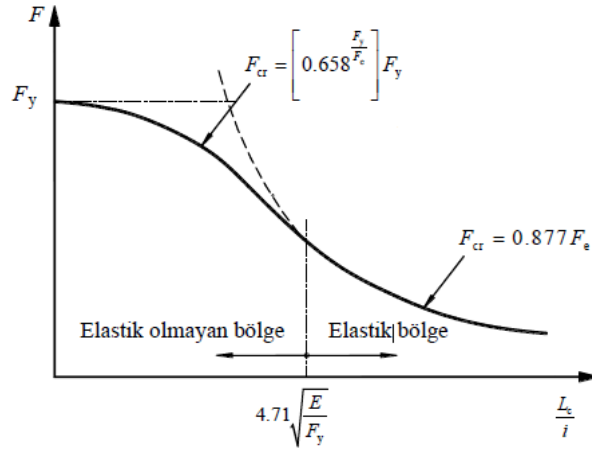
$$F_e = F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(L_{cx} / i_x)^2} \quad (8)$$

Denklem (8)'de L_{cx}/i_x , T-profilin x eksenini (yani, simetri eksenine dik eksen) etrafında eğilmeli burkulma sınır durumu için narinlik oranı olup, profilin x eksenini etrafındaki etkin burkulma boyu (L_{cx}) aynı eksene göre atalet yarıçapına (i_x) oranlanarak hesaplanır. Eğilmeli burkulma sınır durumunda kritik burkulma gerilmesinin, elemanın narinliğine (L_{cx}/i_x oranına) bağlı olarak değişimi Şekil 10 Şekil 'de gösterilmiştir.

Şekilden de fark edilebileceği gibi, eleman narinliği sınır değer olan $4,71 \sqrt{E / F_y}$ değerinden büyükse burkulma elastik, küçükse elastik olmayan bölgede gerçekleşmektedir.

Eğilmeli burkulmalı burkulma sınır durumu için elastik burkulma gerilmesi, Denklem (9)'da verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (9)$$



Şekil 10: Eğilmeli burkulma sınır durumu için kritik burkulma gerilmesinin eleman narinliği ile değişimi (ÇYTHYU Uygulama Kılavuzu, 2017)

Denklem (9)'da;

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(L_{ey} / i_y)^2} \quad (10)$$

$$F_{ez} = \frac{GJ}{A_g i_o^2} \quad (11)$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{i}_o^2} \quad (12)$$

olarak tanımlanmaktadır. Denklem (10)'da L_{cy} profilin y eksenini (yani, simetri eksenini) etrafındaki eğilmeli burkulma boyu, i_y ise aynı eksene göre atalet yarıçapıdır. Denklem (11)'de, G yapısal çelik malzemenin kayma modülü (77,2 GPa) ve J burulma sabitidir. Denklem (11) ve Denklem (12)'de $\bar{i}_o$, profilin kayma merkezine göre kutupsal atalet yarıçapı olup, Denklem (13) kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$\bar{i}_o = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}} \quad (13)$$

Denklem (13)'te x_o ve y_o , profil enkesitinin kayma merkezinin geometrik merkezine göre koordinatları, I_x ve I_y profilin asal x ve y eksenlerine göre atalet momentleridir.

Denklem (10) ve Denklem (11)'den fark edilebileceği gibi, F_{ey} ve F_{ez} sırasıyla y eksenini etrafında eğilmeli burkulma ve z eksenini etrafında burulmalı burkulma sınır durumlarına karşılık gelen elastik burkulma gerilmeleri olup, her iki sınır durum da aksel basınç etkisindeki T profillerde ayrı ayrı gözlenmediğinden, dayanım hesabına doğrudan katılmamaktadır.

Enkesitleri narin olmayan T-enkesitli basınç elemanlarının karakteristik dayanımı hesaplanırken, x eksenine etrafında eğilmeli burkulma ile y eksenini etrafında eğilmeli ve z eksenini etrafında burulmalı burkulma (yani, eğilmeli burulmalı burkulma) sınır durumu için F_{cr} ayrı ayrı hesaplanmalı; Denklem (5)'ten elde edilen iki değerden küçüğü, profilin karakteristik dayanımı olarak alınmalıdır. Diğer bir deyişle, profilin olası genel burkulma sınır durumlarından hangisine ilk önce ulaşacağı belirlenip, o sınır durum için hesaplanan dayanım, karakteristik dayanım olarak alınmalıdır.

Eksel basınç kuvveti etkisi altındaki davranışları açısından narin enkesitli elemanların narin olmayan enkesitli elemanlardan en önemli farkı, yerel burkulmanın genel burkulmadan önce gözlenmesidir. ÇYTHY (2018), yerel burkulmanın eleman dayanımına etkisini, "etkin genişlik" yöntemiyle tasarımı dahil etmektedir. Bu yöntemde, elemanın narin olarak sınıflandırılmış enkesit parçalarının etkin genişlikleri belirlenip, etkin enkesit alanı A_e hesaplanır. Profilin karakteristik aksel basınç kuvveti dayanımı, kritik gerilme ile etkin enkesit alanının çarpımından hesaplanmalıdır;

$$P_n = F_{cr} A_e \quad (14)$$

Denklem (14)'te F_{cr} , enkesiti narin olmayan elemanlardaki gibi Denklem (6) ve Denklem (7)'de tanımlanan bağlantılardan uygun olan kullanılarak hesaplanmalıdır. A_e ise kayıpsız enkesit alan A_g 'den enkesitin narin parçalarının etkin olmayan alanları çıkartılarak belirlenmelidir;

$$A_e = A_g - \sum (b - b_e) t \quad (15)$$

Denklem (15)'te b ve b_e , enkesitin narin olarak sınıflandırılan her bir parçasının sırasıyla kayıpsız ve etkin genişlikleri, t ise aynı enkesit parçasının kalınlığıdır. Denklem (15)'te b_e , narin enkesit parçasının b/t oranı (λ) ile profilin karakteristik akma dayanımının kritik burkulma gerilmesine oranına (F_y/F_{cr}) bağlı olup, Denklem (16) veya (17)'deki eşitliklerden uygun olan kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$\lambda < \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad \text{için} \quad b_e = b \quad (16)$$

$$\lambda > \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad \text{için} \quad b_e = b \left(1 - c_1 \sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \right) \sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \quad (17)$$

Denklem (16) ve Denklem (17)'deki λ_r değeri, etkin genişlik hesabı başlık için yapılıyorsa Denklem (3), gövde için yapılıyorsa Denklem (4) kullanılarak hesaplanmalıdır. Denklem (17)'deki F_{el} , etkin genişliği hesaplanan narin enkesit parçasının yerel elastik burkulma gerilmesi olup, Denklem (18)'de tanımlanan bağıntı kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$F_{el} = \left(c_2 \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 F_y \quad (18)$$

Denklem (17) ve Denklem (18)'deki c_1 ve c_2 katsayıları, etkin genişlik hata düzeltme katsayıları olup; rijitleştirilmemiş enkesit parçaları için değerleri ÇYTHYEEY (2018)'de Tablo 8.2'de $c_1=0,22$ ve $c_2=1,49$ olarak verilmektedir.

4. ÖRNEK BİR T-PROFİLİN TASARIM EKSENEL BASINÇ KUVVET DAYANIMININ HESAPLANMASI

Bu bölümde, S235 ($F_y=235$ MPa) çeliğinden üretilmiş, eğilmeli burkulma boyları $L_{cx}=L_{cy}=L_c=3$ m olan, 1/2HEA900 enkesitli bir T-profilin eksenel basınç kuvveti dayanımının hesabı adım adım anlatılacaktır. Dayanım hesabında, ÇYTHYEEY (2018)'de Bölüm 5'te tanımlanan iki tasarım yaklaşımından biri olan Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yaklaşımı kullanılacaktır. Bu tasarım yaklaşımında yapısal güvenlik koşulu, elemanın tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı P_d 'nin, gerekli eksenel basınç kuvveti dayanımı P_u 'dan küçük olmadığı durumlarda sağlanır. P_d , karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı P_n ile dayanım katsayısının ϕ_c çarpımından elde edilir:

$$P_d = \phi_c P_n \quad (19)$$

ÇYTHYEEY (2018)'de ϕ_c , olası bütün sınır durumlar için 0,9 olarak tanımlanmıştır.

Seçilen 1/2HEA900 profilinin, dayanım hesaplarında ihtiyaç duyulan enkesit özellikleri (URL-3, 2023) Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'de y_g , profilinin başlığının üstünden enkesitin geometrik merkezine olan mesafedir.

Tablo 1: 1/2HEA900 profilinin enkesit boyutları ile temel enkesit özellikleri

1/2HEA900										
Enkesit Boyutları					Enkesit Özellikleri					
d	b	t_w	t_f	A_g	I_x	i_x	I_y	i_y	J	y_g
mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴	mm	mm ⁴	mm	mm ⁴	mm
445	300	16	30	16000	287100000	134	67700000	65	3700000	107,7

Denklem (1) ve Denklem (2) kullanılarak, 1/2HEA900 profilinin başlık ve gövde narinlikleri (sırasıyla, λ_f ve λ_w);

$$\lambda_f = \frac{300}{2 \times 30} = 5,00 \text{ ve } \lambda_w = \frac{445}{16} = 27,8$$

olarak hesaplanabilir. Hesaplanan narinlikler, Denklem (3) ve Denklem (4)'te tanımlanan sınır narinliklerle kıyaslandığında;

$$\lambda_f = 5,00 < \lambda_{rf} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{235}} = 16,3 \text{ ve } \lambda_w = 27,8 > \lambda_{rw} = 0,75 \sqrt{\frac{200000}{235}} = 21,9$$

olduğundan, 1/2HEA900 profilinin başlıklarının narin olmadığı, ancak gövdesinin narin olduğu sonucuna varılır. Buradan, profilin yerel gövde burkulması sınır durumuna, akma sınır durumundan önce ulaşacağı; bu nedenle, dayanım hesabında profilin kayıpsız enkesit alanı yerine etkin enkesit alanının kullanılması gerekebileceği fark edilebilir. Ancak, enkesitin etkin alanı kritik burkulma gerilmesine bağlı olduğundan, dayanım hesabında ilk olarak, F_{cr} hesaplanmalıdır.

1/2HEA900 profilinin x ekseninde eğilmeli burkulma sınır durumundaki elastik burkulma gerilmesi F_{ex} , Denklem (8) kullanılarak hesaplanabilir;

$$F_e = F_{ex} = \frac{\pi^2 \times 200000}{(3000 / 134)^2} = 3940 \text{ MPa}$$

$F_y / F_e = 235 / 3940 = 0,0596 < 2,25$ olduğundan, eğilmeli burkulma sınır durumu için kritik burkulma gerilmesi (F_{cr}), Denklem (6)'da verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmalıdır;

$$F_{cr} = [0,658^{0,0596}] \times 235 = 229 \text{ MPa}$$

F_{cr} hesabının ardından, etkin enkesit alanı hesabı yapılabilir. Profili oluşturan enkesit parçalarından yalnız gövdenin narin olarak sınıflandırıldığı ve gövde narinliğinin ($\lambda_w=27,8$), Denklem (16) veya (17)'de tanımlanan sınır narinlik değeri olan

$$\lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} = 21,9 \times \sqrt{\frac{235}{229}} = 22,2$$

değerinden büyük olduğu göz önünde bulundurulduğunda, gövdenin etkin genişliğinin Denklem (17)'deki bağıntı kullanılarak hesaplanması gerektiği fark edilebilir. Bu adımda, profilin gövdesinin yerel elastik burkulma gerilmesinin hesaplanması faydalı olacaktır. Profilin gövdesi için, $c_1=0,22$ ve $c_2=1,49$ alınarak ve Denklem (18)'de tanımlanan bağıntı kullanılarak, yerel elastik burkulma gerilmesi (F_{el}),

$$F_{el} = \left(1,49 \times \frac{21,9}{27,8}\right)^2 \times 235 = 324 \text{ MPa}$$

olarak hesaplanır. Buradan, gövdenin etkin genişliği (d_e), Denklem (17) kullanılarak,

$$d_e = 445 \times \left(1 - 0,22 \times \sqrt{\frac{324}{229}}\right) \times \sqrt{\frac{324}{229}} = 391 \text{ mm}$$

olarak elde edilir. Profilin etkin alanı, kayıpsız alanından gövdenin etkin olmayan alanı çıkarılarak (Denklem (15)) hesaplanabilir;

$$A_e = 16000 - (445 - 391) \times 16 = 15100 \text{ mm}^2$$

Böylece eğilmeli burkulma sınır durum için karakteristik eksenel basınç kuvvet dayanımı, Denklem (14) kullanılarak hesaplanabilir:

$$P_n = F_{cr} A_e = 229 \times 15100 \times 10^{-3} = 3460 \text{ kN}$$

Elemanın eğilmeli burkulmalı burkulma sınır durumundaki elastik burkulma gerilmesini hesaplamak için ilk olarak F_{ey} ve F_{ez} hesaplanmalıdır. Denklem (10)'dan,

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \times 200000}{(3000 / 65)^2} = 927 \text{ MPa}$$

olarak hesaplanır. F_{ez} hesabı için, ilk olarak enkesitin kayma merkezine göre kutupsal atalet yarıçapı ($\bar{i}_o$) hesaplanmalıdır. Profilin kesitin kayma merkezinin geometrik merkezine göre koordinatlarının $x_o=0$ ve $y_o=y_g - t_f/2 = 107,7 - 30/2 = 92,7 \text{ mm}$ olduğu göz önünde bulundurularak ve Denklem (13)'ten yararlanılarak,

$$\bar{i}_o = \sqrt{0 + 92,7^2 + \frac{(28710 + 6770) \times 10^4}{16000}} = 175 \text{ mm}$$

olarak hesaplanır. Böylece F_{ez} , Denklem (11)'den,

$$F_{ez} = \frac{77200 \times 3700000}{16000 \times 175^2} = 580 \text{ MPa}$$

olarak elde edilir. Buradan, Denklem (9)'da bulunan ve F_e hesabı için gereken bir diğer parametre olan eğilme sabiti (H), Denklem (12) yardımıyla

$$H = 1 - \frac{0 + 92,7^2}{175^2} = 0,719$$

şeklinde hesaplanır. Buradan, elemanın eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumundaki elastik burkulma gerilmesi F_e , Denklem (9) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$F_e = \left(\frac{927 + 580}{2 \times 0,719} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 927 \times 580 \times 0,719}{(927 + 580)^2}} \right] = 456 \text{ MPa}$$

$F_y / F_e = 235 / 456 = 0,515 < 2,25$ olduğundan, eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumu için kritik burkulma gerilmesi (F_{cr}), Denklem (6)'dan

$$F_{cr} = 0,658^{0,515} \times 235 = 189 \text{ MPa}$$

olarak elde edilir. Etkin enkesit alanı hesabının gerekip gerekmediğine karar vermek için, gövde narinliği ($\lambda_w = 27,8$), Denklem (16) veya (17)'de tanımlanan sınır narinlik değeri olan

$$\lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} = 21,9 \times \sqrt{\frac{235}{189}} = 24,4$$

değeriyle karşılaştırılmalıdır. Gövde narinliği sınır değeri aştığından, gövdenin etkin genişliği hesaplanmalıdır. Denklem (17)'deki c_1 , c_2 ve F_{el} terimlerinin, genel burkulma modundan bağımsız olduğu ve eğilmeli burkulmalı sınır durum için değerlerinin sırasıyla 0,22, 1,49 ve 324 MPa olarak elde edildiği göz önünde bulundurularak, profilin gövdesinin etkin genişliği, Denklem (17)'den

$$d_e = 445 \times \left(1 - 0,22 \times \sqrt{\frac{324}{189}} \right) \times \sqrt{\frac{324}{189}} = 415 \text{ mm}$$

olarak hesaplanır. Profilin etkin alanı, kayıpsız alanından gövdenin etkin olmayan alanı çıkarılarak (Denklem (15)) hesaplanabilir;

$$A_e = 16000 - (445 - 415) \times 16 = 15500 \text{ mm}^2$$

Böylece, eğilmeli burulmalı burkulma sınır durum için karakteristik basınç kuvvet dayanımı, Denklem (14) kullanılarak hesaplanabilir;

$$P_n = F_{cr} A_e = 189 \times 15500 \times 10^{-3} = 2930 \text{ kN}$$

Sonuç olarak, örnekte ele alınan 1/2HEA900 profilinin karakteristik eksenel basınç kuvvet dayanımı, yukarıda hesapları detaylı bir şekilde verilen iki farklı genel burkulma sınır durumu için belirlenen P_n değerlerinden (3460 kN ve 2930 kN) küçüğüne, yani 2930 kN'a eşittir. Bu değer, Denklem (19)'da tanımlandığı gibi, dayanım katsayısı ile çarpılarak tasarım dayanımına dönüştürülebilir;

$$P_d = \phi_c P_n = 0,9 \times 2930 = 2640 \text{ kN}$$

olarak elde edilir.

5. 1/2HEA KESİTLİ T-PROFİLLER İÇİN TASARIM TABLOSUNUN HAZIRLANMASI

Ülkemizde yaygın şekilde kullanılan 22 farklı HEA profilin ortalarından kesilmesiyle elde edilen T-profillerin tasarım eksenel basınç kuvvet dayanımları, Bölüm 3'teki tasarım kuralları kullanılarak ve Bölüm 4'teki hesap işleyişi takip edilerek hesaplanmış, ve Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2, Amerikan Çelik Yapı Enstitüsü (American Institute of Steel Construction) tarafından hazırlanan Çelik Yapı Kılavuzu'ndan (Steel Construction Manual) uyarlanarak hazırlanmıştır (AISC, 2017).

Tablo 2'den fark edilebileceği gibi, profillerin tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımları, eğilmeli burkulma ve eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumları için ayrı ayrı hesaplanarak tabloya eklenmiştir. Böylece, her ne kadar Bölüm 4'teki örnekte, hesap kolaylığı sağlaması amacıyla $L_{cx} = L_{cy}$ kabulü yapılmış olsa da, uygulamada profillerin burkulma boylarının farklı olabileceği durumlar da göz önüne alınmıştır.

Seçilen bir profilin tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı, o profil için tablodan okunan iki değerden küçüğü olarak alınacaktır. Örnek olarak Tablo 2'den, Bölüm 4'te dayanım hesapları sunulan 1/2HEA900 profilinin tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımlarının $L_{cx} = 3 \text{ m}$ ve eğilmeli burkulma sınır durumu için 3120 kN, $L_{cy} = 3 \text{ m}$ ve eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumu için 2640 kN olduğu

görülebılır. Buradan profilin tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı, 2640 kN olarak belirlenir. Tablodan da fark edilebileceği gibi, çalışmada ele alınan T-profillerin Tablo 2’de verilen dayanım değerleri, 3 anlamlı rakama yuvarlanarak tabloya dahil edilmiştir.

Tablo 2: S235 çelik kaliteli, 1/2HEA enkesitli profillerin eğilmeli burkulma (üstte) ve eğilmeli burulmalı burkulma (altta) sınır durumları için ayrı ayrı hesaplanan tasarım eksenel basınç kuvvet dayanımları

S235		Tasarım Basınç Kuvvet Dayanımları (ϕP_n , kN)										
Profil		1/2HEA										
		140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
x Eksenine Göre Burkulma Boyu L_{cx} (m)	0	332	410	478	569	681	812	918	1030	1190	1320	1410
	0,5	315	394	463	555	667	798	904	1010	1180	1300	1400
	1,0	270	351	421	514	627	757	864	977	1140	1270	1370
	1,5	208	288	359	453	565	694	800	917	1080	1210	1310
	2,0	145	219	287	380	489	614	719	839	997	1130	1240
	2,5	94,0	153	216	302	405	525	627	748	902	1030	1150
	3,0	65,3	106	153	229	323	433	531	650	798	931	1050
	3,5		78,2	113	169	246	345	435	551	691	821	946
	4,0				129	188	267	346	456	585	711	837
	4,5					149	211	273	366	485	604	729
	5,0						171	221	297	394	502	625
	5,5							183	245	325	415	525
	6,0								206	273	349	441
	6,5									233	297	376
	7,0										256	324
	7,5											282
	8,0											
y Eksenine Göre Burkulma Boyu L_{cy} (m)	0	308	379	433	515	611	732	823	911	1060	1180	1280
	0,5	308	379	433	515	611	732	823	911	1060	1180	1280
	1,0	307	378	433	515	611	731	823	911	1060	1180	1280
	1,5	301	375	432	514	610	731	822	910	1060	1180	1280
	2,0	282	359	426	510	608	729	821	910	1060	1180	1270
	2,5	257	336	407	496	601	724	818	908	1060	1180	1270
	3,0	231	308	382	472	581	708	809	903	1050	1170	1260
	3,5	202	278	353	442	553	680	786	889	1040	1160	1240
	4,0	174	247	322	411	521	647	754	863	1020	1130	1210
	4,5	147	216	291	377	486	610	719	829	985	1090	1170

	5,0	121	186	259	343	450	572	680	792	947	1050	1120
	5,5	100	158	228	309	413	532	639	751	904	999	1070
	6,0	84,0	133	198	275	376	491	598	709	860	950	1020
	6,5	71,6	113	170	243	339	451	555	665	814	899	961
	7,0	61,8	97,5	146	211	303	411	513	621	767	847	905
	7,5		85,0	128	184	269	371	471	577	719	794	848
	8,0			112	162	237	334	430	534	671	742	791
Enkesit Özellikleri												
$A_g \text{ mm}^2$		1570	1940	2260	2690	3220	3840	4340	4860	5630	6220	6670
$i_x \text{ mm}$		15,5	17,8	19,8	22,2	24,5	26,7	28,6	31,3	33,5	36,0	39,1
$i_y \text{ mm}$		35,2	39,8	45,2	49,8	55,1	60	65	70	74,9	74,9	74,6
Not: Boş olan hücreler $L_c/i \geq 200$ olduğunu göstermektedir.												

Tablo 2: (devamı) S235 çelik kaliteli, 1/2HEA enkesitli profillerin eğilmeli burkulma (üstte) ve eğilmeli burulmalı burkulma (altta) sınır durumları için ayrı ayrı hesaplanan tasarım eksenel basınç kuvvet dayanımları

S235		Tasarım Basınç Kuvvet Dayanımları (ϕP_n , kN)										
Profil		1/2HEA										
		360	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000
x Eksenine Göre Burkulma Boyu L_{cx} (m)	0	1510	1680	1880	2090	2240	2380	2520	2700	2900	3190	3360
	1	1470	1650	1850	2060	2220	2360	2510	2690	2890	3180	3350
	2	1350	1550	1770	1990	2160	2310	2470	2660	2860	3160	3340
	3	1170	1390	1630	1870	2060	2230	2400	2600	2820	3120	3300
	4	965	1200	1460	1720	1920	2120	2300	2510	2750	3070	3260
	5	750	997	1270	1540	1770	1970	2190	2410	2670	3000	3210
	6	550	792	1070	1340	1590	1820	2050	2290	2580	2920	3140
	7	404	602	869	1150	1410	1640	1890	2140	2470	2830	3070
	8	310	461	684	955	1220	1470	1720	1980	2350	2730	2990
	9		364	541	774	1040	1290	1550	1820	2230	2620	2890
	10			438	627	863	1110	1370	1650	2090	2500	2790
	11			362	518	713	949	1210	1480	1930	2380	2690
	12				435	600	798	1040	1320	1770	2250	2570
	13					511	680	894	1160	1620	2120	2460
	14					440	586	770	1010	1460	1960	2340
	15						511	671	880	1310	1810	2210
	16						449	590	774	1170	1660	2090

y Eksenine Göre Burkulma Boyu L_{cy} (m)	0	1370	1540	1730	1920	2050	2160	2290	2430	2550	2750	2810
	1	1370	1540	1720	1920	2040	2160	2280	2430	2540	2740	2800
	2	1370	1530	1720	1910	2030	2150	2270	2410	2520	2710	2770
	3	1350	1510	1680	1870	1980	2090	2220	2350	2460	2640	2690
	4	1290	1430	1600	1770	1880	1980	2100	2220	2340	2510	2560
	5	1200	1320	1470	1630	1730	1820	1930	2030	2160	2320	2370
	6	1080	1200	1330	1470	1550	1630	1730	1820	1920	2080	2120
	7	964	1060	1180	1300	1370	1440	1510	1580	1670	1790	1840
	8	843	923	1020	1130	1180	1240	1300	1350	1410	1500	1540
	9	723	789	873	958	1000	1040	1090	1130	1170	1230	1250
	10	609	662	731	799	833	861	897	924	952	1010	1030
	11	505	548	605	661	690	713	744	768	792	840	858
	12	425	461	509	556	581	601	627	647	668	710	726
	13	362	393	434	475	496	513	536	553	572	608	
	14	312	339	374	410	428	443					
	15											
	16											
Enkesit Özellikleri												
$A_g \text{ mm}^2$		7140	7950	8900	9880	10600	11300	12100	13000	14300	16000	17300
$i_x \text{ mm}$		42,2	48,8	56,2	63,8	72,3	80,8	89,5	98,9	116	134	152
$i_y \text{ mm}$		74,3	73,4	72,9	72,4	71,5	70,5	69,7	68,4	66,5	65	63,5
Not: Boş olan hücreler $L_c/i \geq 200$ olduğunu göstermektedir.												

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, I- ve H-kesitli çelik hadde profilleri kadar yaygın olmasa da, pek çok farklı uygulamada ana, yardımcı ya da ara eleman olarak kullanılan T-kesitli profillerin üretimleri, kullanım alanları, eksenel basınç etkisi altındaki temel sınır durumları ve “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik”te (ÇYTHYEEY) verilen tasarım esasları özetlenmiştir. Ardından, tipik bir T-profilin ÇYTHYEEY’ye göre tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımının nasıl hesaplanacağı, burkulma boyları 3 m’ye eşit olan, S235 çelik kaliteli, 1/2HEA900-kesitli bir T-profil için adım adım gösterilmiş; benzer hesaplar farklı kesit ve burkulma boylarına sahip S235 çelik kaliteli HEA profillerden elde edilen T-profiller için tekrarlanarak, iki genel burkulma sınır durumu için ayrı ayrı elde edilen dayanım değerleri bir tasarım tablosu halinde Tablo 2’de sunulmuştur.

Çalışmada incelenen T-profillerin burkulma boyları (L_{cx} ve L_{cy}) sıfıra yaklaşırken, elastik eğilmeli burkulma gerilmelerinin (F_{ex} ve F_{ey}) değerlerinin sonsuza yaklaştığı; buna karşın elastik burulmalı burkulma gerilmesi (F_{ez}) değerlerinin elemanın burkulma boylarından bağımsız olması nedeniyle sonlu değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenledir ki, bu tür profillerin eğilmeli burkulma sınır durumu için hesaplanan karakteristik dayanımları akma dayanımlarına eşitken, eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumu için hesaplanan karakteristik dayanımları, akma dayanımlarından küçüktür.

İncelenen T-profillerden, profil numarası 600'e eşit veya daha büyük olan HEA profillerden üretilmiş T-profillerin eksenel basınç etkisi altında gövdelerinin narin olarak sınıflandırıldığı; bu nedenle, bu tür profillerde etkin alan hesabı yapılarak yerel burkulma sınır durumunun tasarıma dahil edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte profillerin etkin alanları, kritik burkulma gerilmelerine bağlı olduğundan ve kritik burkulma gerilmeleri profillerin burkulma boyları arttıkça azaldığından; yeterince büyük burkulma boylarında profillerin etkin enkesit alanlarının kayıpsız enkesit alanlarına eşit olduğu fark edilmiştir. Örnek olarak, Bölüm 4'te ele alınan, narin gövdeli 1/2HEA900 profilinin, eğilmeli burkulma sınır durumunda, burkulma boyunun 3 m olduğu durumda etkin enkesit alanı kayıpsız enkesit alanın %94,4'üne eşitken, burkulma boyunun 9 m olduğu durumda, bu oran %97,0'ye çıkmakta, burkulma boyunun 14 m olduğu durumda ise etkin enkesit alanın kayıpsız enkesit alanına eşit olduğu gözlenmektedir. Bu durum, eleman narinliği nispeten fazla olan profillerde genel burkulma sınır durumlarından birine, yerel burkulma sınır durumlarından önce ulaşıyor olmasıyla açıklanabilir. İncelenen T-profillerden, profil numarası 500'e eşit veya daha küçük olan HEA profillerden üretilmiş T-profillerin eğilmeli ve eğilmeli-burulmalı burkulma sınır durumları için ayrı ayrı hesaplanan dayanım değerleri karşılaştırıldığında, profillerin basınç davranışlarını küçük burkulma boylarında eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumunun, nispeten daha büyük burkulma boylarında eğilmeli burkulma sınır durumunun belirlediği tespit edilmiştir. Buna karşın, enkesiti daha büyük olan profillerde eğilmeli-burulmalı burkulma, burkulma boyundan bağımsız olarak, profillerin basınç davranışlarında belirleyici olan genel burkulma sınır durumu olmaktadır. Bu durumun, incelenen profillerin asal eksenleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. i_x/i_y oranlarının, enkesit numarası 500 ve 500'den küçük olan HEA profillerden üretilen T profillerde 1'den küçük olduğu; enkesit numarası 500'den büyük olan profillerden üretilen T-profillerde ise 1'den büyük olduğu tespit edilmiştir. Örnek olarak, 1/2HEA140 profili için i_x/i_y oranı 0,440 iken, 1/2HEA1000 profili için bu oran 2,40'a eşittir. Diğer bir deyişle, incelenen profiller arasında enkesiti nispeten küçük olanlarda x eksenini zayıf eksenken, büyük enkesitli profillerde zayıf eksen y-ekseni olmaktadır.

Tablo 2'de sunulan tasarım tabloları, tek bir çelik sınıfı (S235) ve kesit türü (1/2HEA) için hazırlanmış olup, çalışmanın ilerleyen aşamalarında, farklı çelik sınıfları (S275 ve S355) ve kesit türleri (1/2IPN, 1/2IPE, 1/2HEB ve 1/2HEM) için benzer tabloların hazırlanması hedeflenmektedir. Böylece yarım HEA profiller için elde edilen sonuçların, Türkiye'de sıkça kullanılan diğer çelik kaliteleri ve profil türleri için de geçerli olup olmadığı belirlenebilecektir.

KAYNAKÇA

Aghayere, A., & Vigil, J. (2020). Structural Steel Design (Third Edition). Mercury Learning and Information, Virginia, USA.

AISC. (2017). Steel Construction Manual (15th Edition). American Institute of Steel Construction. Chicago, Illinois, USA.

Astaneh-Asl, A. (2005). Steel Tips: Notes on Design of Double-Angle and Tee Shear Connections for Gravity and Seismic Loads. California: The Structural Steel Educational Council, California, USA.

ÇYTHY. (2017). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik Hakkında Uygulama Kılavuzu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÇYTHY. (2018). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Ikäheimonen, J., Wagner, R., Viefhues, E., Seidl, G., Berthelley, J., Kozuch, M., Franssen J.-M., Mangerig, I., Hechler, O., Popa, N., Lundmark, R., Janssen, D., Lorenc, W. (2013). Prefabricated Enduring Composite Beams Based on Innovative Shear Transmission. RFCS Report, Directorate-General for Research and Innovation, Publication Office of the European Union.

Huang, J., Wang, J., Chen, W., & Wang, Z. (2018). Cyclic Performance of Double Tee Connections with Short Slotted Holes. Journal of Constructional Steel Research, 145, 254–265.

- Lee, S. (2003). Flexural-Torsional Buckling of Pultruded T-Sections. PhD Dissertation. Georgia Institute of Technology. Atlanta, USA.
- Li, L., Fafard, M., & Boissonnade, N. (2022). Local and Global Instabilities of Rolled T-Section Columns under Axial Compression. *Thin-Walled Structures*, 178(109517).
- Lorenc, W., Seidl, G., & Berthelley, J. (2022). The Evolution of the Shape of Composite Dowels. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 44(4), 296–316.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2012). *Structural Steel Design* (5th Edition). Pearson Education, NJ, USA.
- Naito, C. J., Hendricks, R., Sause, R., & Cercone, C. (2021). Composite Steel Tee Concrete Deck Bridge System: Design, Fabrication, and Full-Scale Verification. *Journal of Bridge Engineering*, 26(1), 04020109.
- Segui, W. T. (2018). *Steel Design* (6th Edition). Cengage Learning, MA, USA.
- Taras, A., Kugler, P., & Unterweger, H. (2017). On the Behaviour and Eurocode Design of T-section Columns, Beams and Beam-columns with Slender Webs. *Journal of Constructional Steel Research*, 129, 250-262.
- URL-1. (2024, Mart 14). <https://i.pinimg.com/originals/89/84/fb/8984fb5be5b04f7485c1b63e2c9ded2c.jpg>
- URL-2. (2024, Mart 16). <https://pxhere.com/en/photo/463588>
- URL-3. (2023, Şubat 12). <https://www.dlubal.com/en/cross-section-properties/1-2-hea-140-din-1025-3-1994-03-euronorm-53-62>