GLOBCER'22

Global Conference on Engineering Research

7-10 September 2022

2nd GLOBAL CONFERENCE on ENGINEERING RESEARCH

Conference Proceedings

ISBN: 978-605-73639-3-0

PROCEEDINGS BOOK

2nd GLOBAL CONFERENCE on ENGINEERING STUDIES

7-10 September 2022

2ND GLOBAL CONFERENCE ON ENGINEERING RESEARCH (GLOBCER'22)

7-10 September 2022

ISBN: 978-605-73639-3-0

2nd Global Conference on Engineering Research (GLOBCER'22)

7-10 September 2022

Organization Committe

Dr. M. Nuri SEYMAN
Dr. Adem DALCALI

Scientific Committe

Dr. Ahmed Kadhim HUSSEIN
Dr. Alexandre Jean Rene SERRES
Dr. Degan ZHANG
Dr. Feyzullah TEMURTAŞ
Dr. Goran PUTNIK
Dr. Hui CHEN
Dr. İbrahim DEVELİ
Dr. Jianjun WANG
Dr. Jue-Sam CHOU
Dr. Ke-Lin DU
Dr. Lianggui LIU
Dr. Mehmet TEKTAŞ
Dr. Miladin STEFANOVIĆ
Dr. Mustafa GÜNAY
Dr. Necmi TAŞPINAR
Dr. Paweł LULA
Dr. Recep ÇALIN
Dr. Zitaun CAI
Dr. R. Gökhan TÜRECİ
Dr. Mahmut BÖYÜKATA
Dr. Abdullah YEŞİL
Dr. Bülent BÜYÜK
Dr. Emre ÇELİK
Dr. Fahmina TARANUM
Dr. Filmor MURILLO
Dr. H.Oktay ERKOL
Dr. Halit ÖZTEKİN
Dr. Héctor F. MIGALLON
Dr. M. Hanefi CALP
Dr. Muharrem PUL
Dr. Neelamadhab PADHY
Dr. Ning CAI
Dr. Harun ÖZBAY
Dr. Adem DALCALI
Dr. İsmail KOÇAK
Dr. Oye Nathaniel DAVID
Dr. Gökçe NUR YILMAZ
Dr. Sasmita MOHAPATRA

Dr. Selim ÖNCÜ
Dr. Serhat DUMAN
Dr. Ziyodulla YUSUPOV
Dr. Oytun Emre SAKICI
Dr. Hasan ŞAHİN
Dr. Oğuz Akın DÜZGÜN
Dr. Ahmet AKKÖSE
Dr. Serkan ŞENOCAK
Dr. Semet ÇELİK
Dr. Zafer ÜNAL
Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT
Dr. Abdollah Doosti-AREF
Dr. Abdul QAYYUM
Dr. Akif KARAFİL
Dr. Alex Michailovic ASAVIN Dr.
Alican KARACA
Dr. Asit Kumar GAIN
Dr. Behnaz HASSANSHAHI
Dr. Charles Z. LIU
Dr. Diego Real MAÑEZ
Dr. Evren İŞEN
Dr. Hayri YAMAN
Dr. Igor Simplice MOKEM FOKOU
Dr. İlyas ÖZER
Dr. Kamarulzaman KAMARUDIN
Dr. M.M. KARMRUZZAMAN
Dr. Mahmut ÜNVER
Dr. Marlon Mauricio Hernandez CELY
Dr. Maxim A. DULEBENETS
Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN
Dr. Minh Trong HOANG
Dr. Mohammed Hassan DIGHIRI
Dr. Mustafa EKER
Dr. Onursal ÇETİN
Dr. Radu Emanuil PETRUSE
Dr. Rahim DEHKHARGHANI
Dr. Semih KORKMAZ
Dr. Serhat Berat EFE
Dr. Tingting ZHAO
Dr. Yifang WEI
Dr. Yuan TIAN
Dr. Farooque Hassan KUMBHAR
Dr. Mingxiong ZHAO
Dr. Quang Ngoc NGUYEN
Dr. Vandana ROY
Dr. Abdullah ELEN
Dr. Farzin ASADI
Dr. Nesli AYDIN
Dr. Volodymyr Gennadievich SKOBELEV

TABLE OF CONTENTS

Flood Monitoring of April 2022 Kars Flood Event Using Satellite-Based Remote Sensing 1

The Effect of Nanoparticle Concentration on Convective Heat Transfer in a Heated Cylindrical Enclosure Filled with Copper-Water Nanofluid. 9

Economic Viability and Sensory Evaluation of Tilapia (Oreochromis niloticus) Cultured in Hdpe-Lined Small Farm Reservoir 21

Scrum Yöntemi ile Geliştirilen Mobil Kurye Yazılımına ait Gereksinim Analizi Süreci 27

Review on Propeller Types and Developments in Marine Vessels3 9

Sorting Center Optimization and Management 53

Açık Kanal Optimizasyonu için Arayüz Tasarımı 63

Robotik Sistem Laboratuvarları İçin Düşük Maliyetli İnsanımsı Robot Deney Seti Tasarımı 78

Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Fidanlarında Morfolojik Özellikler ve Fidan Kalitesi 89

Reliability Assessment of Panel Beams for Shear with Tension Filed Action According to Turkish Standard of Design and Construction Principles of Steel Structures 93

Sürücüsüz Metrolarda Dijital Dönüşüme İlişkin Yolcuların Beklentilerinin Analizi 102

Interactive Knowledge Base Integrated with the Interactive Voice Response for Call Centers 116

Use of Air Bubble Barrier for Oil Containment: A Literature Review 126

Determination of Navigation Speeds in a Planing Hull Model Using the Optimum Power Calculation: A Case Study for a Training Boat 134

Geçmişten Bugüne Murgul Bakır Madenciliğinin Doğal Çevre Üzerindeki Etkisi Üzerine Sistematik Bir İnceleme 145

Evaluation of Lightning Protection Systems: Textile Factory Case Study 161

Akdeniz Denizel Fosforit Kuşağında Üst Kretase yaşlı Mazıdağı Fosforit yatağının (Mardin-Türkiye) Jeokimyası ve diğer alanlarla karşılaştırılması 170

Investigation of Deteriorations in Historical Buildings Through Visual and Laboratory Analyses 182

Prediction of Actual Toolpath and Improvement of the Toolpath Accuracy Based on Identification of Acceleration/Deceleration Control Characteristics of Machine Tools 188

Alüminyum Kompozit Ekstrüzyon Profil Tekniği İle Üretilen Profillerin Geometrik Özelliklerinin Incelenmesi 202

Doğrusal Matris Eşitsizlikleri Tabanlı H_∞Kontrolör ile Tekerlekli Zırhlı Aracın Aktif Titreşim Kontrolü 216

Industry 5.0 And Sustainability. Adoption Case of Machine Learning to Improve Energy Consumption in A Process Industry.....224

Electrical Hazards and Protection.....232

Farklı Çelik Malzemeler Kullanılarak Geliştirilen Batarya Kutusunun İncelenmesi.....246

Akdeniz Bölgesi'nde Sürdürülebilir Arıcılıkta Üstün Nitelikli Ana Arı Yetiştirmede Etkili Yetiştirme Faktörlerinin Araştırılması.....255

Word Segmentation in Bi-lingual Printed Gujarati-English Document using Morphological Techniques 270

Identification Of Foot Gestures by Machine Learning Using EMG Data on The Surface of The Lower Leg.....281

2-Propanol/Su Karışımlarının Polibenzimidazol Membran Kullanarak Pervaporasyon Prosesi ile Saflaştırılması.....291

A Methodology to Improve Public Transit Service Quality Through Transit Signal Priority: A Case Study on Istanbul 298

Odun Pelet Külünün Zemin İyileştirmede Kullanımı.....309

Sık Öğeseti Madenciliği ile Market Sepeti Analizi 318

BREA - A Service of Building Retrofitting Energy Assessment in ENCORE Project.....327

Friction And Wear Analysis of Tea Polyphenols Blended Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Total Joint Replacement 338

Automated Identification of Plant Disease Using Deep Learning.....344

Artificial Intelligence Application for Planning Measures to Prevent Hazardous Production Facilities Accidents.....353

Tabakalı Zemindeki Kazıkların Deprem Yükleri Altındakı Davranışının 3 Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi.....360

Seismic Isolation of Equipment and Artifacts with Sliding-Based Systems: A Review 370

Üzümlerdeki Fusarium Türleri ve Mikotoksinleri.....380

A New Method Proposal based on Shannon and Cumulative Entropy for Unsupervised Feature Selection.....391

Early Forest Fire Detection from Crackling Sounds by Conventional Machine Learning Methods 392

Fabrication Of Iron-Based Cellular Structures Using Pressureless Foam Replication Method.....393

The role of Hybrid Artificial Intelligence Model in Predicting the Treatment Outcome of High-Intensity Focused Ultrasound Ablation of Uterine Fibroids with an Immediate Nonperfused Volume Ratio of at least 90% 394

The Role of Multi-Layer Neural Network Model with Semiquantitative Perfusion MR Features for Differentiating Pediatric Posterior Fossa Tumors: Medulloblastoma, Ependymoma and Pilocytic Astrocytoma 395

E-ticaret Sektöründe Müşteri Kaybının Yapay Öğrenme Teknikleri ile Tahminlenmesi 396

Improving LSTM And Bi-LSTM Daily Particulate Matter Forecasting Performance with Attention 398

What Is The Best Mother Wavelet In The Prediction Of Monthly Stream Flows? 399

Küçük Ölçekli İnsansız Helikopter Dinamiğinde Kaosun Araştırılması ve Kontrolü 400

Büyük Verinin Gözetim Kapitalizmindeki Rolü 402

Atmosferik Basınçlı Plazma Uygulamasının PP ve POM Malzemelerin Islanabilirlikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması 404

Borlama Yöntemiyle Yüzeyi Sertleştirilmiş R260 Ray Çeliğinin Karakterizasyonu ve R350HT ile Karşılaştırılması 406

Effect of Surface Preparation Process for Coating on the Properties of Light Alloy Automotive Wheel 408

Experimental Investigation of Drying and Modelling of Peach Slices 409

An Investigation of Maritime Piracy and Armed Robbery Attacks in the East Africa 410

SiO2-TiO2-SiO2 Anti-Reflective Coatings by Sol-Gel for SLS Glass 412

Evaluation of Machine Learning Performance in Wildfire Susceptibility Mapping Under Limited Training Data Condition 413

Optimization of Operating Parameters of An Automated Quality Control Equipment Designed for Primary Wood Products Industry 414

Embryonic Architecture with Built-in Self-test and GA Evolved Configuration Data 415

Performance Assessment of Android Smartphones for Real-time Positioning 416

Effect Of Particle Size Distribution of Cement on Epoxy Modified Micro Concrete 417

Development Of Analytical Test Method for Residue Determination of Sodium Hypochlorite on Denim Surface 418

Quality Characteristics of Particleboard Produced with Maltodextrin-Based Adhesives 419

Predicting PM2.5 Concentrations Using a Deep Learning Approach 420

A Novel Architecture to Represent and Train Weights of a Multi-Layer Perceptron Using Distribution Hyper-Parameters 421

Otomotiv Radarı İçin Dielektrik Lens Anten Dizisi Tasarımı 423

Mechanical and Tribological Properties of Electroless Nickel Phosphorous Coating on Ti6Al4V Titanium Alloy 425

Raylı Sistemlerde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı 426

Comparative Study On The Encoding Strategies For Job Shop Scheduling Problem Using An Combinatorial Artificial Bee Colony (CABC) Algorithm 428

Aydın İli Hava Kirleticilerinin Analizi 429

Lyapunov Eşitsizliklerinin Çözümü için Bir İç Nokta Yöntemi# 431

Sustainable Concrete Modification - Ultra High-Performance Concrete (UHPC) 433

Analysis of the Behavior of an Eccentric Loaded Car Seat Headrest During Linear Loading and Design Optimization 434

Method of Estimating Error Signal using Microphone Arrays in Virtual Sensing ANC System 435

Industry 4.0 Implementation—Does it Always Pay Off? Evidence from the Logistics and Supply Chain literature 436

Flood Monitoring of April 2022 Kars Flood Event Using Satellite-Based Remote Sensing

Emre TOPÇU[*,1], Mehmet Ali AKGÜL[2], Şerife Pınar GÜVEL[2]

[*]emretopcu01@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0728-7035
[1]*Department of Civil Engineering, Kafkas University, Kars, Turkey*
[2]*Department of Information Technologies, General Directorate of State Hydraulic Works, 6th Regional Directorate, Adana, Turkey*

Abstract: Flood events are among the most natural disasters worldwide, that have destructive effects on the humans and the environment. Flood management activities are carried out in order to protect life and property and to overcome the impacts of flood events with least damage. Structural and non-structural measures are taken depending on the planning studies investigating the river basin or sub-basin conditions. Establishment of flood early warning systems, the preparation of flood risk maps, the construction of flood facilities, education and raising awareness, rapid response and rescue, the identification of flood hazard areas are the issues that require different disciplines to work together. Monitoring and evaluation works supported by remote sensing and geographic information systems techniques contribute decision makers in flood management activities. In this study, flood inundated areas in Kars Province in April 2022 flood event was determined by using satellite-based remote sensing data. The contribution of remote sensing technology in flood monitoring is also evaluated.

Keywords: *Flood monitoring, flood management, GIS, remote sensing, Kars flood*

I. INTRODUCTION

FLOOD is a devastating disaster that has destructive impacts on the human life and the nature. Flood management activities cover multidisciplinary works and are carried out to protect life and property with structural and non-structural measures. Structural measures for flood control include construction of dams, diversion channels, and construction of some other flood protection facilities such as dykes and embankments. Non-structural measures for flood management include public awareness and education, and some works such as preparing flood risk management plans, determining flood hazard zones, etc. Floods can be classified depending on location of occurrence such as river floods, coastal floods or urban floods, or due to precipitation and duration such as flash floods, depending on natural or man-induced causes such as land type, deforestation or land use conditions.

Remote sensing (RS) technology was used in researches in many countries at investigation of different types and scales of disasters such as flood impacts [1], [2], [3], [4], [5], drought assessment [6], [7], landslides [8], [9], tsunamis [10], [11] earthquakes [12], [13], burned area detection [14], [15]. RS and GIS supported disaster management studies contribute decision making with spatial and temporal analysis capabilities and quick assessments.

[16] pointed out pre-flood works, flood emergency and flood recovery works in their study, they stated that up-to-date geographical information could be provided by satellite images at different phases of floods within the scope of flood surveying.

Preparing flood risk maps are among the pre-flood works that are used to present spatial distribution of the areas that have high risk of flooding in flood prone areas in order to reduce the negative flood impacts on the human lives, on the environment and on the land use planning

and development works. Assessment and determination of flood risk areas before flood events are essential for decision makers in case of emergency in flood management studies.

Flood risk maps were created by using satellite-based remote sensing data and/or GIS technique in recent studies in many regions [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]. [18] carried out a study in GIS environment on mapping of flood risk zones in Makurdi town in the Benue valley in Nigeria and recommended the use of satellite imageries for flood risk mapping in future. In the study conducted by [24], the use of spaceborn radar images for rapid flood risk mapping was illustrated. [25] studied tidal flood risk mapping of Semarang city.

Flood monitoring studies are carried out to evaluate the flood extents and flood impacts in order to take necessary precautions in emergencies and to support rescue and recovery works. Establishment of flood early warning systems has an importance in disaster damage reduction. [26] studied on a flood monitoring system for water level monitoring of rivers to develop an early warning system in the northern of the province of Isabela near Cagayan River. [27] presented a study on flood early warning system that was based on precipitation forecast in the upper reach of the Miño River in Spain. Researches on flood early warning systems were conducted at many countries such as in Spain [27], in Mexico [28], in Indonesia [29], in Philippines [30].

Remote sensing is considered as a valuable tool to map flooded areas because of its properties [31]. Flood inundation maps are drawn to show the spatial extent of inundation and depth of flooding during flood events. [5] investigated flood inundated agricultural areas in Berdan Plain which is below sea level by using Sentinel-2 images between December 2019 and January 2020, and estimated the flooded area in the old Aynaz marsh and Berdan Irrigation Project on 9 January 2020. In the study conducted by [32] a literature review on Multispectral, LIDAR (light detection and ranging) and Radar remote sensing technologies used for flood prediction was presented. In the study conducted by [33], a review on using RS and GIS for urban flood management was carried out.

In the study conducted by [34], flood inundated areas in Kars Province was examined by using HEC-RAS program, flood analyzes were performed using HEC-RAS in Kars Stream and selected streams joining it in the city boundaries, the areas where problems were detected, the outputs of the study were controlled by modelling past floods and the capacity of flood control facilities on Kars Stream was assessed.

In this study, it is aimed to investigate flood inundated areas in Kars Province during the April 2022 flood event. Sentinel-2 satellite data were used to determine flood effected areas.

II. MATERIAL AND METHOD

In this study, Kars City flood inundated area in April 2022 flood event is selected as the study area (Fig. 1). The province of Kars is located in the Erzurum - Kars Section of the Eastern Anatolia Region in Aras Basin in Turkey. Average precipitation is 409.5 mm and average temperature is 5.1°C in Kars Province. Aras River, Arpaçay Stream and Kars Stream pass in this province. Although most of the province's lands show the characteristics of a plateau, some of them are covered with plains and some of them are covered with mountainous areas. The continental climate is observed in Kars. In the province, the winters are dry and the summers are rainy.

The Sentinel-2 satellite data is provided via the European Space Agency (ESA 2015) and Sentinel-2 satellite band specifications are seen in Table 1. As seen in the literature Sentinel-2 data have been widely used in flood mapping [5], [35], [36], [37].

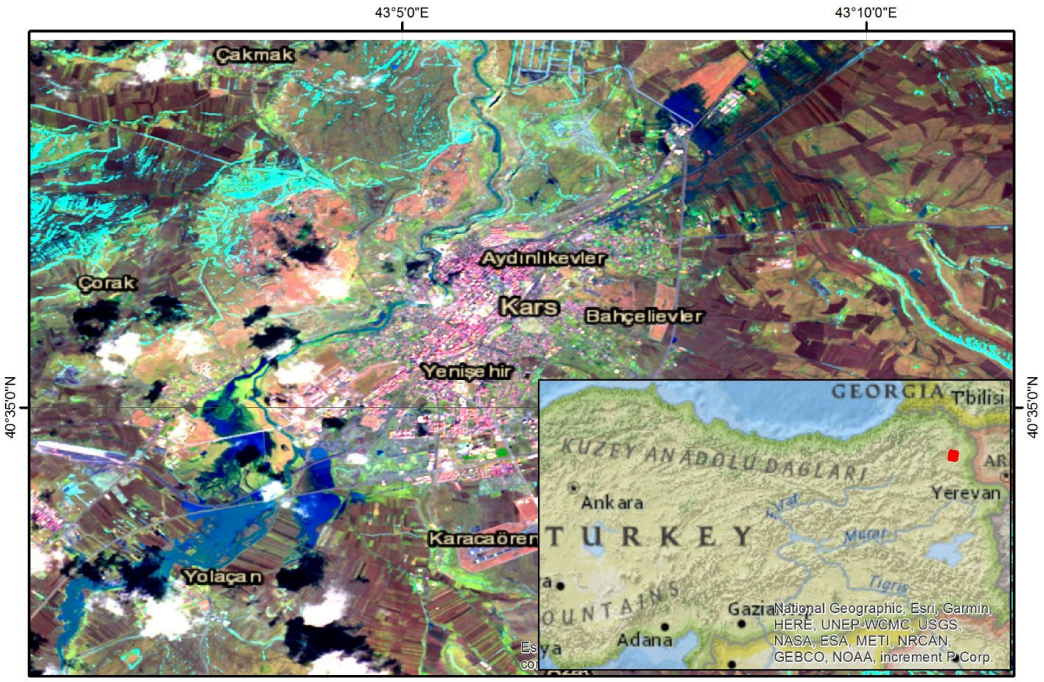


Fig 1. The study area

Sentinel-2 satellite data were preprocessed, atmospheric corrections and radiometric calibrations were performed. The modified NDWI (MNDWI) index was used to detect flood inundated areas. MNDWI index formula is given in Equation 1. The MNDWI image of the study area for 9 April 2022 was produced to determine the flooded areas (Fig. 2).

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR} \quad (1)$$

There have been studies in the literature that MNDWI index was used to determine flooded areas ([5], [38], [39]).

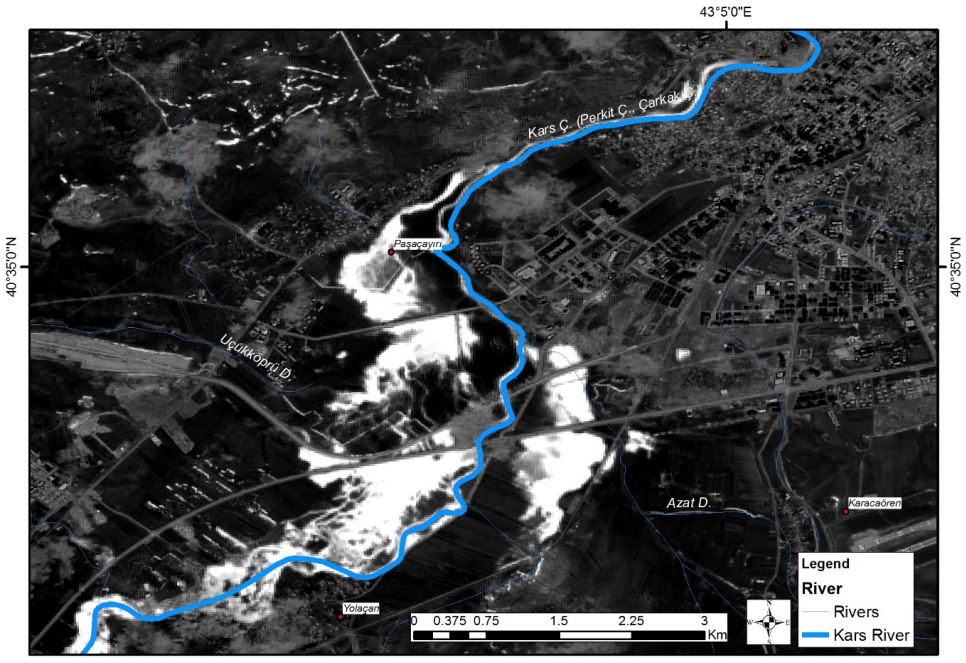


Fig 2. The MNDWI image of the study area

TABLE I
SENTINEL-2 SATELLITE BAND SPECIFICATIONS (ESA, 2015)

Band Number	Band name	Central Wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Resolution (m)
1	Coastal Aerosol	443	20	60
2	Blue	490	65	10
3	Green	560	35	10
4	Red	665	30	10
5	Vegetation Red Zone	705	15	20
6	Vegetation Red Zone	740	15	20
7	Vegetation Red Zone	783	20	20
8	Near Infrared-NIR	842	115	10
8b	Narrow Close Infrared -NIR	865	20	20
9	Water vapor	945	20	60
10	Medium Infrared–SWIR–Cirrus	1375	30	60
11	Medium Infrared –SWIR	1610	90	20
12	Medium Infrared –SWIR	2190	180	20

III. RESULTS AND DISCUSSION

The Sentinel-2 satellite data between April 2022 and June 2022 for the study area were assessed for determining the widest flooded area. Cloudlessness was also taken into account in obtaining the satellite-based data for the analysis. Examining the images between 4 April 2022 and 29 May 2022, it was seen that the area with the highest flood spread occurred on 9 April 2022 (Fig. 3). The distance of the flood spread area to the settlements and agricultural areas and its location relative to the Kars river on 9 April 2022 are seen in Fig. 4.

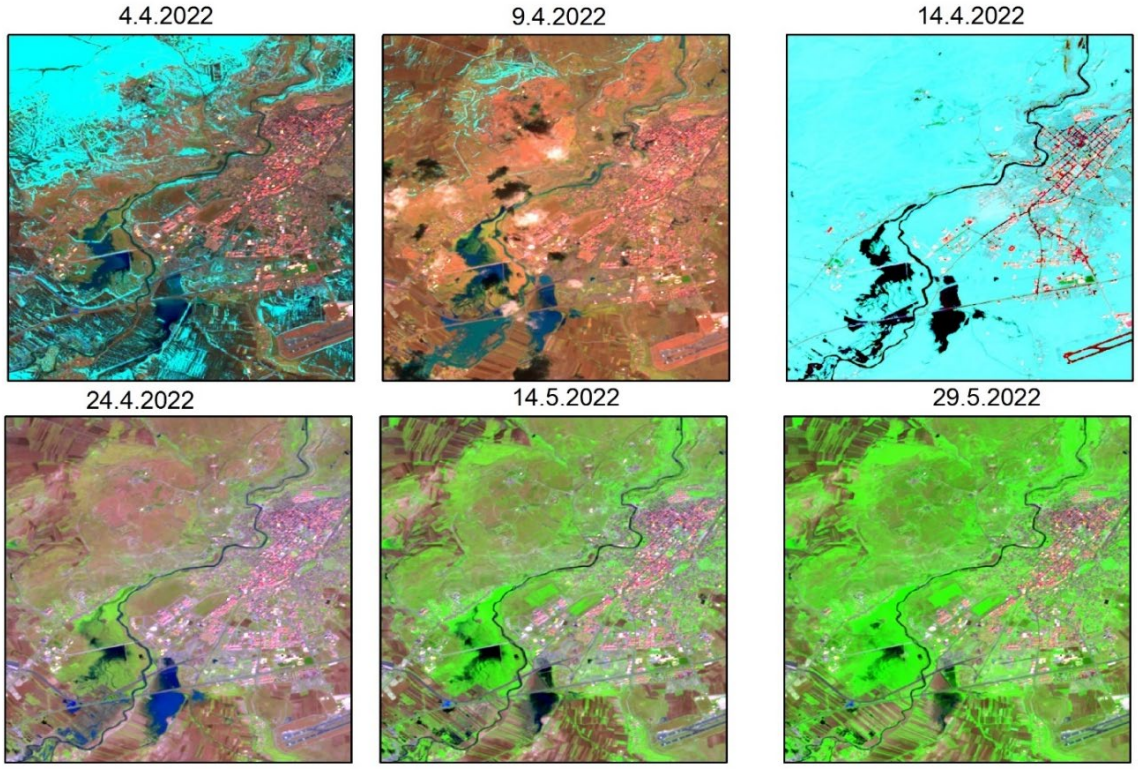


Fig 3. The flood inundated areas between 4 April 2022 and 29 May 2022 in the study area

The flood inundated area in Paşaçayırı was determined as 80.34 hectares, the inundated area in Yolaçan region was determined as 148.55 hectares, and the flooded area between these two region was determined as 67.31 hectares. In the area that directly affects the residential areas, the flood spread area was determined as 40.87 hectares (Fig. 5). The flood inundated areas were calculated by using MNDWI image which was produced for the study area.

Flood mapping during flood events guides response and recovery efforts. Post-damage flood maps contribute to studies such as determination of flood damages in settlements, agricultural areas, infrastructure, transportation, for identifying environmental problems and for taking technical measures.

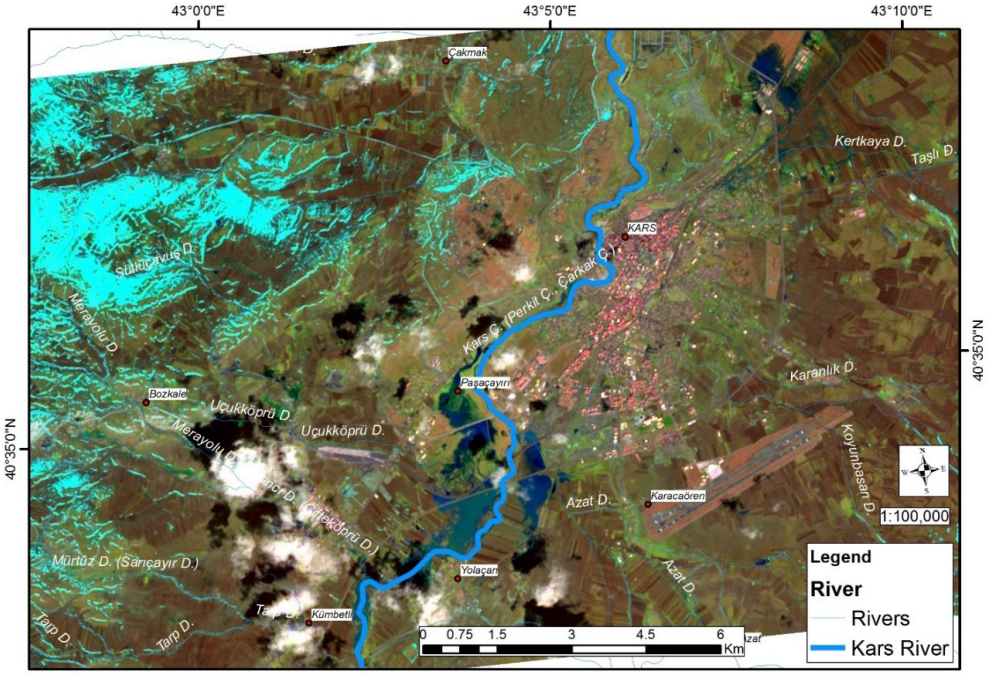


Fig 4. The flood inundated areas on 9 April 2022

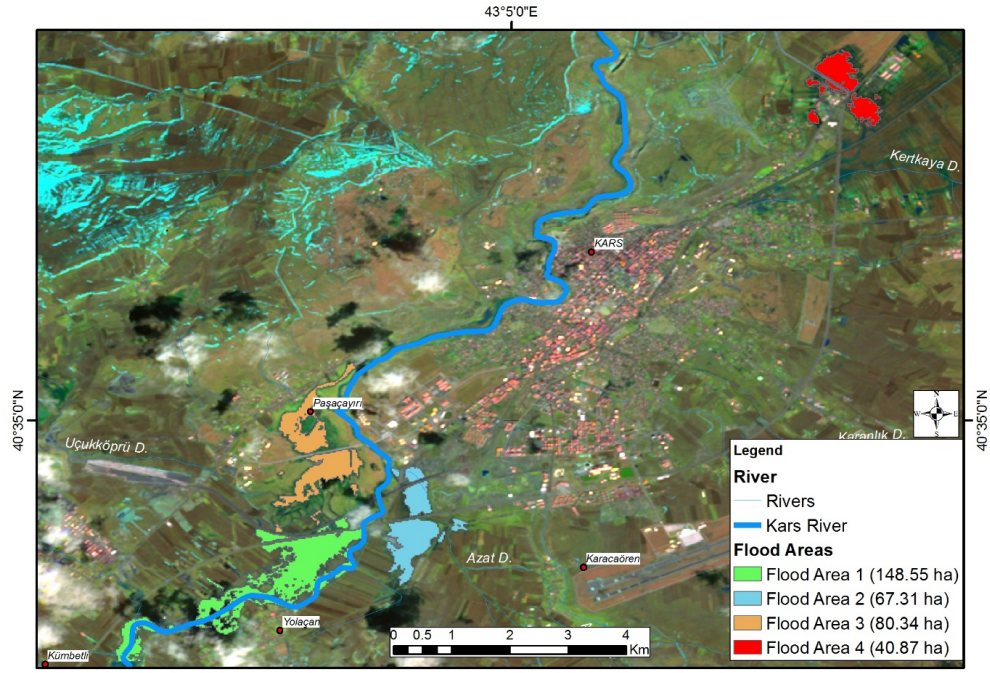


Fig 5. The flood inundated areas on 9 April 2022

IV. CONCLUSION

The determination of the flood spreading area during flood events is of vital importance for aid and rescue activities, also to protect life and property. Remote sensing techniques contribute to detect the impacts of flooding and to prepare flood damage maps. It is a valuable tool for rapid response and rescue studies for decision making in flood management. In this study, it has been seen that satellite-based remote sensing data analysis in flood monitoring has been successfully applied in determining the flood inundation area in Kars Province between 4 April 2022 and 29 May 2022. Flood maps during flood event and post-damage flood maps were prepared. In this context, studies on the determination of flood damages and the measures to be taken will be evaluated in a short time. As a result, it is recommended to use satellite-based remote sensing technique on flood control, flood monitoring and flood mapping in future studies.

REFERENCES

[1] V. Klemas, "Remote sensing of floods and flood-prone areas: An overview", Journal of Coastal Research, 2015, 31(4), 1005–1013. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

[2] M.A. Akgül, "Use of Synthetic Aperture Radar Data in Flood Studies: Berdan Plain Flood", Geomatik, 2018; 3(2);154-162. (in Turkish)

[3] M.A. Akgül and M. Çetin, "Flood Events In The Agricultural Drainage Catchments and Determinatıon of Its Spatial Extent with Remotely Sensed Data: A Case Study in the Sub-Catchment of the Lower Seyhan Plain", Conference: 10.Ulusal Hidroloji Kongresi, 9-12 October 2019, Muğla, Volume 2, p.847-856. (in Turkish)

[4] S. Zhang, Z. Ma, Z. Li, P. Zhang, Q. Liu, Y. Nan, J. Zhang, S. Hu, Y. Feng and H. Zhao, "Using CYGNSS Data to Map Flood Inundation during the 2021 Extreme Precipitation in Henan Province, China", Remote Sens. 2021, 13, 5181. https://doi.org/10.3390/rs13245181

[5] Ş.P. Güvel, M.A. Akgül and H. Aksu, "Flood inundation maps using Sentinel-2: A case study in Berdan Plain", Water Supply, 2022, Vol 22 No 4, 4098 doi: 10.2166/ws.2022.039.

[6] G. Legesse and K.V. Suryabhagavan, "Remote sensing and GIS based agricultural drought assessment in East Shewa Zone, Ethiopia", Tropical Ecology, 2014. 55(3): 349-363

[7] E. Topçu and Ş.P. Güvel, "Drought Assessment by Using Geographic Information Systems and Remote Sensing", International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'21), Konya, Turkey, November 18-20, 2021.

[8] R.S. Negi, M.K. Parmar, Z.A. Malik and M. Godiyal, "Landslide Hazard Zonation using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Giri Valley, District Sirmaur Himachal Pradesh", International Journal of Environmental Sciences Vol.1 No.1. 2012. pp. 26-39.

[9] Y. Hare, R. Vatti, R. Dande and P. Vinchurkar, "Landslide Detection Techniques: A Survey", International Journal of Electrical Electronics & Computer Science Engineering, Volume 1, Issue 1 (February 2014), ISSN: 2348 2273.

[10] F. Yamazaki, K. Kouchi and M. Matsuoka, "Tsunami Damage Detection Using Moderate-Resolution Satellite Imagery", Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, April 18-22, 2006, San Francisco, California, USA, Paper No. 465.

[11] H. Roemer, G. Kaiser, H. Sterr and R. Ludwig, "Using remote sensing to assess tsunami-induced impacts on coastal forest ecosystems at the Andaman Sea coast of Thailand", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2010, 10, 729–745.

[12] B. Theilen-Willige, "Detection of local site conditions influencing earthquake shaking and secondary effects in Southwest-Haiti using remote sensing and GIS-methods", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1183–1196, 2010.
[13] V. Romaniello, A. Piscini, C. Bignami, R. Anniballe and S. Stramondo, "Earthquake damage mapping by using remotely sensed data: the Haiti case study", Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 11(1), 016042 (2017), doi: 10.1117/1.JRS.11.016042.
[14] M.A. Belenguer-Plomer, M.A. Tanase, A. Fernandez-Carrillo and E. Chuvieco, "Burned area detection and mapping using Sentinel-1 backscatter coefficient and thermal anomalies", Remote Sensing of Environment 233 (2019) 111345.
[15] S. Liu, Y. Zheng, M. Dalponte and X. Tong, "A novel fire index-based burned area change detection approach using Landsat-8 OLI data", European Journal of Remote Sensing, 2020, Vol. 53, No. 1, 104–112.
[16] G. Stancalie, V. Craciunescu and A. Irimescu, "Contribution of Earth observation data supplied by the new satellite sensors in flood risk mapping", Remote Sensing for Environmental Monitoring and Change Detection (Proceedings of Symposium HS3007 at IUGG2007, Perugia, July 2007). IAHS Publ. 316, 2007.
[17] B.K. Nyarko, "Application of A Rational Model in GIS For Flood Risk Assessment in Accra, Ghana", Journal of Spatial Hydrology, 2002, Vol.2, No.1, Article 1.
[18] R.C. Abah, "An application of Geographic Information System in mapping flood risk zones in a north central city in Nigeria", African Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 7(6), pp. 365-371, June 2013.
[19] P. Sisir and K. Balan, "Flood Risk Mapping of Kadalundi River Basin Using GIS", International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 7, July-2014.
[20] A. Akinbobola, E.C. Okogbue and O.O. Olajiire, "A GIS-Based Flood Risk Mapping Along The Niger-Benue River Basin in Nigeria Using Watershed Approach", Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management 8(6): 616 – 627, 2015.
[21] F. Franci, E. Mandanici and G. Bitelli, "Remote sensing analysis for flood risk management in urban sprawl contexts", Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2015, 6:5-7, 583-599, DOI: 10.1080/19475705.2014.913695.
[22] I.D. Behanzin, M. Thiel, J. Szarzynski and M. Boko, "GIS-Based Mapping of Flood Vulnerability and Risk in the Bénin Niger River Valley", International Journal of Geomatics and Geosciences, 2015, Volume 6, No 3.
[23] B. Badamdorj and B. Chogsom, "Flood Risk Mapping Using GIS-Based Multi-Criteria Analysis: Songinokhairkhan District Case Study", The 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2021), 22-24th November, 2021, in Can Tho University, Can Tho city, Vietnam.
[24] G. Schumann and G. Di Baldassarre, "The direct use of radar satellites for event-specific flood risk mapping", Remote Sensing Letters, 2010, 1:2, 75-84, DOI: 10.1080/01431160903486685.
[25] A.L. Nugraha, P.B. Santosa and T. Aditya, "Dissemination of tidal flood risk map using online map in semarang", Procedia Environmental Sciences, 2015, 23:64 – 71.
[26] J.G. Natividad and J.M. Mendez, "Flood Monitoring and Early Warning System Using Ultrasonic Sensor", IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 325 (2018) 012020.
[27] J. González-Cao, O. García-Feal, D. Fernández-Nóvoa, J.M. Domínguez-Alonso and M. Gómez-Gesteira, "Towards an automatic early warning system of flood hazards based on precipitation forecast: the case of the Miño River (NW Spain)", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2019, 19, 2583–2595.

[28] J. Ibarreche, R. Aquino, R.M. Edwards, V. Rangel, I. Pérez, M. Martínez, E. Castellanos, E. Álvarez, S. Jimenez, R. Rentería, A. Edwards, and O. Álvarez, "Flash Flood Early Warning System in Colima, Mexico", Sensors 2020, 20, 5231; doi:10.3390/s20185231.

[29] E. Kurniyaningrum, L.M. Limantara, E. Suhartanto and D. Sisinggih, "Development of Flood Early Warning System Based on the Geoinformatics System in the Krukut River, Jakarta", Indonesia", International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) 10(2), 2019, pp. 1325–1335.

[30] O. Neussner, A. Molen and T. Fischer, "Using Geoinformation Technology for the Establishment of a Local Flood Early Warning System", Second International Conference of Geoinformation Technology for Natural Disaster Management and Rehablitation, December 01-02, 2008, Bangkok, Thailand.

[31] Q. Feng, J. Gong, J. Liu and Y. Li, "Flood Mapping Based on Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis and Random Forest Classifier—The Case of Yuyao, China", Remote Sens. 2015, 7, 12539-12562; doi:10.3390/rs70912539.

[32] H.S. Munawar, A.W.A. Hammad and S.T. Waller, "Remote Sensing Methods for Flood Prediction: A Review", Sensors 2022, 22, 960. https://doi.org/10.3390/s22030960.

[33] P. Tomar, "Urban Flood Management Using Geo-Spatial Techniques- A Literature Review", SGVU Journal of Climate Change and Water, Vol. 7, 2020, pp 115-123.

[34] N.F. Akkoç, "Aras Basin Kars River 1D and 2D Flood Analysis", Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, September 2019, MSc Thesis (in Turkish)

[35] I. Caballero, J. Ruiz and G. Navarro, "Sentinel-2 Satellites Provide Near-Real Time Evaluation of Catastrophic Floods in the West Mediterranean", Water, 2019, 11, 2499; doi:10.3390/w11122499.

[36] L. Sipelgas, A. Aavaste and R. Uiboupin, "Mapping Recurrent Flooding Zone Along Estonian Inland Waters from Sentinel-1 and -2", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B3-2020, 2020.

[37] M. Kashyap, C.M. Bhatt and J.S. Rawat, "Application of Sentinel-2 Data for Extraction of Flood Inundation along Ganga River, Bihar", International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 10 Issue III Mar 2022.

[38] S. L. Zhou, and W. C. Zhang, "Flood monitoring and damage assessment in Thailand using multi-temporal HJ-1A/1B and MODIS images", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 57 (2017) 012016.

[39] B. van Leeuwen, Z. Tobak, F. Kovács and G. Sipos, "Towards a Continuous Inland Excess Water Flood Monitoring System Based on Remote Sensing Data", Journal of Environmental Geography, 2017, 10 (3–4), 9–15.

The Effect of Nanoparticle Concentration on Convective Heat Transfer in a Heated Cylindrical Enclosure Filled with Copper-Water Nanofluid

Kasali A. ADEDEJI[1], Emmanuel O. SANGOTAYO[2]*

* *eosangotayo@lautech.edu.ng*, ORCID: 0000-0003-3317-4229

[1] *Department of Mechanical Engineering, Lagos State University, Epe, Lagos State, Nigeria*

[1]*kasali.adedeji@lasu.edu.ng*, ORCID: 0000-0002-0311-2126

[2] *Department of Mechanical Engineering, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria.*

[2]*eosangotayo@lautech.edu.ng*, ORCID: 0000-0003-3317-4229

Abstract: Fluid flow and heat exchange properties by natural convection within an enclosure have received considerable attention due to the widespread industrial applications. Applications include an efficient method for nuclear reactors, a thermal storage system, solar collectors, and cooling electronic components. The influence of nanoparticle volume concentration on natural convection in an enclosure with a heated Copper-Water nanofluid-filled cylinder conduit is studied numerically in this study. The governing equations were discretized using the finite difference approach, and the C++ computer language was used to integrate continuity and Navier Stoke fields. The particle sizes of nanoparticles studied in this study ranged from 1% to 10% and the results are provided as Nusselt number, vorticity, and stream function curves using Copper-Water nanofluids as working fluids. The findings showed that raising the volume fraction of nanoparticles to 0.04 increases the Grasshof number to a maximum value of 2.74 x 10^6, causing a considerable increase in the convective heat transmission rate. Furthermore, when the nanoparticle concentration increases, the Nusselt number values in the nanofluid develop exponentially, however the local drag coefficient, vorticity, and stream function decrease. This research increases understanding of convective heat flow and heat behavior of boundary layer problems when a nanofluid is utilized as the heat transfer working fluid in a variety of engineering isothermal phenomena, such as convection and conduction.

Keywords: *Natural Convection, Nanofluid, Finite Difference Method, Cylindrical Cavity, Grasshof Number*

NOMENCLATURE

Nu	Nusselt number
Re	Reynolds number
Gr	Grasshof number
Pr	Prandtl number
Cp	Specific heat
h	Heat transfer coefficient
k	Thermal conductivity
m	Mass flow rate

Greek symbols

μ	viscosity
ρ	Density

φ Volume fraction

Subscripts

Bf Base fluid
nf Nanofluid
p Particle
f Fluid

Symbols	Definition	Unit
C_p	Heat capacity	J/kg.K
Cp_f	Heat capacity of fluid	J/kg.K
Cp_{nf}	Heat capacity of nanofluid	J/kg.K
Cp_p	Heat capacity of nanoparticle	J/kg.K
K_f	Thermal conductivity of fluid	W/m.K
K_{nf}	Thermal conductivity of nanofluid	W/m.K
K_p	Thermal conductivity of nanoparticle	W/m.K
m	Mass flow rate	kg/hr
Qu	Useful energy	W

Greek Symbols

Symbols	Definition	Unit
φ	Nanoparticle size	
ρ_{nf}	Density of nanofluid	kg/m^3
ρ_f	Density of fluid	kg/m^3
ρ_p	Density of nanoparticle	kg/m^3
μ_{nf}	Viscosity of nanofluid	m²/s
μ_f	Viscosity of fluid	m²/s

I. INTRODUCTION

The natural heat transfer rate from very long horizontal cylinders has a wide range of applications. According to Ali [1], this problem has received little attention in the literature. Fluid flow and heat exchange qualities by natural convection within an enclosure have gained a lot of attention because of the numerous industrial applications such as nuclear reactor efficiency, a thermal storage system, solar collectors, and cooling electronic components. Nanofluids are defined as fluids that contain nanoparticles (such as metal, metal oxide, and carbon) suspended in a base fluid, such as water. The nanoparticles range in size from 1 to 100 nm. The dispersion of highly conductive nanoparticles into base liquids is thought to be a potential strategy for improving the performance of customized heat transfer fluids [2]. Sangotayo [3] investigated the impact of thermophysical properties and viscous dissipation on the heat characteristics and flow characteristics of nanofluids in a moving cylindrical isothermal duct. The results showed that the fluid temperature rises as the heat capacity, density, and thermal conductivity of the fluid, as well as the viscous effect, increase and that the fluid flow pattern improves when the viscosity and heat conductivity decrease. Zi-Tao Yu et al. [4] presented those numerous investigations have been conducted to investigate the mechanisms underlying the thermophysical properties of nanofluids. The results showed a consistent decrease in Nusselt number with decreasing volume at a constant Rayleigh number. Eiyad Abu-Nada [5] studied numerically natural convection heat transfer in horizontal annuli using various Al_2O_3-water nanofluid properties, measuring heat transfer enhancement in the annulus using various viscosity and thermal conductivity models.

Observations show that at Ra=10^4 when the discrepancy in Nusselt number prediction hits 30% and the Brinkman model produces significantly different predictions. Hakan et al. [6] employed several nanoparticle types to evaluate the heat transfer and fluid flow generated by buoyant forces in a partially heated enclosure. The findings revealed that the Nusselt number increased with the nanoparticle volume percentage. Heat transfer improves as heater height increases. It was revealed that the positioning of the heater influences the flow and temperature fields and that the increase in heat transfer using nanofluids is greater at low aspect ratios than at high aspect ratios.

Sangotayo and Hunge examined the influence of nanoparticle volume fraction on thermophysical properties and convective heat transmission in a CuO nanofluid-filled square cavity. It was discovered that nanoparticle size has a significant effect on heat transfer [7]. Omar et al. [8] performed a numerical study of the natural convection heat transfer utilizing nanofluids from a horizontal square cylinder enclosed in a square enclosure. The findings indicate that the volume percentage of nanofluids was found to increase the average Nusselt number across the whole range of the Rayleigh number. Bianco et al. [9] used numerical simulation to study the laminar forced convection flow of water–Al_2O_3 nanofluid in a circular tube with a constant and uniform heat flux at the wall. The results revealed that the convective heat transfer coefficient for nanofluids is larger than that of the base liquid. Although various scientists have created models for determining the particle size of nanofluids, there have been fewer investigations on the effect of nanoparticle size on the viscous flow and thermal properties of nanofluids in a natural convection heat exchange through the cylindrical channel. The present study involves a numerical examination of natural convection heat transfer for a water-based Cu nanofluid in a cylinder chamber. This paper investigates the effect of nanoparticle volume concentration on natural convection in a cylinder enclosure filled with a heated Cu nanofluid.

II. MATHEMATICAL FORMULATION

The two-dimensional steady laminar boundary layer flow of an incompressible Newtonian fluid with viscous fluid on the surface of the cylinder is illustrated in Fig. 1. T_w is the constant surface temperature, while T_∞ is the free stream temperature (where $T_w > T_\infty$). The surface is fixed with velocity U_w in the same direction as the fluid with velocity U_∞ in the free stream zone, where $U_\infty > U_w$. The liquid consists of copper nanoparticles suspended in water. The assumption is that the fluid is incompressible, the base fluid (water) and nanoparticles are in thermal equilibrium, and there is no slip condition between them. The governing equations were solved based on the assumptions that the flow is laminar, that there are no internal heat sources, that the flow is two-dimensional, and that the Boussinesq approximation applies. The thermophysical characteristics listed in Table 1 are assumed constant, [6].

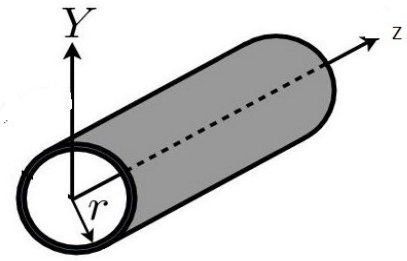


Fig. 1 A schematic representation illustrating the physical state and boundary conditions of an isothermal cylinder wall

Table 1 Thermophysical characteristics of liquid fluid and nanoparticles, Hakan, et al, [6]

Physical Properties	Fluid phase (water)	Nanoparticles (Cu)
Densityρ (kg/m^3)	997.1	8933
Thermal conductivity, k (W/m.°K)	0.613	400
Themal expansion, β×10^{-5} (m^2/sec)	21	1.67
Heat Capacity. C_p (J/kg.°K)	4197	385
Thermal Diffusivity, α×10^7(K^{-1})	1.47	1163.1

The flow regulating equations are made up of mass and momentum conservation equations at each point along the continuum, [10, 11]:
A two-dimensional cylindrical domain is defined by these formulas.
Continuity equation:

$$\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial v}{\partial r}=0 \tag{1}$$

Eq. (2 and 3) are Navier-Stokes models in the r- and z-coordinates.

$$u\frac{\partial v}{\partial z}+v\frac{\partial v}{\partial r}=-\frac{1}{\rho_{nf}}\frac{\partial p}{\partial r}+\frac{\mu_{nf}}{\rho_{nf}}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial r^2}\right)+\frac{(\rho\beta)_{nf}}{\rho_{nf}}g(T-T_c) \tag{2}$$

where $\frac{(\rho\beta)_{nf}}{\rho_{nf}}g(T-T_c)$ is z-coordinate force per unit volume.
The formula for thermal energy exchange using Eq. (3)

$$\rho c_p\left(u\frac{\partial T}{\partial r}+v\frac{\partial T}{\partial z}\right)=k\left(\frac{\partial T}{\partial r^2}+\frac{\partial T}{\partial z^2}\right) \tag{3}$$

Where the nanofluid heat capacity is $(C_p)_{nf}$, density is ρ_{nf}, thermal expansion coefficient is $(\beta)_{nf}$, and thermal diffusivity is (α_{nf}) as expressed in Eq. (4-10) [12, 13]

$$\rho_{nf}=(1-\varphi)\rho_f+\varphi\rho_s \tag{4}$$

$$(\rho C_p)_{nf}=(1-\varphi)(\rho C_p)_f+\varphi(\rho C_p)_s \tag{5}$$

$$(\rho\beta)_{nf}=(1-\varphi)(\rho\beta)_f+\varphi(\rho\beta)_s \tag{6}$$

$$\alpha_{nf}=\frac{k_{nf}}{(\rho C_p)_{nf}} \tag{7}$$

The dynamic viscosity of the nanofluid is calculated using the Brinkman theory in Eq. (8), [14]

$$\mu_{eff}=\frac{\mu_f}{(1-\varphi)^{2.5}} \tag{8}$$

The effective thermal conductivity (k_{nf}) of the nanofluid-containing nanospheres is computed using Eq. (9) [15].

$$\frac{k_{nf}}{k_f} = \frac{k_s+2k_f-2\varphi(k_f-k_s)}{k_f+2K_s+\varphi(k_f-k_s)} \tag{9}$$

Methods of Analysis and Strategies of Solution

The Navier-Stokes models are a form of partial differential equation that can be hyperbolic elliptic, or parabolic, according to the application. These formulae can be resolved using either the vorticity-stream variable method or the primitive-variable approach. Using the vorticity-stream feature approach, formulas (2) and (3) are simplified to vorticity transport formulas by expelling the pressure gradient concepts between the two, utilizing the continuity model (1) and the expression for the scalar worth of the vorticity, in the two-dimensional polar coordinate scheme described by the vorticity-stream feature (Eq.10)

$$\omega = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\partial u}{\partial z}. \tag{10}$$

The resultant statement, equation, is the dimensional vorticity transfer (11)

$$u\frac{\partial \omega}{\partial r} + v\frac{\partial \omega}{\partial z} = -\beta g\frac{\partial T}{\partial r} + \upsilon\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2}\right) \tag{11}$$

The derivatives of the stream function are used to describe the velocity field in two-dimensional cylindrical coordinate, ψ, Eq. (12)

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial r} \tag{12}$$

When substituted in equation (11), it provides the Poisson formula (Eq.13)

$$\omega = -\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}\right) \tag{13}$$

The resulting transport formula, energy model, and needed operating conditions were all converted to a non-dimensional formulation for a variety of physical situations utilizing U_W, $\psi_W L$, L, ω_W/L and (T_w - T_∞), respectively for velocity, stream function, length, vorticity, and temperature, [16].

$$R = \frac{r}{L}, \quad Z = \frac{z}{L}, \quad U = \frac{u}{U_w}, \quad V = \frac{v}{U_w},$$

$$\theta = \frac{(T - T_\infty)}{(T_w - T_\infty)}, \quad \Psi = \frac{\psi}{U_w L}, \quad \Omega = \frac{\omega}{U_w/L},$$

The following are the normalized formulas for the R- and Z-velocity elements, the stream component, vortex shedding, and energy transit as expressed in Eq. (14 - 17):

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial Z}, \quad V = -\frac{\partial \varphi}{\partial R} \tag{14}$$

$$\omega = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial Z^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial R^2} \tag{15}$$

$$u\frac{\partial \omega}{\partial Z} - V\frac{\partial \omega}{\partial R} = Ra\ Pr\left(\frac{(\beta)_{nf}}{\beta_f}\right)\frac{\partial \theta}{\partial Z} + \frac{\mu_{nf}}{(\rho_{nf}\alpha_{nf})}\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial \mathrm{R}^2}\right) \tag{16}$$

Where, $Pr = {}^{V_f}/_{\alpha_f}$, $Pr_{nf} = {}^{V_{nf}}/_{\alpha_{nf}}$

$$u\frac{\partial \theta}{\partial Z} + V\frac{\partial \theta}{\partial R} = C\left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \mathrm{R}^2}\right) \tag{17}$$

Where $C = {}^{\alpha_{nf}}/_{\alpha_f}$, $B = \frac{\rho_{nf}\beta_{nf}}{\rho_{nf}\beta_f} = {}^{\beta_{nf}}\Big/_{\beta_f}$.

where μ represents dynamic viscosity, k represents thermal conductivity, Re represents Reynolds number, Gr represents Grashof number and Cp represents specific heat capacity,
The non-dimensional boundary situations are as follows:

$\Psi \neq 0;\ \mathrm{V} = 0; \Omega \neq 0;\ \theta = \mathrm{U} = 1 \text{ at } \mathrm{Z} = 1;\ 0 \leq \mathrm{R} \leq 1$;

$\Psi = V = U = \theta = 0; \Omega \neq 0;\ at\ Z = 0;\ 0 \leq R \leq 1;$

$\theta = \Psi = V = U = 0; \Omega \neq 0\ at\ R = 0;\ 0 \leq Z \leq 1;$

$\Psi = \frac{\partial V}{\partial \mathrm{R}} = \frac{\partial U}{\partial \mathrm{R}} = \frac{\partial \theta}{\partial \mathrm{R}} = 0; \Omega \neq 0 \text{ at } \mathrm{R} = 1;\ 0 \leq \mathrm{Z} \leq 1$.

Nonlinear equations (16) and (17) for vorticity and energy transport, the finite difference technique is one of the most successful methods for problem-solving (14) – (17). The relaxation approach was used to evaluate the concurrent system of equations. According to formula (18), the temperature gradient induced by heat transmission between a fluid and a wall is proportional to the neighboring Nusselt number.

$$Nu_x = \frac{h_x r}{k} = -\left(\frac{\partial \theta}{\partial Z}\right)_{Z=1} \tag{18}$$

The typical Nusselt quantity is obtained by integrating the enclosed Nusselt number over the distance of the heated surface, as shown in Eq. (19),:

$$N\bar{u} = \frac{\dot{Q}_{conv}}{\dot{Q}_{cond}} = -\int_0^1 \left.\frac{\partial \theta}{\partial Z}\right|_{Z=0\ or\ 1} dR \tag{19}$$

The stable flow requirement was achieved by setting for agreement in the vortex and temperature fields, as indicated in Eq. (20):

$$\frac{\sum_{i=2}^{N}\sum_{j=2}^{M}\left|\phi_{ij}^{n+1}-\phi_{ij}^{n}\right|}{\sum_{i=2}^{N}\sum_{j=2}^{M}\left|\phi_{ij}^{n+1}\right|}<\delta \tag{20}$$

The variable ϕ denotes Ω, Ψ or θ, and n is the number of iterations required for the outputs to converge. The value used varies between 10^{-3} and 10^{-8} in diverse kinds of literature. [16].

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

Fig. 2 displays the results of determining the local Nusselt number at different convergence factor values ranging from 10^{-1} to 10^{-8} to assess the influence of the convergent standard on numerical results. It demonstrates that a convergence factor of 10^{-4} was appropriate. Grid independence evaluations, according to Waheed [17], revealed that a 41 by 41 grid design is sufficient for excellent numerical solution, field precision, and high accuracy.

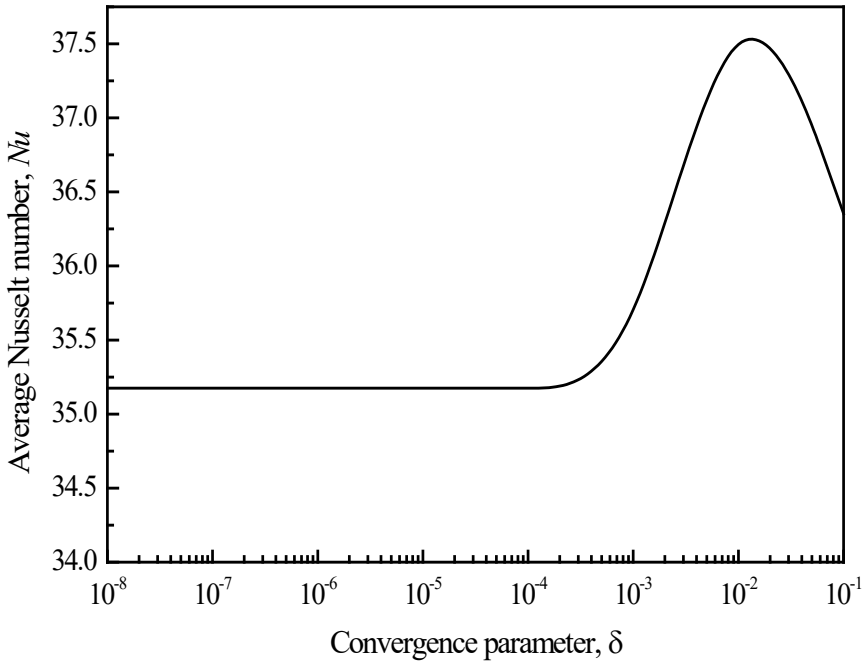


Fig. 2. A graph of the mean Nusselt number, Nu, versus convergence variable. δ

Fig. 3 depicts the effect of varying Nanoparticle concentrations between 0 and 0.1 on the Grasshof number. The maximum Grasshof number is 2.74 * 10^6 at a concentration of 0.04 nanoparticles. It indicates that convective heat transmission is fast increasing while the Nanoparticle volume fraction is rapidly decreasing. The outcome is that convective heat transfer is increasing quickly whereas conduction heat transfer is decreasing.

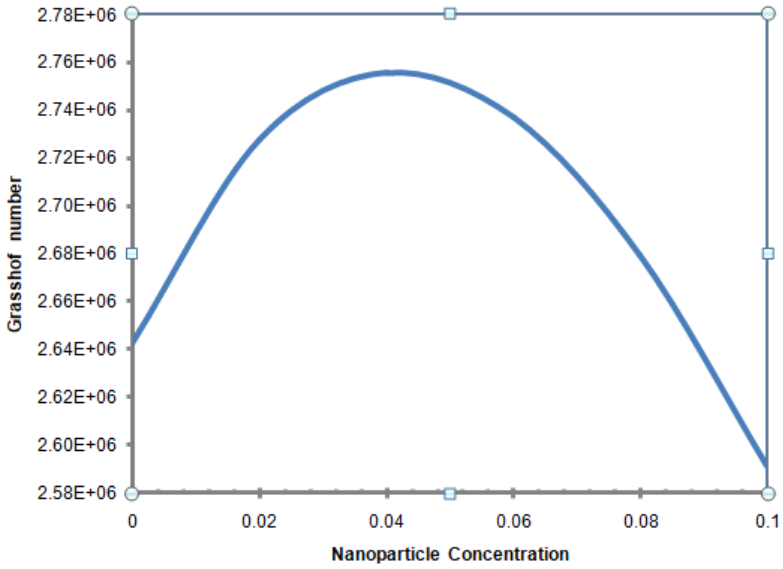


Fig. 3. The influence of varying Nanoparticle Concentration on Grasshof number

Fig. 4 shows how changing the Nanoparticle concentrations between 0 and 0.1 affect the Nusselt number. The observations of Zi-Tao Yu et al. [4] and Sangotayo and Hunge[7] are supported by the Nusselt values, which increase in lockstep with the nanoparticle values. This indicates that while conduction heat transmission is declining, convective heat transfer is rising quickly.

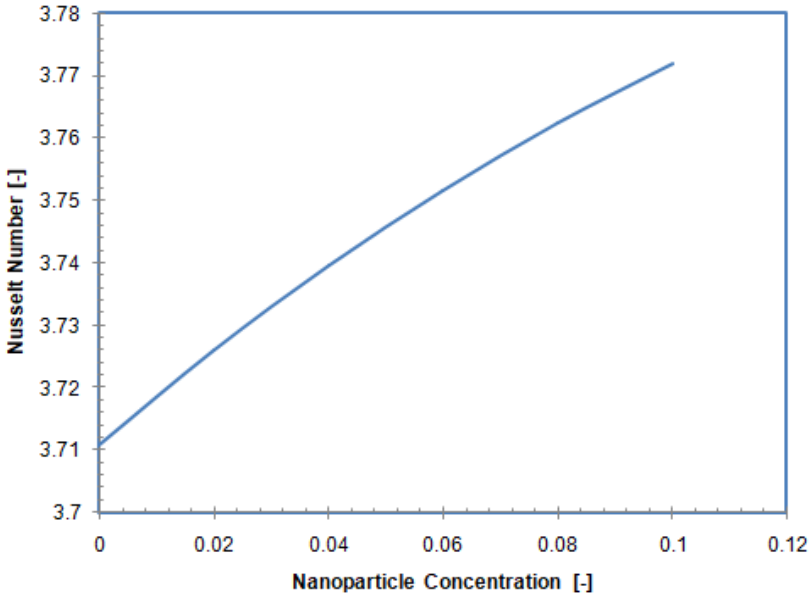


Fig. 4 The influence of varying Nanoparticle concentration on Nusselt number

The effect of adjusting the Nanoparticle concentrations between 0 and 0.1 on the Local Drag Coefficient is shown in Fig. 5. Local Drag Coefficient values decrease in lockstep with nanoparticle volume fraction values, indicating that convective flow is rapidly decreasing while nanoparticle concentration increases and a higher drag coefficient indicates that the object will have more aerodynamic or hydrodynamic drag, whereas lower nanoparticle values enhance aerodynamic or hydrodynamic drag.

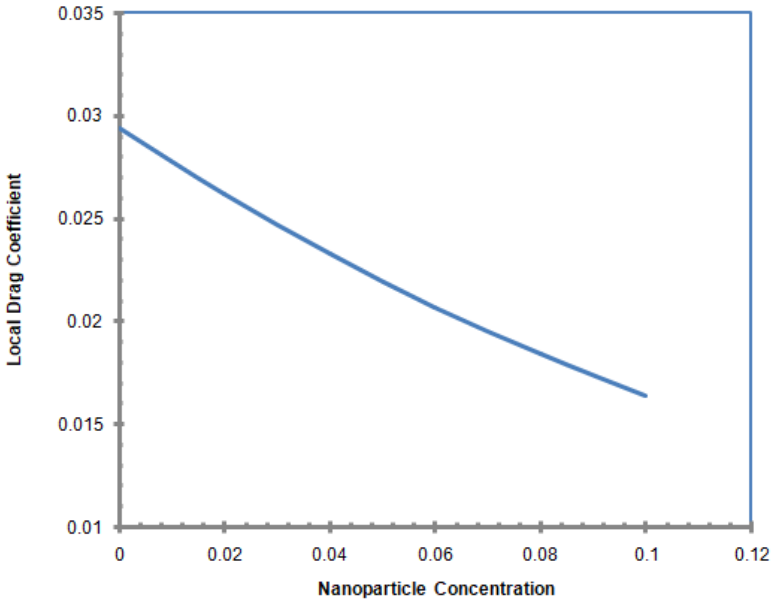


Fig. 5. The influence of changing Nanoparticle Concentration on Local Drag Coefficient

Fig. 6 illustrates the effect of nanoparticle size on the temperature of Cu nanofluid at r = 0.5 along the Z-axis. The temperature distribution along z grows from 0.0 to 0.6, then remains constant until 1.0, and the temperature gradient decreases as particle size increases from 0 to 0.1.

The results were consistent with those of Umavathi and Bég [18].

Fig. 7 depicts the effect of nanoparticle size on the longitudinal velocity of Cu nanofluid in a plane with r = 0.5 along the z-axis. As particle size increases from 0 to 0.1, the distribution of longitudinal velocity diminishes. It suggests that nanofluids with reduced particle sizes result in enhanced flow patterns.

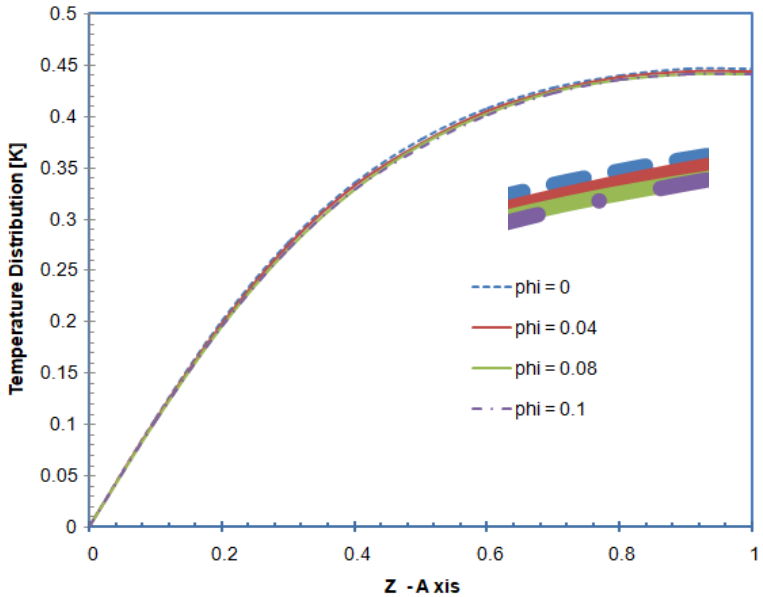


Fig. 6. Temperature curve of several nanoparticles along the Z-axis at the plane's midpoint, r = 0.5

Fig. 8 shows how the size of a nanoparticle affects a nanofluid's vorticity. The vorticity of the nanofluid decreases as the particle size increases. The vorticity distribution decreases from 0 to 0.6 in terms of particle size. This implies that flow circulation and rotation patterns are enhanced by nanofluids with smaller particle sizes. Fluid rotation can be observed by circulation and vorticity. For a fluid with a finite area, a circulation is a macroscopic unit of rotation. Any point in a fluid rotates due to a microscopic property called vorticity. The Stream function for a nanofluid is displayed against the number of nanoparticles in Fig. 9. It suggests that as particle size increases, the stream function of the nanofluid decreases, causing a decrease in the volume flow rate of the nanofluids across the tube.

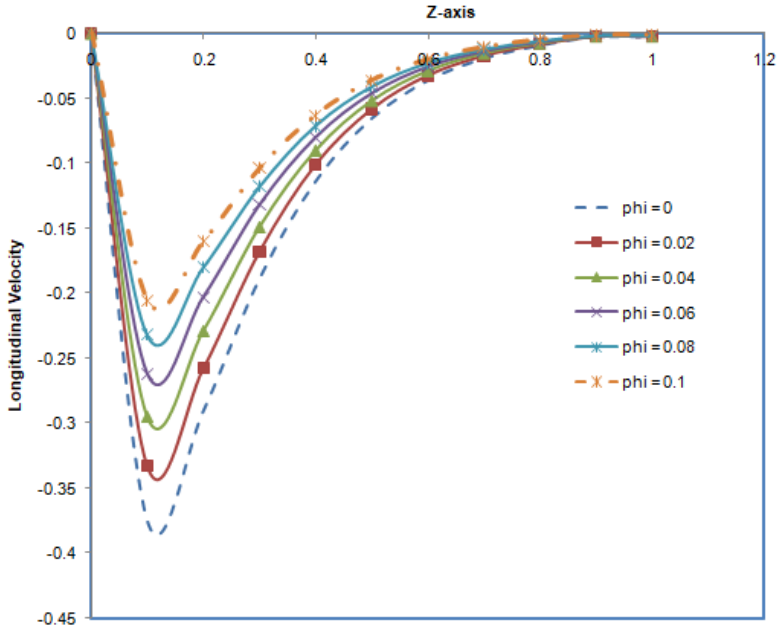


Fig. 7. Longitudinal Velocity trajectories of several nanoparticles along the Z-axis at the centerline,

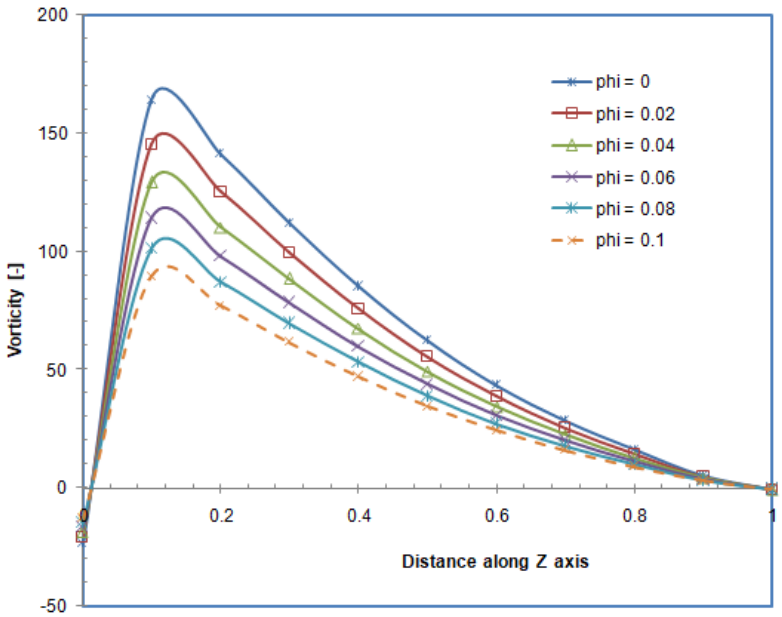


Fig. 8. Vorticity patterns for various nanoparticles along the Z-axis at the plane's midpoint, r = 0.5

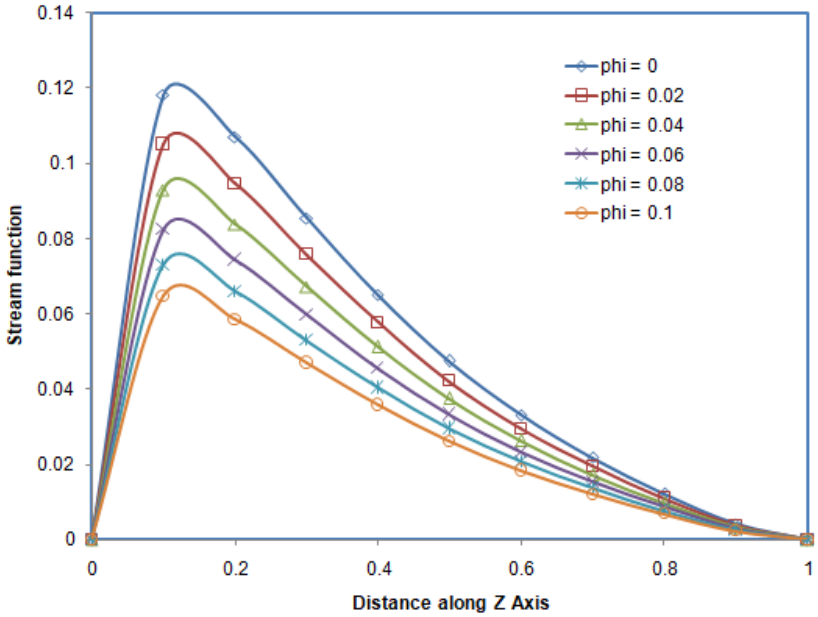


Fig. 9. Stream function curves of various nanoparticles along the Z-axis at the centerline, r = 0.5

4 CONCLUSIONS

The heat transfer fluids determine the size and price of heat exchangers. The effect of nanoparticles on natural convection in an enclosure with a heated Copper-Water nanofluid-filled cylinder conduit was investigated using numerical simulation. The findings indicate that the temperature gradient of nanofluids decreases as nanoparticle size increases. The stream function, longitudinal velocity, rotation, and circulation all decrease as the nanoparticle concentration rises. This study demonstrates that nanoparticle incorporation modifies the thermal properties of a suspension, hence altering its applicability. Due to the incorporation of nanoparticles and the use of a nanofluid as a heat transfer working fluid in engineering isothermal phenomena such as boiling and condensation, the understanding of convective flow and the heat response of boundary layer problems has been enhanced.

REFERENCES

[1] Ali O. M. "Experimental and Numerical Investigation of Natural Convection Heat Transfer From Cylinders of Different Cross Section Cylinder In a Vented Enclosure," Ph. D., Thesis, College of Engineering, University of Mosul. (2008),

[2] S.U.S. Choi, "Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, in: D.A. Signer, H.P. Wang (Eds.)," Developments and Applications of Non-Newtonian Flows, ASME, New York, 231(66), (1995), pp.99–105.

[3] E. O. Sangotayo, Influence of Thermophysical Properties on Heat Characteristics and Fluid Flow in a Moving Isothermal Cylindrical Pipe, Proceeding book of International Congress on Scientific Advances, ICONSAD'21, (2021) pp. 647-659, ISBN: 978-605-74234-9-8

[4] Zi-Tao Yu, Xu Xu, Ya-Cai Hu, Li-Wu Fan, & Ke-Fa Cen, "A numerical investigation of transient natural convection heat transfer of aqueous nanofluids in a horizontal concentric annulus," International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 55, 2012), pp. 1141–1148.

[5] E. Abu-Nada, "Effects of variable viscosity and thermal conductivity of Al_2O_3–water nanofluid on heat transfer enhancement in natural convection," Int. J.Heat Fluid Flow, Vol. 30, (2009), pp.679–690.

[6] F. Hakan, Oztop, & Eiyad Abu-Nada, "Numerical study of natural convection in partially heated rectangular enclosures filled with nanofluids," International Journal of Heat and Fluid Flow 29, (2008), pp.1326–1336.

[7] E. O. Sangotayo, O. N. Hunge, " Numerical Analysis of Nanoparticle Concentration Effect on Thermo-physical Properties of Nanofluid in a Square Cavity ", *International Journal of Mechanical and Production Engineering (IJMPE)*, Volume-8, Issue-2, (2020) pp. 18-23,

[8] M. Omar, Ali and Ghalib Y. Kahwaji, Numerical Investigation Of Natural Convection Heat Transfer from Square Cylinder In An Enclosed Enclosure Filled With Nanofluids International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH) Vol.4, No.4, (2015) pp 1-17

[9] V. Bianco, Chiacchio, F., Manca, O., and Nardini, S., Numerical Investigation of Nanofluids Forced Convection in Circular Tubes, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 29, (2009), pp. 3632–3642.

[10] D. John, Anderson Jr., "Computational Fluid Dynamics, the Basics with Applications," McGraw–Hill Book Company. (1995),

[11] Z. Petrovi, Stupar S., "Computational Fluid Dynamics, One," University of Belgrade. (1996),

[12] M. Kalbasi, A. Saeedi, "Numerical Investigation into the Convective Heat Transfer of CuO Nanofluids Flowing Through a Straight Tube with Uniform Heat Flux," Indian Journal of Science and Technology 5 (S3), (2012), pp. 2455-2458.

[13] M.Kalteh, Abbassi, A., Saffar-Avval, M. and Harting, J. "Eulerian Two-Phase Numerical Simulation of Nanofluid Laminar Forced Convection in a Microchannel," International Journal of Heat and Fluid Flow 32, (2011), pp. 107-116.

[14] F. Moukalled, Acharya S., "Natural convection in the annulus between concentric horizontal circular and square cylinders," Journal of Thermo-physics and Heat Transfer, Vol. 10, No. 3, (1996), pp. 524 –531.

[15] J. Shu; and Zhu, "Efficient computation of natural convection in a concentric annulus between an outer square cylinder and an inner circular cylinder," International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 38, (2002), pp. 429-445.

[16] T. J. Chung, *Computational Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

[17] M.A. Waheed, "Mixed convective heat transfer in rectangular enclosures driven by a continuously moving horizontal plate". *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52, (2009) pp. 5055–5063

[18] J.C. Umavathi, O. A Bég, Augmentation of heat transfer via nanofluids in duct flows using Fourier-type conditions: Theoretical and numerical study, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, (2021), pp 1-40

Economic Viability and Sensory Evaluation of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultured in Hdpe-Lined Small Farm Reservoir

Rodrigo G. Paglomutan Jr., and Gerald Sheo Thon D. Gamo

*rodrigo.paglomutan@gsc.edu.ph; gerald.gamo@gsc.edu.ph; , ORCID: 0000-0001-8082-6838
[1]*College of Arts and Sciences, Guimaras State University, Guimaras, Philippines*
[2]*College of Agricultural Sciences, Guimaras State University, Guimaras, Philippines*

Abstract: There is a need to increase the production of potential agri-fishery commodities for food sustainability, sufficiency and the same time increase the income of farmers for a healthy and progressive economy. Because of this, a study was carried out to investigate the sensory evaluation of tilapia raised in a reservoir lined with high-density polyethylene (HDPE). A 500 m3 SFR with an HDPE liner was used as a tilapia culture pond. The pond was supplied with 2,500 high-quality Hybrid Tilapia fingerlings (size 15, BFAR IExcel) from the BFAR hatchery. A 7-day interval was used for water quality monitoring. Based on the fish body weight after sampling, a feeding recommendation was employed. Sampling was done every 15 days to compute the feeding requirements and the development of fish. The fish was cultured for 120 days. The ABL of Tilapia during stocking was 8.5cm; ABW 15g; total biomass 37.5kg; and initially fed with 1.88kg per day. Within 120-day culture period of Tilapia in HDPE-lined SFR, the ABL reach up to 22.35cm; ABW 250.0g; average total weight gained of 245.0g; total biomass 560kg; total feed consumed 941.22 kg or 13.44bags; FCR 1.68; survival rate 89.6%; and a total harvested stock of 2,240. The pH level of the pond in the entire culture period of Tilapia was slightly acidic, ranging from 6.5-6.8, but have a favorable temperature (18-28^{0}C) and DO (6.9-9.0ppm) level. Total production cost was Php31,221.50, a gross income of Php72,800, which earned a net income of Php41,578.50, with ROI of 133.2%. Tilapia meat culture in a pond and cages were contrasted with the sensory evaluation of tilapia, which included the flavor and texture of fresh meat, the taste and aroma of cooked meat, and the overall acceptability. The findings demonstrate that, independent of the culture location, the fresh meat's aroma and texture were highly acceptable. The tilapia cultivated in HDPE-lined SFR was the most probable acceptable comparison to tilapia cultured in pond and cages, the same observation on the entire acceptability was made regarding the aroma and flavor of the cooked flesh. The public's sensory evaluation of the tilapia grown in HDPE-Lined SFR was favorable, suggesting that its commercial feasibility may be beneficial. The present study commensurate to economically viable technology wherein the farmer could gain income while conserving and preserving water sources for other agricultural use.

Keywords: *Tilapia, Economic, Viability, Sensory, Evaluation, HDPE, SFR,*

I. INTRODUCTION

Tilapia ranks 3rd among other commercial species in aquaculture fishery in terms of production. Contributed 261,000MT with an estimated value of nearly 19 million pesos (Philippine Fisheries Profile 2018).

A small farm reservoir (SFR) is a water-impounding earth structure designed for a single farm. Farm reservoirs have been developed indigenously by farmers in Central Luzon [Philippines] and are now being adopted by farmers all over the country. Most of the reservoirs are situated in gently undulating or flat terrain. The stored water is used for supplemental irrigation of rainfed lowland rice in wet season, irrigation of the dry season rice crop, and fish production. Farmers without farm reservoirs cannot grow a dry season crop. (agris.fao.org)

The high-density polyethylene (HDPE) lining system is the world's most widely used liner for Aquaculture practices. When used for fish, shrimp ponds, and other systems for aquaculture, its durable and impervious surface actually gives you more control over your crop environment and greater pond utilization. In the country, it was proven effective and promising advantages and benefits compared to traditional aquaculture. (www.climaxindia.com/aquaculture)

Provincial Development Agenda (PDA) of the Province of Guimaras (2017-2022) under the economic sector aims to increase agri-fishery production by providing production support such as inputs, machinery, and small farm reservoir (SFRs) for sufficient water supply. In addition, freshwater production, particularly on Tilapia, also needs to be increased, such that fish production in SFRs greatly encourages.

Moreover, during the 9th inaugural session held last July 2, 2019, the Honorable Governor emphasized focusing on inland fisheries to assure fish production. Likewise, the issue of fish supply in this pandemic is being augmented by local inland/brackish water fish production.

Indicated in the Sustainable Development Goals of the United Nations, it calls for zero hunger and zeroes poverty as among of its 17 goals. Moreover, the National Government, with its Long-Term Vision; AmBisyon Natin 2040, indicates that by 2040 the country will "matatag, masagana at panatag na buhay". In addition, the Provincial Government of Guimaras crafted its Provincial Development Agenda (2017-2022); a strategy itemizing the objectives of the province in order to attain its vision states that there is a need to increase the production of potential agri-fishery commodities for food sustainability, sufficiency and the same time increase the income of farmers for a healthy and progressive economy.

Objectives

This study was conducted to look into the economic viability of Tilapia in SFR with high-density polyethylene (HDPE) lining as this strategy eliminates other basic steps in pond preparation and inputs application.

1. To develop tilapia culture technology suited for SFR with HDPE lining;
2. To identify the effect of HDPE lining in terms of water quality parameters (DO, pH, & temperature).
3. To determine the economic viability in culturing Tilapia in HDPE-lined SFR;

II. MANUSCRIPT CONTENT

The Growth Performance of Tilapia Cultured in HDPE-lined SFR

Table 1 below presents the growth performance of Tilapia cultured in HDPE-lined SFR technology in 120 days. The 5oom^3 pond was used in this study with a stocking density of 5 pcs per cubic meter with a total stock of 2,500 pieces of Tilapia. The ABL of Tilapia during stocking was 8.5cm; ABW 15.0g; total biomass 37.5kg; and initially fed with 1.88kg per day. Within 120-day culture period of Tilapia in HDPE-lined SFR, the ABL reach up to 22.35cm; ABW 250.0g; average total weight gained of 235.0g; total biomass 560.0kg; total feed consumed 941.22 kg or 13.44bags; FCR 1.78; survival rate 89.6%; and a total harvested stock of 2,240.

According to USDA (2006), water quality in ponds changes continuously, and this often affects the optimal levels of physical and biological characteristics. As was the case in the current study, high dissolved oxygen levels and high temperatures tend to favor the growth of fish in the ponds. The Physico-chemical characteristics such as temperature, DO, and pH favors the optimal growth of the Tilapia species cultured in HDPE-lined SFR technology in 120 days. According to Makori et al., in 2017, the DO, temperature, and ammonia bore positive signs, implying that for every increase of one unit of these parameters, there was a corresponding increase in fish weight by a certain unit.

Table 1. The Growth Performance of Tilapia Cultured in HDPE-lined SFR

DOC	Sampling Days Interval	ABL (cm)	ABW (g)	Average weight gained (g)	Total weight gained (kg)	Total Biomass (kg)	Daily Feeding Ration (kg)	Total Feed Consumed (kg)	FCR (%)
Stocking	**0**	**8.50**	**15.00**	**-**	**-**	**37.50**	**1.88**	**-**	**-**
1-20	20	10.79	27.27	12.27	27.48	61.08	3.05	37.5	32.57
21-40	20	11.01	35.81	8.54	19.13	80.21	4.01	58.0	32.96
41-49	9	12.18	40.50	4.70	10.53	90.72	4.54	32.1	32.83
50-71	22	15.23	78.75	38.25	85.68	176.40	8.82	95.3	90.06
72-87	16	17.89	139.52	63.77	142.84	312.52	15.62	132.3	58.08
88-104	17	20.36	200.00	60.48	135.47	448.00	22.40	250.0	54.21
105-120	**16**	**22.35**	**250.00**	**50.00**	**112.00**	**560.00**	-	**336**	**31.25**

Note: AREA: 500sqm; STOCKING RATE: 5pcs/sqm; STOCKING DENSITY: 2,500pcs; SURVIVAL RATE: 89.6%; TOTAL STOCKS: 2,240; TOTAL BIOMASS: 560.0kg; Total Feed Consumed: 941.22 kg or 13.44bags; FCR 1.78

The Water Quality Monitoring of Culturing Tilapia in HDPE-lined SFR

Successful management of fish ponds requires an understanding of water quality, which is determined by Physico-chemical parameters such as temperature, dissolved oxygen (DO), and pH. Concerns about pond water quality are directly related to its production, and therefore water quality parameters of greatest concern to fish farming are important to consider in fish culture (Bryan et al., 2011).

In this study, the water quality was monitored at a 7-day interval from the start of the culture period. The temperature during cloudy days ranging 18-20^{0}C, with a corresponding DO of 7-8.5 mg/l, with an average pH of 6.8. Then obviously, during sunny days of water quality monitoring, the temperature increases ranging 20-28^{0}C; DO of 6.5-9.0 mg/l and pH level of 6.5-6.8. Meanwhile, during the flooding schedule, the mean range of the Physico-chemical parameters was temperature 24-25^{0}C; DO 8.0-9.0 mg/l; and pH 6.8. The highest temperature level of 27-28^{0}C was observed during sunny days of monitoring for 91 – 120 days of Tilapia culture, wherein the DO also increases 7.0-9.0 mg/l. Generally, the pH level of the pond in the entire culture period of Tilapia was slightly acidic, ranging from 6.5-6.8. This was because of the soil characteristics of the Guimaras province, and the technology does not use Agricultural lime to lessen the acidity of the pond.

Therefore, when evaluating and selecting sites for earthen fish pond siting, the source of water and its quality are some of the main factors to consider while ensuring that the water source has a high concentration of dissolved oxygen and optimal temperatures, which should be kept at the right levels throughout the culture period among other critical factors (Ngugi et al., 2007). Fish growth is generally greater in ponds with optimal levels of DO, temperature among other parameters (Bartholomew, 2010).

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is ideal for culture due to its high growth rates, adaptability to a wide range of environmental conditions, ability to grow and reproduce in captivity, and ability to feed at low trophic levels (Abdel-Fattah, 2006). The most preferred temperature range for optimal growth of Tilapia is 25 to 27 °C, while the ideal pH ranges between 6 and 9 (DeWalle et al., 2011).

Table 2. The Water Quality Monitoring of Culturing Tilapia in HDPE-lined SFR

DOC	Temperature (^{0}C)	DO (ppm)	pH	Remarks (Rainy/cloudy/sunny/etc.)
0	18	7.5	6.8	Cloudy
7	20	7.0	6.8	Cloudy
14	20	8.0	6.8	Sunny
21	18	8.5	6.8	Cloudy
28	22	7.0	6.5	Sunny
35	20	8.0	6.5	Sunny
42	22	8.0	6.5	Sunny
49	24	9.0	6.8	Watering
56	24	7.0	6.8	Sunny
63	25	6.5	6.8	Sunny
70	25	6.5	6.8	Sunny
77	26	7.0	6.5	Sunny
84	25	8.0	6.8	Watering
91	27	7.0	6.8	Sunny
98	27	9.0	6.5	Sunny
105	28	7.5	6.5	Sunny
120	28	7.7	6.5	Sunny

Note: Acceptable range of water parameters (Food and Agriculture Organization): DO (6-9ppm); pH (6.5 to 9); Temperature (25ºC-28ºC).
DOC – Days of Culture

Economic Viability of Culturing Tilapia in HDPE-lined SFR

Table 3 below shows the Financial Analysis of Culturing Tilapia in HDPE-lined SFR, which concur with the economic viability of the developed technology. The HDPE-lined SFR has an area of 500 m^2, with 1-meter water deep. The Tilapia was stock at a rate of 5-pieces per cubic meter and a total of 2,500 pieces of Tilapia for a 500 cubic meter pond. Within a 120-day culture period, the total production cost was Php31,221.50, excluding the polyethylene material. The total yield was 560kg out of the total harvested stock of 2,240 pieces of Tilapia. The average farm-gate price was Php130.00 per kilogram and gained a gross income of Php72,800, which earned a net income of Php41,578.50, which corresponds to a promising ROI of 133.2%. These values support the economic viability of tilapia culture on a small-scale farm basis and an important economic supplement to the family economic base. Among the possible profitable scenarios, this study point to some of the options best suited to conditions of micro and small producers in the province of Guimaras. The present study commensurate to economically viable technology wherein the farmer could gain income while conserving and preserving water sources for other agricultural use.

Table 3. Financial Analysis of Culturing Tilapia in HDPE-lined SFR

Area (m^2):	500
Stocking Rate (per m^3):	5
Total stocks:	2,500
Survival Rate:	89.60%
Culture Period (days):	120.00
Weight at harvest (g):	250.00
Total yield (kg):	560.00
Farm Gate Price (Php):	130.00
Gross income (Php):	72,800.00
Total Production Cost (Php):	31,221.50
Net Income (Php):	41,578.50
Return of Investment (ROI):	133.2%

Table 4 below shows the Sensory Evaluation of Tilapia cultured in HDPE-Lined SFR in terms of aroma and texture of fresh meat, aroma and taste of cooked meat, and its total acceptability. As to aroma of fresh meat, tilapia cultured in pon has a mean acceptance of 7.40, followed by cultured in cage 7.56, and and HDPE-lined 7.73. In terms of texture, the mean acceptance level of pond culture tilapia was 7.13, followed by HDPE-lined of 7.46 and cage cultured at 7.50. The mean differences in the mean acceptability level of tilapia in terms of aroma and texture of the fresh meat was not significant, which implies homogeneity in the acceptance level. Meanwhile, in the cooked tilapia meat, the acceptance level in the taste and aroma was significantly differs. The aroma cooked meat of tilapia in HDPE-lined culture got the highest mean acceptance of 7.88, followed by pond 7.38 and cage 7.38 which was not significantly different. As to taste, still the tilapia in HDPE-lined got the highest mean acceptability of 8.00, followed by cage of 7.35, and the least was in pond with 7.02. The total acceptability level shows that tilapia cultured in HDPE-line got the highest mean acceptance level of 7.96, while those in pond has 7.10 and 7.25 for cage. This implies that the sensory evaluation in the acceptability of cooked tilapia meat was the most accepted and prepared.

Table 4. Sensory Evaluation of Tilapia cultured in HDPE-Lined SFR

Culture Method	Fresh Aroma	Fresh Texture	Cooked Aroma	Cooked Taste	Total Acceptability
Pond	7.40	7.13	7.19B	7.02C	7.10B
HDPE-Lined	7.73	7.46	7.88A	8.00A	7.96A
Cage	7.56	7.50	7.38B	7.35B	7.25B
f-test	ns	ns	**	**	**
cv%	5.2%	3.1%	1.3%	2.0%	1.4%

CONCLUSION

In conclusion, the ABL of Tilapia within 120-day culture period in HDPE-lined SFR, reach up to 22.35cm; ABW 250.0g; average total weight gained of 235.0g; total biomass 560kg; total feed consumed 941.22 kg or 13.44bags; FCR 1.78; survival rate 89.6%; and a total harvested stock of 2,240. The water parameters such as dissolved oxygen, temperature, and pH level in the HDPE-lined SFR were within the optimum range for the growth of Tilapia. The water used for the culture of Tilapia was slightly acidic but registered the favorable growth of Tilapia. Technology was economically viable, wherein the farmer could have gained income while

conserving and preserving water sources for other agricultural use. The public's sensory evaluation of the tilapia grown in HDPE-Lined SFR was favorable, suggesting that its commercial feasibility may be beneficial. It is therefore recommended that the use of HDPE-lined SFR for tilapia culture must be expanded and introduced to the small-scale farmers through the help of the local government of the province of Guimaras.

ACKNOWLEDGMENT

Our heartfelt thanks and gratitude to Provincial local government of Guimaras through Provincial Office for Agricultural Services for funding this research study and Guimaras State University Administration for the support.

REFERENCES

[1] Acap RA. Production of Saline Tolerant Tilapia for Brackishwater Fishponds. Aquatech, Iloilo. 2016
[2] Abdel-Fattah ME. Tilapia Culture. 2006. (Available at: https://www.goodreads.com/book/show/661835.Tilapia_Culture.)
[3] Bartholomew WG. 2010.Effect of channel catfish stocking rate on yield and water quality in an intensive, mixed suspended-growth production system.
[4] BFAR VI. 2016. Hand Outs on Grow-out Culture of Tilapia in Pond.
[5] BFAR-PHILMINAQ. 2007. Managing Aquaculture and Its Impacts: a guide book for local governments, Quezon City, Philippines
[6] BFAR. Basic biology of Tilapia. 1992. https://www.bfar.da.gov.ph/bfar/download/nfftc/BasicBiologyofTilapia.pdf.
[7] Bryan R, Soderberg W, Blanchet H, Sharpe WE. 2011. Management of Fish Ponds in Pennsylvania. http://www.water
[8] Dewalle DR, Swistock BR, Sharpe WE. 2011. Episodic flow – duration analysis: assessing toxic exposure of brook trout (*Salvenius fontinalis*) to episodic increases in aluminum.
[9] DOST-PCAARRD. 2018. Philippines Recommends for Tilapia. Department of Science and Technology Philippine Council for Agriculture and Aquatic Resource Research and Development , Los Banos, Laguna, Philippines.
[10] Equia RV and Eguia MRR. 2004. Tilapia Farming in Pond and Cages. SEAFDEC/ AQD Extension Manual No. 36. SEAFDEC Aquaculture Department, Philippines, 40pp
[11] Eguia MRR, et.,al. 2020. Tilapia Culture: The Basics. SEAFDEC/ AQD Extension Manual No. 0115-5369 ; no.66. SEAFDEC Aquaculture Department, Philippines, 54pp
[12] Lakeway Tilapia. Tilapia Farming Guide. https://lakewaytilapia.com/tilapia-farming-guides.php. 2019
[13] Makori et.al. 2017. Effects of water physico-chemical parameters on Tilapia (Oreochromis niloticus) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. Fisheries and Aquatic Sciences (2017) 20:30.
[14] Ngugi CC, James RB, Bethuel OO. 2007.A New Guide to Fish Farming in Kenya, Oregon State University, USA.
[15] Philippine Fisheries Profile 2018. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, Quezon City, Philippines
[16] PSA-Quick Stat 2019
[17] Province of Guimaras. 2017. Provincial Development Agenda 2017-2022.
[18] Province of Guimaras. 2018. Project Proposal - Construction of Small Farm Reservoir.
[19] Smith IR and Pullin RSV. 1984. Tilapia Production Booms in the Philippines. ICLARM Newsletter, Philippines, pp 7-9
[20] USDA US. Department of Agriculture. Aquaculture outlook. 1996;4:26 – 28.

Scrum Yöntemi ile Geliştirilen Mobil Kurye Yazılımına ait Gereksinim Analizi Süreci

Requirements Analysis of Mobile Courier Software Developed with Scrum Method

Handan KEÇİCİ MAY [1], Didem YALÇIN[1], Burak YAĞIZYILMAZ[1], Berk KARAKOL[1], Hakan SAYIN[1], Can ÖZTOKER[1], Gönül BERİL AKSU[1], Buket DOĞAN [*,2]

[*]buketb@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1062-2439

[1] *Mng Kargo Arge Merkezi, İstanbul, TÜRKİYE*

[2]*Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE*

Özet: Lojistik alanında artan rekabet ve müşteri beklentilerini karşılayabilmek, yenilikçi ve kaliteli hizmet sunmak için hizmetlerin güncel yazılım teknolojileri ile sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yazılımların geliştirim süreçlerinin de düşük maliyet, yüksek üretkenlik ve kaliteyi sağlayan çevik yöntemlerle yazılım süreçlerinin geliştirilmesi kurumların istedikleri sonuca hızlı ve maliyet etkin bir biçimde ulaşmasını sağlamaktadır. Çevik yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan yazılım geliştirme metodolojilerinden bir tanesi de SCRUM yöntemidir. Bu çalışmada, SCRUM yöntemini MVP (minimum viable product) yaklaşımı ile kullanarak geliştirilen Mobil Kurye Yazılım sisteminin gereksinim analizi süreci ve SCRUM yönteminin nasıl uygulandığı açıklanmaktadır. Bu yazılım; Türkiye'nin taşımacılık alanında önde gelen bir işletmesi için sahadaki kuryelerin, dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirirken kargo taşıma işlem süreçlerinin dijitalleştirilmesi, güvenli ve hızlı bir biçimde teslimat gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilmektedir. NEXT adındaki bu mobil yazılımı; hem mevcut kuryeler, hem sisteme dinamik olarak eklenebilen girişimci kuryeler tarafından kullanılabilecek şekilde planlanmıştır. NEXT yazılımı ile bir kuryenin sahada maksimum, şubede ise minimum süre geçirmesini, esnek saatlerde teslimat yapılabilmesini sağlayarak işletmeye büyük bir fayda sunmaktadır. Mevcut durum ve gereksinim analizi için mevcut kurye kullanıcıları ile anket çalışması gerçekleştirilerek mevcut sistemdeki problemler ve kuryelerin beklentileri ortaya çıkartılmıştır, ardından kuryelerin gün içerisinde gerçekleştirdiği aktivitelerin işlem adımları, yazılım sisteminin kullanıcı türleri ve gerçekleştirilecek faaliyetler belirlenmiştir. Kuryelerin en çok sorun yaşadığı çevrimiçi internet bağlantı problemlerini çözmek için çevrimdışı (offline) da çalışabilecek bir sistem planlanmıştır. Yazılımın dağıtım süreci için de güvenli bir dağıtım altyapısı sağlayan Android Enterprise ortamı ile uygulamanın sunulmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada, SCRUM yönteminin önemli aşamalarından olan mevcut durum ve gereksinim analizi süreci aşamasının NEXT yazılımı için nasıl kullanıldığı açıklanarak, lojistik alanında uygulanmasına bir örnek oluşturulması amaçlanmaktadır.

***Anahtar Kelimeler**: Çevik Yazılım Geliştirme, SCRUM, Mobil Yazılım, Lojistik Sektörü*

Abstract: In the field of logistics, it is of great importance to maintain the services with up-to-date software technologies in order to meet the increasing competition and customer expectations, and to provide innovative and quality service. Developing software processes with Agile methods that ensure low cost, high productivity and quality in the development processes of these software enable businesses to reach the desired result quickly and cost-effective. One of the most widely used software development methodologies among agile

methods is SCRUM. In this study, the requirements analysis process of the Mobile Courier Delivery Software system which is developed using SCRUM method with the MVP (minimum viable product) approach is explained. This software has been developed for the purpose of digitizing the cargo transportation processes in the distribution activities of a leading company in the field of transportation in Turkey, and realizing safe and fast delivery. This software, called NEXT, is planned to be used by both existing couriers and entrepreneur couriers that can be added to the system dynamically. NEXT software provides a great benefit to the business by enabling a courier to spend maximum time in the field and minimum time in the branch, and deliver flexible hours. For the current situation and requirement analysis, a survey was conducted with the existing courier users to reveal the problems in the current system and the expectations of the couriers, then the steps of the activities carried out by the couriers during the day, the user types of the software system and the activities to be carried out were determined. In order to solve the online internet connection problems that the couriers have the most problems while using the existing software, a software system that can work offline is planned. It was decided to present the application with the Android Enterprise environment, which also provides a secure distribution infrastructure for the distribution process of the software. In this study, it is aimed to set an example for its application in the field of logistics by explaining how the current situation and requirements analysis process phase, which is one of the important stages of the SCRUM method, is used for NEXT software.

Keywords: *Agile Software Development, SCRUM, Mobile Software, Logistics Sector*

I. GİRİŞ

Çevik yazılım geliştirme 2001 yılında "Çevik Manifesto"[1] ile ortaya koyduğu dört temel değer ve on iki ilke aracılığıyla yazılım mühendisliği topluluğuna resmi olarak tanıtılan, değişken gereksinimlere hızla uyum sağlama yeteneğinin öne çıktığı yöntemler grubunu temsil eden bir yaklaşımdır [2-5]. Çevik Manifesto'nun ilan edilmesinin ardından pek çok araştırmacı çevik yazılım geliştirme konusunda çalışmış ve yazılım proje yöneticileri hızlı ürün çıkartabilen bu yönteme yoğun ilgi göstermişlerdir. Çevik terimi Scrum, uç programlama (eXtreme Programming -XP), özellik güdümlü geliştirme (Feature Driven Development -FDD) ve uyarlamalı yazılım geliştirme (Adaptive Software Development) gibi yöntemleri içeren bir şemsiye terim olarak yazılım literatüründe yer almaktadır. Çevik Metodolojiler, yinelemeli ve artan geliştirmeye dayanan bir yazılım geliştirme yöntemleri grubudur. Bu yöntemlerde; uyarlanabilir planlama, yinelemeli gelişim, değişime hızlı ve esnek cevap verme ve iletişimi teşvik etme şeklinde ortak özellikler bulunmaktadır. Uç programlama (Extreme Programming-XP) ve Scrum gibi çevik yazılım geliştirme uygulamaları, rekabetin yoğun olduğu, teknolojilerin hızla geliştiği ve belirsizliklerin yoğun olduğu ortamlarda giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır ve mobil yazılım geliştirme uygulamaları için de en iyi pratik (best practice) olarak da literatürde önerilen yöntemlerdir [5-10].

SCRUM yöntemi lojistik alanında en fazla kullanılan çevik yöntemdir [11] ve kullanımı müşteri ile şirket fonksiyonel alanları arasında iletişim gelişimini teşvik etmektedir [12]. Lojistik sektöründe çevik yöntemlerin kullanılması bu sektördeki değişen önceliklere ve taleplere yanıt verme, ürün teslimatının hızlandırılması ve bilgi teknolojileri bölümü ile diğer iş birimleri arasında daha yoğun koordinasyonun sağlanmasına destek olma ve bu alandaki zaman baskısı sorunu ile baş etmek için fayda sağlamaktadır [11, 13] . Ayrıca SCRUM yönteminin mobil uygulama geliştirme çalışmalarında kullanılmasının geliştirme süresini kısaltma ve müşteri memnuniyetini ve kullanışlılığını artırma gibi olumlu etkileri de bulunmaktadır [14, 15].

Mobil yazılım geliştirme için literatürde de önerilen bir yöntem olan SCRUM yöntemiyle geliştirilen bu çalışmadaki uygulama için, işletmede yer alan tüm kuryelerin kolayca kullanabileceği Android tabanlı kullanıcı dostu bir arayüze sahip bir yazılım geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yeni geliştirilecek mobil kurye yazılımı ile kuryenin hem sahada hem de şubede elle giriş yaparak gerçekleştirdiği işlemlerin büyük bir kısmı yazılım içerisine dâhil edilerek otomatik olarak gerçekleştirilecektir. Bu şekilde işlemlerde kaybedilen sürede ve oluşabilecek hatalarda azalma sağlanabilecektir. Ayrıca uygulama sayesinde dağıtım sayılarının artması ve dağıtım hızını artıracak nitelikteki fonksiyonlar ile teslimat oranlarında artış sağlanması hedeflenmektedir.

II. SCRUM VE MVP YÖNTEMİ

Schwaber tarafından Scrum ismi konularak yeni bir yazılım geliştirme yöntemi olarak ortaya çıkan SCRUM yöntemi ismini Rugby oyunundaki takım üyelerinin yan yana durduğu ve takım ruhunun ve mücadelesinin altının çizildiği pozisyondan almaktadır [16]. Scrum yöntemi, karmaşık projeleri tamamlamak için yinelemeli artımlı yazılım geliştirme sürecine sahip, modern bilgi teknolojileri endüstrisinde önemli çevik bir çerçevedir [17].

Scrum sürecinde, tüm geliştirme döngüsü birkaç küçük yinelemeden (Sprintler) oluşur ve her Sprint için geliştirme süresi 2 ila 4 haftadır. Ürün iş listesi (product backlog) olarak kullanıcı gereksinimlerinin öncelik sırasına göre bir iş listesi hazırlanır. Buradan her sprint için belirli bir iş listesi alınarak, sprint iş listesi olarak adlandırılan sprint hedefleri belirlenir. Bu hedefler bir sprint boyunca ekibin yapacağı işlerin detaylı bir içeriğidir. Bu şekilde yinelemeli bir geliştirme döngüsünde teslim edilebilir bir yazılım ürünü oluşturmak için yöntemin uygulanması sağlanır [18].

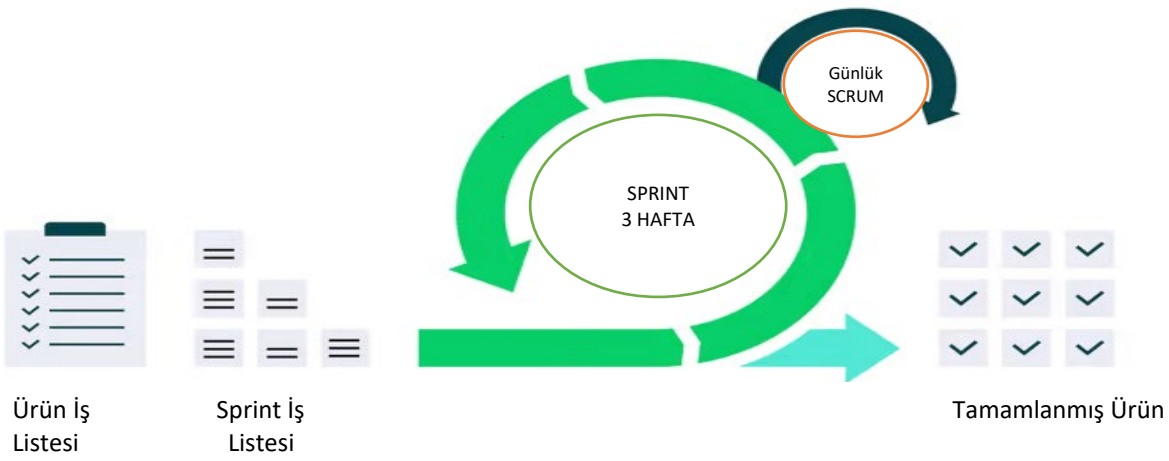
Scrum yönteminde üç ana rol bulunmaktadır Bunlar; Ürün Sahibi, Scrum Master ve Geliştirme Takımı rolleridir. Ürün Sahibi, müşterinin sesini temsil etmektedir. Ana sorumluluğu, öncelik bazında sıralanmış bir gereksinimler listesi olan ürün biriktirme listesinin oluşturulmasıdır. Scrum Master ise Scrum sürecinden sorumludur ve proje sırasında ortaya çıkan problemlerde ekibe yardımcı olmaktan sorumludur. Bir liderden çok, Scrum Master bir rehber olarak kabul edilir. Kendi kendini organize eden ve çok işlevli bir ekip olarak nitelendirilen Geliştirme Takımı; ürünün geliştirilmesinden ve takımın her bir üyesinin her Sprint sırasında gerçekleştirmeyi taahhüt ettiği görevlerden sorumludur [19, 20].

Scrum çerçevesi bir rehber ile belirtilmiş olmakla birlikte çerçevenin içi şirketin ve takımların kültürüne göre geliştirilebilecek teknikler ve pratikler ile zenginleştirilebilmektedir. Bu sebeple Scrum'ın uygulanışı ile ilgili birçok farklı pratik ile karşılaşılabilmektedir [19]. SCRUM yöntemi yalın prensipler [21] ile birlikte kullanıma uygun bir yöntem olarak literatürde yer almaktadır. Yalın prensiplerden MVP (En Küçük Çalışan Ürün) yöntemi ilk defa TOYOTA tarafından kullanılan ve teslim etme süresi ve verimliliği artıran bir yöntemdir. Bu yöntemde ortaya hızlıca çıkan bir ürün olması sağlanmakta ve bu da geliştiricilerin elinde bir ürün olmasını sağlamaktadır. MVP'de bir ekibin müşteriler hakkında en az çabayla eldeki doğrulanmış bilgiden yeni bir ürün sürümünün ortaya çıkması sağlanmaktadır. Böylece geliştiriciler başlangıç fikirleri ve ürünün son hali üzerine düşünme fırsatı bularak geliştirme sürecine devam etmektedirler. Böylece kısa sürede çıkan prototipler ile her aşamada çalışan bir ürün olması sağlanmaktadır [22, 23].

III. SCRUM YÖNTEMİNİN MVP YAKLAŞIMI İLE UYGULANMASI

Öncelikle projeye başlamadan önce tüm proje ekibi 2 tam gün süren çevik proje eğitimini tamamlamıştır. Proje ekibi içerisinde tam zamanlı çalışan; 1 analist, 2 önyüz, 1 arkayüz, 1 kullanıcı arayüz tasarımcısı, 1 kullanıcı deneyimi tasarımcısı, 1 ürün sahibi olmak üzere toplam yedi kişi görev almaktadır. Yazılım proje yönetim aracı olarak JIRA kullanılarak ekibin proje içerisinde koordinasyon ve iletişimi sağlanmıştır. SCRUM yöntemi Şekil 1'de de görüldüğü gibi; öncelikle ürün iş listesi hazırlanmış ve bu listeden sprint iş listesinin belirlenmesi sağlanmıştır. Ardından üç haftalık sprint çalışmaları ve günlük SCRUM toplantıları ile yinelemeli bir yaklaşımla tamamlanmış ürüne doğru geliştirme döngüsü ile ilerlenmiştir.

Bu çalışmada çevik yöntemlerden SCRUM yöntemi yalın prensiplerden MVP (En Küçük Çalışan Ürün) yöntemi ile birlikte kullanılmıştır. Çevik bir yöntem olan SCRUM ile birlikte "Odaklanılacak iş gereksinimleri hangileridir?" sorusuna cevap aranırken, yalın metotlardan MVP kullanılarak hızlı prototip üretme faaliyeti gerçekleştirilirken "Verimli bir şekilde işi nasıl yaparız?" sorusuna cevap aranmıştır. MVP geliştiricilere sürekli olarak "gereksinim toplama-yazılım geliştirme ve doğrulama" yöntemini önerdiği için [22] ilk gereksinimlerin belirlenmesini takip eden aşamada hızlıca ürün geliştirilerek prototip yapılması ve her sprintte önceliklendirilen özellik listesinden prototipe özellik eklenmesi sağlanmıştır. Bu yöntemde belirsizliklerin prototip üreterek ortadan kaldırılması ve daha hızlı ve etkin bir biçimde tam özellikli ürüne ulaşılması sağlanmaktadır.



Şekil 1. SCRUM yönteminin uygulanması

MVP için öncelikli özellikler olarak; giriş (login) işlemleri, araç indirme, zimmet işlemleri, teslimat, araç yükle ve akşam devir işlemleri belirlenmiştir. NEXT yazılımı için ilk prototip giriş işlemlerini içerirken, her yeni prototip içerisinde yeni işlem özelliklerinin olması sağlanmıştır.

A. Mevcut Durum ve Gereksinim Analizi

Mevcut sistemde dağıtım işlemi için kurum içinde görevli kuryeler ve kendi aracıyla kargo başına yaptığı teslimata dayalı kazanç ederek sisteme dâhil olabilen girişimci kuryeler görev alabilmektedir. Kuryelerin gün içerisinde gerçekleştirdiği aktiviteler göz önüne alındığında Şekil 2'de görülen işlemlerin gerçekleştirildiği görülmektedir.

Şekil 2. Kargo işlem aşamaları

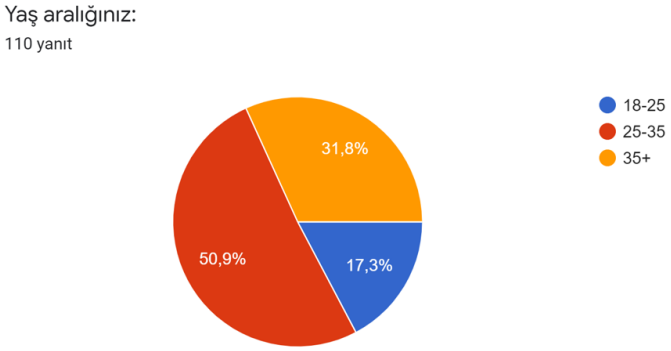
Öncelikle, müşteriye dağıtılmak üzere transfer merkezlerinden şubelere gelen kargoların sabah geldiklerinde indirme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bu süreçte tek tek kargo indirme işlemi yapılarak kargolar şubenin zimmetine geçirilmektedir. Önce araç barkodu, sonra kargo barkodu okutularak eşleştirme işlemi yapılmaktadır. Araç indirme yapıldıktan sonra artık kargolar şubenin zimmetine geçmiş olmaktadır. Ardından, kuryeler bu kargoları tek tek barkodlarını okutarak zimmetlerine almaktadırlar. Sonraki aşamada ise kuryeler teslimat aşamasına geçmekte ve adreslere kargoları dağıtma işlemini gerçekleştirmektedirler. Teslimat yapan kuryelerin bir sonraki aşamada gerçekleştirdikleri teslim adetlerinin de kayıtlarının tutulması ve performanslarının hem kurum hem de kendileri tarafından takibinin sağlanması gerekmektedir.

Bu iş akış aşamasını mevcut sistemi kullanarak gerçekleştiren kuryelerden görüşleri alınarak bir durum ve ihtiyaç analizi gerçekleştirilmiştir.

Mevcut sistemi kullanan; kuryeler ile Google formları(forms) aracılığı ile hazırlanan ve Mart 2020 tarihinde bir hafta süreyle erişime açık olan ve kuryelerin doldurması amacıyla gönderilen anket yoluyla mevcut kullanıcıların gereksinimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu anket çalışması analiz ekibi tarafından geliştirilmiştir ve 2 adet demografik bilgi, sekiz adet çoktan seçmeli soruyu ve bir adet açık uçlu soruyu içermektedir. Ankete 110 kişi katılmıştır, tüm katılımcıların cinsiyeti erkektir. Katılımcıların %92'si saha içi operasyon elemanı olarak normal kurye, %8'i ise girişimci kurye olarak görev yapmaktadır.

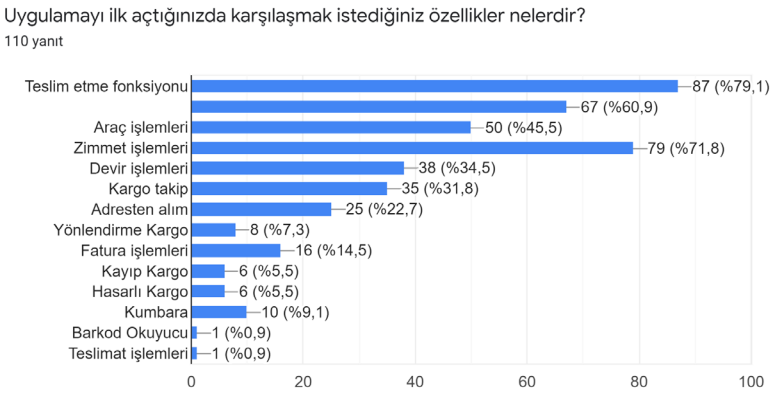
Katılımcıların yaş dağılımları ise Şekil 3'te görülmektedir. Katılımcıların %51'i 25- 35 yaş arasındadır. Ayrıca 35 yaş üstü katılımcı kurye oranı %32, 18-25 arası ise %17 olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 3. Anket katılımcı yaşları

1. Katılımcı kuryelerin çoklu seçim yapabildiği "Hangi sosyal medya uygulamalarını kullanmaktasınız?" sorusuna verdikleri yanıtlara göre ilk üç uygulama sırasıyla: Whatsapp (%69), Facebook (%59) ve Instagram (%55) olarak ortaya çıkmıştır. Bu cevap geliştirilecek yazılımda el ergonomisi ve alışkanlıkları için referans olarak kullanılacaktır.

2. "Kargo uygulamasında ilk açılışta karşılaşmak istediğiniz özellikler nedir?" sorusuna ise katılımcıların verdikleri yanıtlar Şekil 4'te görülmektedir. Buna göre; katılımcı kurye görevlileri ilk beş fonksiyon olarak Teslim etme (%79), Zimmet işlemleri (%72), Kargo sayısı (%60), Araç işlemleri (%34) ve Devir işlemleri (%32) özelliklerine sahip bir uygulama beklentisi içerisindedirler.



Şekil 4. Katılımcıların mobil yazılımdan istediği özellikler

3. Mevcut Kargo-droid uygulamasını teslimat sürecinde etkin kullanıyor musunuz?" sorusuna ise katılımcı kurye görevlilerin sadece %45'i oldukça etkin kullandığını belirtmiştir.
4. "Mevcut Kargo-droid uygulamasını neden etkin kullanamıyorsunuz" sorusuna katılımcı kuryeler açık uçlu olarak yanıt vermiştir. Buna göre; katılımcıların %33'ü cihazın çoğu zaman çekmediğini bağlantı problemleri yaşadığını belirtmiştir, %26'sı uygulamayı zaman alıcı bulduğunu belirtmiştir. Cihazı yetersiz bulanların oranı %25 iken, barkod okutmakta zorlananların %5 olduğu görülmüştür.
5. "Teslimat listesini sıralarken hangi sıralama alanını kullanıyorsunuz" sorusuna ise katılımcı kuryeler %95 ile alıcı adını kullandıklarını belirtmişlerdir.
6. "Teslimat listesi ekranında sizin için öncelikli bilgiler hangileridir" sorusuna verilen yanıtlar ise çoktan seçmeli verilen yanıtlara göre ilk 5 fonksiyon; alıcı adı (%88), alıcı adresi (%71), alıcı telefon no (%71), mal bedeli tutarı (%48) ve ödeme şekli (%44) olarak ortaya çıkmıştır.
7. "Teslimat işlemleri sırasında Barkod okuyucuyu etkin olarak kullanabiliyor musunuz?" sorusuna ise katılımcıların %39'u etkin olarak kullandığını belirtmiştir.
8. Barkod okuyucuyu etkin kullanamayan 43 katılımcının verdiği açık uçlu yanıtlar incelendiğinde; bağlantı ve telefon çekmemesi ile ilgili sorunları (%8), program hataları (%9), şarj problemleri (%4), programın yanıt verme süresi (%6) ile sorunlar yaşadıklarını belirttikleri görülmüştür.
9. "Teslim düşülen ekranda görmek istediğiniz beş özellik nedir" sorusuna ise katılımcıların Ödeme şekli (%70), Parça Adedi (%65), Fatura No (%63), Toplam Tutar (%58) ve Barkod okutma (%50) şeklinde özellikler görmek istediklerini belirttikleri görülmüştür.

Bu anket içerisinde belirlenen 13 kurye ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerde ise mevcut mobil yazılımın sorunları ve mevcut kullandıkları yazılım hakkındaki görüşleri daha detaylı bir biçimde alınmıştır. Görüşmede şu anda kullandığınız Kargo-droid uygulamasına ait görüşleriniz nedir?" sorusu katılımcılara yöneltilmiştir. Görüşmeler kuryenin destek ofis lokasyonuna olan uzaklığına göre ulaşımı mümkün ise yüz yüze, mümkün değil ise telefon ile gerçekleştirilmiştir. Görüşmelere katılanların tümü erkek ve katılımcıların yaş ortalaması 30'dur.

Katılımcıların aşağıda gruplanan temalarda görüş bildirdikleri görülmüştür.
Yazılımda Teknik Sorunlar: Yazılımda yanlışlıkla teslim düştüğü zaman geri alınamaması, aynı isimdeki iki kargonun ayrı ayrı sistemden düşülmesi gerektiği konusunda görüş bildiren yedi katılımcı olmuştur. Katılımcılardan el cihazının hata vermesi ve cihazı açıp kapatarak sorunun ancak çözülebildiği yönünde şikayetler gelmiştir.
Bağlantı Sorunları: Binalarda telefon çekmemesi nedeniyle bağlantı sorunları yaşadığını belirten altı katılımcı olmuştur. Örneğin, bu nedenle zimmet düşme işleminin şubede gerçekleştirmek zorunda kalındığı belirlenmiştir
Zimmet Alma ve Teslim Düşme İşlemleri: Katılımcı kuryelerden altı kişi zimmet alma ve teslim düşme ile ilgili mevcut uygulamada sorunlar yaşadıklarını belirtmişlerdir. Örneğin, bir katılımcı, zimmet listesinde arama yapılması ile ilgili zorluklar yaşadığını belirtmiştir.
Başka bir katılımcı ise, zimmet alma sırasında kaydet düğmesine basılmadığında alınan kayıtların silinmesi işlemin tekrar yapılmak zorunda kaldığını belirtmiştir.
Zimmete alma ve teslim düşme işlemleri sırasında sistemin kapanması sorunuyla karşılaşıldığını ve sistemi kullanmanın zor olduğunu belirten katılımcı da bulunmaktadır. Katılımcılardan teslim düşme işlemini şubede, manuel yapmak zorunda kaldığını belirtenler de olmuştur. Ayrıca barkod okumada hata alınması nedeniyle işlemlere devam edilememesi de bir sorun olarak aktarılmıştır.
Performans: Katılımcılardan üç kişinin ise hak edişlerinin otomatik gözükmesi ile ilgili istekleri bulunmaktadır.
Ayrıca bu sistemde girişimci kuryeler şube kasa kapanışından sonra teslimat yapamamaktadır. Katılımcı kuryelerin görüşlerine göre; mevcut yazılımın kuryeler tarafından sahada kullanımında yukarıda açıklanan sorunlar olduğu görülmektedir ve bu problemleri çözüme kavuşturacak yeni bir mobil yazılım gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Gereksinim aşamasında rakip işletmelerin (ulak, banabikurye, yemeksepeti, getir gibi) mobil uygulamaları da incelenerek, onların olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirilerek analizler gerçekleştirilmiştir.

Yeni geliştirilecek NEXT yazılımı ile; kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi, işlemsel verimlilik sağlanması, çevrimdışı-offline çözümler ile uygulamanın etkin kullanımının sağlanması, girişimci kuryeler ve mevcut kuryeler için tek giriş (login) ile iki farklı deneyimi sağlayan tek bir uygulama altında birleştirilme sağlanması, girişimci kurye altyapısının geliştirilerek yaygınlaşma hızının artırılması, girişimci kuryelerin akşam saatlerinde ve hafta sonu teslimat yapma olanağının sağlanması, kuryelerin hak edişlerinin görüntülenmesiyle teslim performansında artış sağlanması, yazılımın performans sorunlarının giderilmesi amaçlanmaktadır.

NEXT yazılımı proje zaman planı ise Şekil 5'te görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir. Proje, 2020 yılı Şubat ayında başlamış ve ilk prototipin ortaya çıkışı ile dört şubede pilot uygulamanın başlaması planlanmıştır. 2020 yılı Aralık sonu itibariyle de projenin tüm şubelerde kullanılması ve projenin tamamlanması hedeflenmiştir.

Şekil 5. NEXT yazılımı proje zaman planı

B. NEXT Yazılımı İş Akış Diyagramlarının Oluşturulması

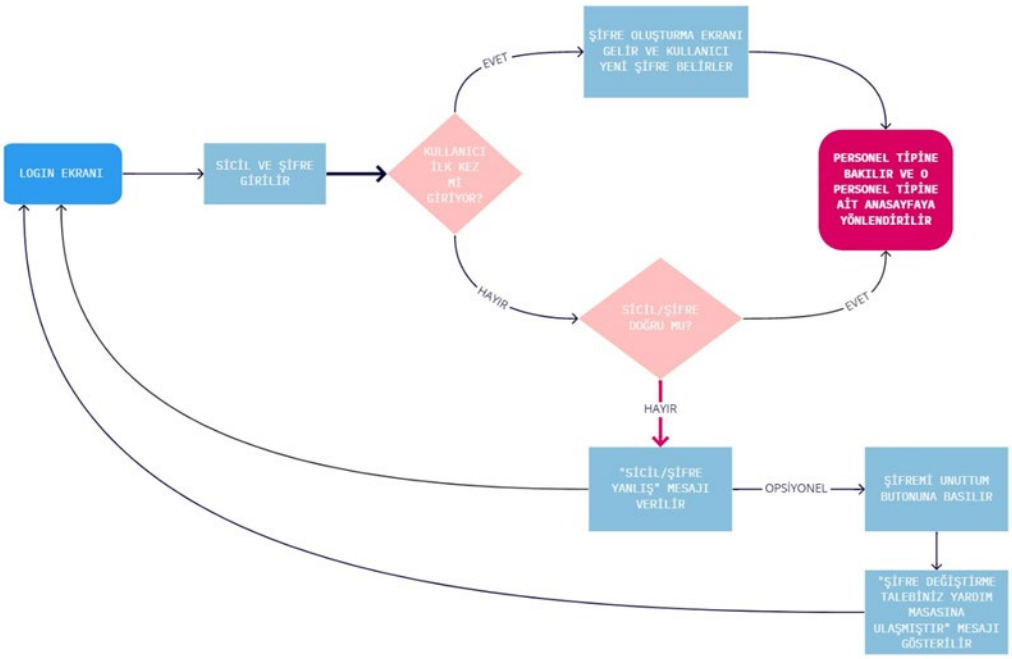
Sistemde Kurye, Girişimci Kurye, Müşteri Hizmetleri Sorumlusu (MHS), Şube Müdürü olmak üzere dört farklı kullanıcı rolü bulunmaktadır.

Sistemdeki Kurye ve Girişimci Kurye rollerinde; sisteme giriş (login), araç indirme, zimmet işlemleri (zimmet alma ve sonuçlandırma), teslimat işlemleri, performans işlemlerine dair faaliyetleri bulunabilmektedir. Girişimci kuryeler normal kuryelerden farklı olarak, sistemde kendilerine belirlenen esnek saatlerde de (örneğin gece saatlerinde) teslimat yapabilmektedir. MHS rolü ise zimmet işlemlerine ek olarak hasarlı kargo ve yönlendirme kargo işlemlerini yapabilmektedir. MHS rolünde teslimat işlemleri bulunmamaktadır. Şube Müdürleri ise; araç indir, akşam devir, yönlendirme ve hasarlı kargo girişi gibi operasyonel işlemlerini yapabilmekte ama teslimat işlemlerini yapamamaktadır.

MVP için de belirlenen öncelikli özelliklerden kurye giriş (login) işlemi ile ilgili iş akış diyagramına ait gereksinimler ve iş akış şemasının oluşturulması sağlanmıştır. Mevcut sistemde bağlanma servislerinde personel türüne bakılmadan bağlantı işlemi gerçekleştirilmekte iken mobil kurye uygulamasında yetkilendirme bazlı bağlantı yapısı kurulması amaçlanmaktadır. Yeni bağlantı adımında kuryenin mesai dışı çalışma zamanlarıyla ilgili kısıtlamalar çalıştırılacaktır. Girişimci kuryede zamana bağlı bağlantı kısıtlamaları olmayacak ve kendisine tanımlı tüm zaman dilimlerinde bağlanması ve teslimat yapabilmesi mümkün olabilecektir.

Şekil 6'da bu bağlantı işlemini gerçekleştiren iş akış diyagramı görülmektedir. Giriş ekranı içerisinde öncelikle kullanıcı sicil bilgileri ve şifre bilgileri alınmaktadır. Eğer kullanıcı ilk defa bağlanıyorsa şifre oluşturma ekranı ile kullanıcı yeni bir şifre belirleyebilir. Eğer kayıtlı bir kullanıcı ise kullanıcı bilgileri kontrol edilir ve geçerli bir Sicil/Şifre değeri girilmiş ise personel tipine uygun bir sayfaya yönlendirilir. Eğer kullanıcı geçersiz bir Sicil/Şifre değeri girmiş ise, kendisine şifre hatırlatma ile ekrana geçebilmesi için bir seçenek sunulur.

Benzer şekilde sistemdeki kullanıcıların gerçekleştirmesi gereken araç indirme, zimmet işlemleri, teslimat, araç yükle ve akşam devir ve hak edişlerin görüldüğü performans işlemlerine ait iş akış diyagramları oluşturulmuştur.



Şekil 6. Giriş işlemi iş akış diyagramı

C. Sprint Örnekleri

Projenin başlangıcından itibaren üç haftalık sprintler yürütülmüştür. Her sprint içerisinde hangi faaliyetlerin olduğu ve bu faaliyetlerinde ekipte kimlerin sorumlu olduğu proje yönetim aracı JIRA yazılımı ile takip edilmiştir. Şekil 5'te de örnek olarak belirtilen sprint içeriklerinde de görüldüğü gibi, proje açılışı ve gereksinim analizi ve anket çalışmaları ilk sprint içerisinde gerçekleştirilmiştir. Ardından mobil yazılım için kullanılacak Android Enterprise yönetim araçlarının incelenmesi ve uygulamada kullanılacak servislerin planlanması ikinci sprint içerisinde gerçekleştirilmiştir. Üçüncü sprint itibariyle de giriş-login işlemlerine ait ekranların oluşturulması, otomatik/manuel araç indirme ve zimmet işlemleri ekranı oluşturularak ilk prototipin ortaya çıkması sağlanmıştır.

Şekil 5. Sprint örnekleri

D. Dağıtımın (Distribution) Planlaması

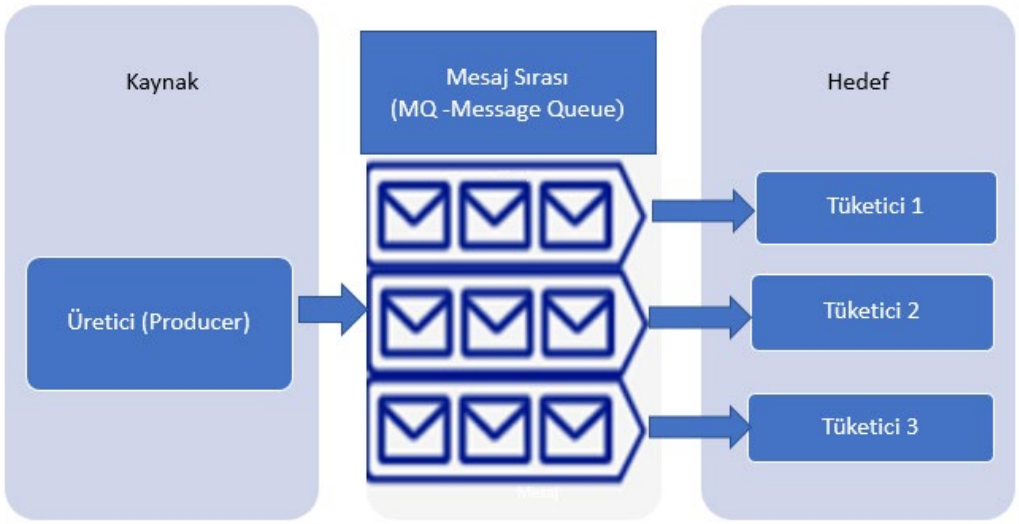
NEXT yazımının kurum içinde dahili (internal) bir uygulama olması ve sadece saha tarafından erişilebilmesi için dağıtım kısmında Google tarafından en iyi uygulama (best practice) olarak adlandıran belirli organizasyon gruplarının erişebileceği şekilde Android Enterprise [24] kurallarına göre uygulamanın dağıtımına karar verilmiştir.

Android Enterprise, Android cihazlarının ve uygulamalarının belirli bir iş ortamında kullanılmasını sağlamak için Google liderliğindeki bir girişimdir. Program, geliştiricilerin Android desteğini kurumsal mobilite yönetimi (EMM- enterprise mobility management) çözümlerine entegre etmeleri için API'ler ve diğer araçları sunmaktadır. Android Enterprise ile özel (private) uygulamalar, yayınlandıklarında kuruluş için onaylanarak tıpkı genel uygulamalar gibi kurum içerisinde dağıtılabilirler; bunları kurum içindeki cihazlarına uzaktan yüklemek veya kullanıcıların yönetilen Play Store uygulamasında listelenmesi için EMM konsolu kullanılmaktadır.

E. Çevrimdışı (offline) ve Çevrimiçi (online) Çalışma Sisteminin Planlanması

Mevcut sistemi kullanan kuryelerin özellikle şikayetlerinin yoğunlaştığı bağlantı problemlerinin uygulamanın kullanımına olumsuz etki etmemesi için çevrimdışı (offline) teslimat özelliği eklenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Uygulamada internet erişimi olmadığında teslimat işlemlerini gerçekleştirebilmek için çevrimiçi(online) bağımlılıktan kurtaracak bir çalışma şekli planlanmıştır. Yeni geliştirilecek çevrimdışı(offline) teslimat özelliğiyle hat ve sistem bağımsız teslimat işlemleri gerçekleştirilebilecektir. Kuryenin yerel saklama alanındaki verinin, kuryenin bant genişliği ve cihazdaki aldığı aksiyona bağlı olarak güncellenip güncellenemeyeceğine karar verilecektir. Kurye eğer teslimat yaptıysa, teslimat listesindeki veride bir değişiklik olduğu anlaşılarak, teslimat listesindeki veride bir değişiklik olduğu kabulü ile hareket edilecektir. Burada kuryenin kullandığı uygulama içerisinde "Teslim Edilenler" adında ikinci bir liste oluşturulması planlanmıştır. Kuryenin yaptığı teslimat-tahsilat

işlemleri cihaz içerisindeki çevrimdışı veritabanı üzerinde tutulacaktır. Kuryenin ayrıca herhangi bir işlem yapmasına gerek kalmadan bağlantı geldiği anda; daha önce yapılan teslimat-tahsilat işlemleri çevrimiçi sistemlere akacaktır. Önceki çözümde sadece web servisleri ile çözümlenmeye çalışılan teslimat verisi akışında yerel verinin çok birikmesi ve büyük bir veri yığınının işlenmesi ile ilgili sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek için teslimatların önem derecesine göre yük dengesinin sağlanması ve web servislerinin genişletilmesine gerek duyulmadan, maliyet etkin ve verimli bir kullanım sağlayan kuyruklama sunucusu kullanımı ile MQ (Mesaj Kuyruk- Message Queue) sisteminin kullanılması planlanmıştır.



Şekil 6. MQ yapısı

Şekil 6'da görülen MQ yapıları, bir kaynaktan (servis, uygulama vb) alınan mesajı başka bir kaynağa iletmek üzere özellikle yoğun veri akışının olduğu sistemlerde, çok sayıda verinin işlenmesi esnasında oluşabilecek tıkanmaların önüne geçmek için, verileri kuyrukta tutma ve sonrasında istenen kaynağa yazma prensibiyle çalışmaktadır. Bu geliştirmeyle beraber; sistemin çalışmaması, hattın olmaması gibi sorunlardan teslimat işlemlerinin etkilenmemesi sağlanacaktır. Bütün teslimat verilerinin öncelikle kuyruklama sunucuna aktarılması ve bu verileri karşılayan tüketici (consumer) yapıların verileri alarak veriyi ilgili Oracle veritabanına aktarması ve yazma işleminin gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu kullanım, sistemde yük dengesini sağlayarak istemci tarafındaki kuryenin faaliyetlerinde herhangi bir kesintiye neden olmadan bağlantı bağımsız bir şekilde faaliyetlerin sürdürülmesini sağlayacaktır. Yayınlayıcı taraf olan istemci ile isteklerin gerçekleştirilmesini sağlayan tüketici tarafının iletişim kurmasını MQ sunucusu sağlayacaktır. MQ sunucusu olarak Erlang dili ile açık kaynak kodlu geliştirilen yaygın kullanıma sahip RabbitMQ kullanılması planlanmıştır.

IV. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen kargoculuk faaliyetlerinin karmaşık yapısı, çalışan ve müşteri beklentileri, uygulamanın kullanımı sırasındaki bağlantı sorunları ve farklı kullanıcı türlerinin bulunması, mobil uygulama geliştirmeyi karmaşık bir süreç haline getirmektedir. Bu karmaşık süreci yönetilebilir hale getiren SCRUM yöntemi ile yazılım geliştirme sürecinin en önemli aşamalarından birisi olan gereksinim analizi kısmının gerçekleştirilmesi üretilen yazılımın kaliteli, maliyet etkin, verimli ve kurumun rekabet gücünü artırıcı sonuçları olmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada; NEXT adı verilen mobil kurye yazılımı için SCRUM yöntemiyle

mevcut durum ve gereksinim analizi, kullanıcı beklentileri, sorunların tespiti ve çözüm yollarının ortaya konması sağlanmıştır. Çalışmanın bu çerçevede benzer alanlarda çalışacak araştırmacılar ve yazılım geliştirme ekiplerine yol gösterici olması, yeni teknolojiler ve modern bilişim sistemleri çözümlerinin ülkemizde kullanımının yayınlaştırılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

REFERANSLAR

[1] K. Beck, M. Beedle, A. Van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, ve R. Jeffries, "Manifesto for agile software development," 2001.

[2] M. Fowler, ve J. Highsmith, "The agile manifesto," *Software development,* vol. 9, no. 8, 2001, pp. 28-35.

[3] A. Cockburn, ve J. Highsmith, "Agile software development, the people factor," *Computer,* vol. 34, no. 11, 2001, pp. 131-133.

[4] D. Çalışkan, A. Yavuz, B. Doğan, ve B. Çalış, "Türkiye'de Çevik ve Klasik Yazılım Geliştirme Metodolojilerine Dair Kapsamlı Bir Değerlendirme," *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* vol. 10, no. 1, 2021, pp. 149-159.

[5] R. Hoda, N. Salleh, J. Grundy, ve H. M. Tee, "Systematic literature reviews in agile software development: A tertiary study," *Information and software technology,* vol. 85, 2017, pp. 60-70.

[6] T. Dybå, ve T. Dingsøyr, "Empirical studies of agile software development: A systematic review," *Information and software technology,* vol. 50, no. 9-10, 2008, pp. 833-859.

[7] L. Williams, "Agile software development methodologies and practices," *Advances in computers*, pp. 1-44: Elsevier, 2010.

[8] G. Kumar, ve P. K. Bhatia, "Impact of agile methodology on software development process," *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE),* vol. 2, no. 4, 2012, pp. 46-50.

[9] E. Çetin, ve P. Onay Durdu, "Blended Scrum model for software development organizations," *Journal of Software: Evolution and Process,* vol. 31, no. 2, 2019, pp. e2147.

[10] C. Scharff, ve R. Verma, "Scrum to support mobile application development projects in a just-in-time learning context." pp. 25-31.

[11] M. Zielske, ve T. Held, "Agile methods used by traditional logistics companies and logistics start-ups A systematic literature review," *Journal of Systems and Software*, 2022, pp. 111328.

[12] L. S. dos Santos, A. L'Erario, T. Pagotto, J. R. M. Camilo, F. S. Oliveira, ve J. A. Fabri, "A scrum-based process to distributed projects in multidisciplinary teams: a case study." pp. 133-134.

[13] M. Zielske, ve T. Held, "The use of agile methods in logistics start-ups: An explorative multiple case study," *International Journal of Innovation and Technology Management,* vol. 17, no. 06, 2020, pp. 2050042.

[14] G. W. Sasmito, ve A. Fauzan, "The implementation of scrum framework for developing fundraising mobile applications," *Int. J. Adv. Sci. Technol.,* vol. 29, no. 1, 2020.

[15] H. K. Flora, S. V. Chande, ve X. Wang, "Adopting an agile approach for the development of mobile applications," *International Journal of Computer Applications,* vol. 94, no. 17, 2014, pp. 43-50.

[16] K. Schwaber, "Scrum development process," *Business object design and implementation*, pp. 117-134: Springer, 1997.

[17] P. A. G. Permana, "Scrum method implementation in a software development project management," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* vol. 6, no. 9, 2015, pp. 198-204.

[18] J. López-Martínez, R. Juárez-Ramírez, C. Huertas, S. Jiménez, ve C. Guerra-García, "Problems in the adoption of agile-scrum methodologies: A systematic literature review," in 2016 4th international conference in software engineering research and innovation (conisoft), 2016, pp. 141-148.

[19] K. Schwaber, ve J. Sutherland, "The Scrum guide. scrum. org," *October,* vol. 2, 2011, pp. 17.

[20] J. J. Cho, "An Exploratory Study on Issues and Challenges of Agile Software Development with Scrum," Utah State University, PhD Thesis, 2010.

[21] M. Poppendieck, ve M. A. Cusumano, "Lean software development: A tutorial," *IEEE software,* vol. 29, no. 5, 2012, pp. 26-32.

[22] L. Pompermaier, R. Chanin, A. Sales, ve R. Prikladnicki, "MVP development process for software startups." pp. 409-412.

[23] C. Çubukçu Çerasi, ve U. Osman, "Bölüm 2 Çevik Metodolojilere Karşı Yalın Prensipler: Hangisi Teknoloji Girişim Şirketlerinin Büyümesi İçin Kullanılmalıdır?," *Current Applications in Information Systems*, pp. 25-43, 2020.

[24] "Android Enterprise," 3.07.2022, 2022; https://developers.google.com/android/work.

Review on Propeller Types and Developments in Marine Vessels

Murat BAYRAKTAR*,[1], Onur YÜKSEL[1], Burak GÖKSU[1]

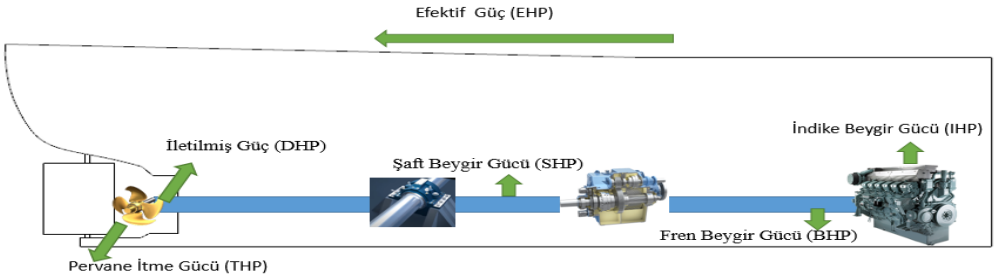
*bayraktarmurat@beun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7252-4776
[1] *Zonguldak Bülent Ecevit University, Maritime Faculty, Zonguldak, Turkey*

Abstract: The propulsion system and its components need to be thoroughly analyzed and optimized for marine vessels to operate as efficiently as possible in applications where new builds or retrofitting are performed. Gearboxes, bearings, and other transmission equipment in the component of the power transmission from ship engine, which is the primary source of propulsion for most marine vessels, to propeller cause a variety of losses. Propeller selection should be performed precisely on the basis of ship type, mode of operation and the environment in which the ship will operate for the purpose of enhance the amount of power transmit to the propeller. Propulsion efficiency, fuel consumption, robustness, reliability, emissions, vibration, cavitation, complexity and cost are all investigated among conventional propellers and cutting-edge technology in propeller systems. This study specifies which propeller type will be more efficient on which ship type in this period when the efficiency obtained from marine vessels is the most critical at the global stage and in this way, the paper will be a fundamental resource for experts, academicians and sector stakeholders who will work in this field.

Keywords: *Energy Efficiency, Propeller Types, Marine Vessels, Propulsion System*

I. GİRİŞ

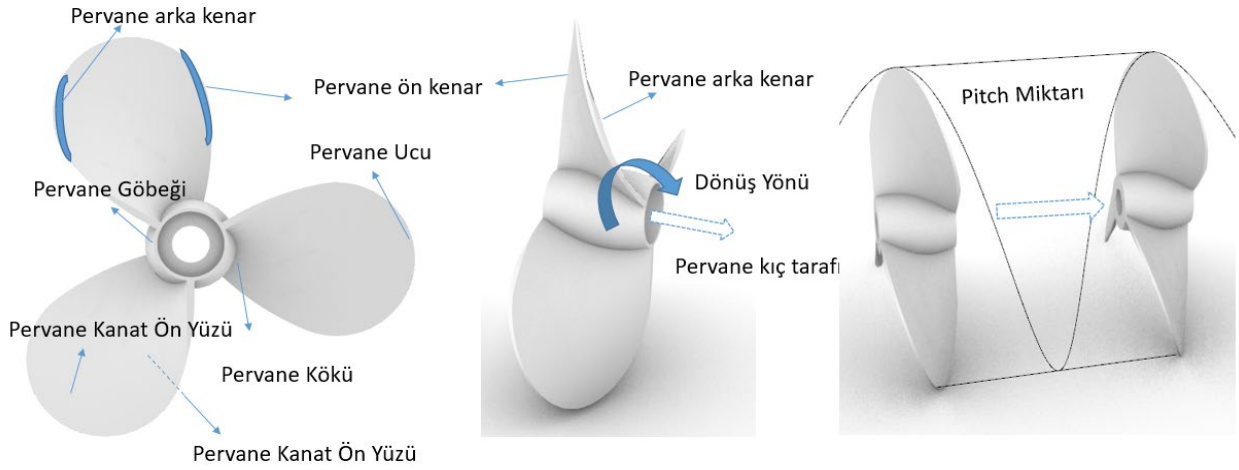
Gemi siparişi sözleşmesi tarafların imzalarından sonra, dizayn bölümleri ekibi bünyesinde gemi hızını, makine gücünü ve devrini temel alan direnç analizleri gerçekleştirilmektedir (Abramowski ve diğer., 2010). Elde edilen analizlerin gerçekçi olması adına, geminin kurulu makine gücüyle birlikte belirlenen hızlardaki toplam direncin üstesinden gelmesini sağlamak ve bu bağlamda uygun pervane seçimi yapmak oldukça önemli bir kriterdir (Gharbi ve diğer., 2018). Tercih aşamasında gemi tipinin yanında, ana makiden elde edilen gücün, ne kadarının pervaneye itme gücü olarak aktarıldığı kritik bir noktadır. Bir geminin gemi makinesinden üretilen güçten efektif beygir gücüne kadar olan güç aktarma sistemleri Şekil 1 de ifade edilmektedir.



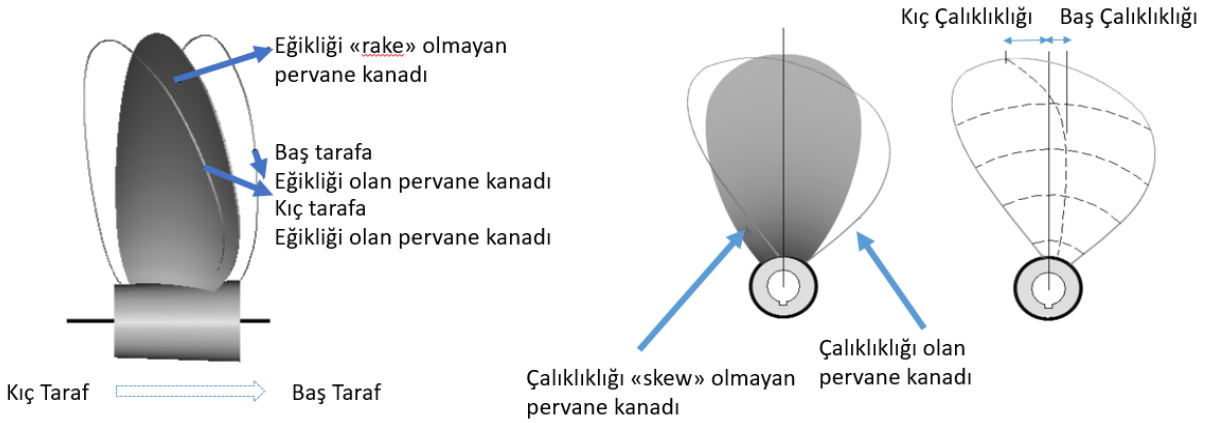
Şekil 1. Güç aktarım Sistemleri

Makineye giren yakıtın yanması sonucu silindir içerisinde elde edilen güç indike beygir gücü olarak ifade edilmektedir. Makine tarafından elde edilen yararlı iş ise fren beygir gücü olarak

ifade edilmekte ve kaplin çıkışındaki tork miktarının ölçümü ile hesaplanmaktadır. Saft üzerinden ölçülen güç saft beygir gücü oluşturmakta bu noktadaki kayıpları dişli kutusu ve yataktaki aktarma kayıpları oluşturmaktadır. DHP, pervaneye kadar olan gelen iletilmiş güç olarak ifade edilmekte ve bu gücün pervane aracılığıyla oluşturduğu güç THP olarak ifade edilmektedir. Geminin belirli bir hızda meydana getireceği direnci esas alan efektif beygir gücünün, THP ye oranı da gövde verimliliğini ifade etmektedir. Modern dizel makinelerde yaklaşık olarak %8 ila %10 oranında güç kaybı silindirlerden safta iletim sırasında kaybolmaktadır (Ganesan, 2012; Kuiken, 2017). Pervanenin geometrisi ile birlikte terimler Şekil 2 de ifade edilmektedir.



Şekil 2. Pervanenin geometrisi ve terimler



Şekil 3: Pervanenin eğikliği ve çalıklığı

Pervane geometrisinin temelini, pervane kökü ve ucu, pervane kanat yüzeyleri, pervane göbeği oluşturmaktadır. Pervanelerin göbeğe bağlantı noktaları pervane kökü en dış noktaları ise pervane ucu olarak ifade edilmektedir. Yüksek basınç tarafı pervanenin ön tarafı "*face*" olmakta ve suyu itme görevini gerçekleştirmekte, alçak basınç tarafı ise arka tarafı "*back*" ve emme gücünü oluşturmaktadır. Üzerine gelen akışı ilk kesen kısım "*leading edge*" ön kenar, akışının kanadı terk ettiği kısım ise "*trailing edge*" arka kenar olarak tanımlanmaktadır. Pervane

kenarları bir tam tur dönmesi sonucunda elde edilen ilerleme piç "*pitch*" olarak ifade edilirken gerçek piç miktarı ile teorik piç miktarı arasındaki fark ise kayma "*slip*" olarak ifade edilmektedir. Eğiklik "*rake*" ve çalıklık "*skew*" terimleri Şekil 3 de tanımlanmaktadır (Michigan Wheel, 2000; Çelik, 2010).

Rake pervanin baş veya kıç tarafa olan eğikliği ifade etmekte profil hattındaki pervane normali ile pervane arasındaki açı "*rake angle*" olarak tanımlanmaktadır. Pervaneye ön taraftan bakıldığında baş kıç taraftaki çalıklık "*skew*" olarak tanımlanmaktadır (Michigan Wheel, 2000).

II. PERVANE TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Pervane seçiminde kavitasyon, titreşim, su altı gürültü seviyesi, itme verimliliği, manevra kabiliyeti gibi etmenler kritik noktaları oluşturmaktadır. Özellikle küçük boyutlu yüksek süratli teknelerde genellikle yüksek devirli motorlar kullanıldığından kavitasyon oluşumu oldukça fazla tetiklemektedir (Carlton, 2018). Bu çalışmada temel pervane tipleri incelenmekte ve bu alandaki yapılan yenilikler, verimlilik artışları ifade edilmektedir. Pervane tipleri olarak, Sabit Piçli Pervanelerde (FPP) "*Fixed Pitch Propeller*"; Değişken Piçli Pervaneler "*Controllable Pitch Propeller*", Nozullu pervanelerde "*Ducted Propellers*"; Zıt dönüşlü pervaneler "*Contra-Rotating Propellers*"; Z-Sürüşlü Sevk Sistemi "*Z-Drive Units*", Azimut ve podlu pervaneler (AZIPOD) "*Podded Azimuthing Propellers*"; Su Jeti Sevk Sistemi "*Waterjet Propulsion*"; Ardıl Pervaneler "*Tandem Propellers*; Süper Kavitasyonlu Pervaneler ve Yüzey Yarıcı Pervaneler "*Supercavitating or Surface-Piercing Propellers*"; Sikloidal Pervaneler "*Cycloidal Propeller*"; Üst Üste Bindirilmiş Pervaneler "*Overlapping propeller*"; Grim Tekerlekli Pervaneler "*Grim Vane Wheel Propeller*"; *(TVF) "Tip Vortex Free"*; CLT "*Contracted Loaded Tip*"; Mewis "*Duct*" Nozulu Pervaneler; KAPPEL Pervaneler; Kanatlı Çarklar "*Paddle Wheels*" ile pervane verimliliğini artıracak Pervane Göbek Finleri "*Propeller Boss Cap Fins*" (PBCF); Grothues Dağıtıcıları "*Grothues spoilers*"; Asimetrik kıç "*asymmetric stern*"; incelenmekte ve bu ekipmanlara ait görseller Şekil 4 de detaylı bir şekidle ifade edilmektedir.

Sabit Piçli Pervanelerde (FPP) "*Fixed Pitch Propeller*" sağlamlık, arıza giderme ve bakım-tutum sürelerin kısalığı, karmaşık olmayan yapı ön plana çıkmakta ve bununla birlikte optimum verimliliğin istenildiği ve güvenilirliğin üst düzeylere taşıması gereken operasyonlarda tercih edilmektedir (MAN-ES, 2022; Wärtsilä, 2018). Diğer pervanelerin aksine bakım onarım sırasında oldukça kısa sürede sökülmekte ve tekrar geri montajı yapılabilmektedir (Kongsberg, 2009). FPP'ler adındanda anlaşılacağı gibi sabit piç miktarı her bir dönüşünde sabit itme sağlanmaktadır. Bu tip pervanelerde kanat sayısı 2 ila 7 arasında değişmekte özellikle askeri uygulamalarda daha fazla kanatın kullanıldığı uygulamalar bulunmaktadır. Konteyner gemileri, tankerler, kuru yük gemileri, yolcu gemileri ve dökme gemiler gibiaçık denizlerde sefer yapan ticari gemilerde 4, 5 ve 6 kanatlı pervaneler kullanılırken, römorkörlerde ve balıkçı teknelerinde genellikle 3 kanatlı pervaneler kullanılmaktadır (Kongsberg, 2009; Carlton, 2018; Wärtsilä, 2018). Benzer şekilde küçük boyutlu özel amaçlı teknelerde 2 veya 3 kanatlı olanlar tercih edilmektedir (Carlton, 2018). Ayrıca arktik gemilerinde ve sondaj gemilerinde de kullanım alanları bulunmaktadır. Bu durum FPP pervanelerin oldukça geniş alandaki kurulum imkânının olduğunu göstermektedir (Kongsberg, 2009). FPP'nin göbek çapları genellikle toplam pervane çapının 0,16-0,25 katı aralığında değişim göstermektedir (Carlton, 2018). Pervanenin kıç kısmına yerleştirilen başlığa "*cap*" eklenen kanatlarla "*fin*" birlikte itme verimliliği sağlanarak %2 oranında yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Bu ekipmanlar sahip oldukları düşük kurulum

maliyetleri ilk yatırım maliyetlerini bir yıl gibi kısa sürede karşılamakta ve yakıt tasarrufu emisyonları azaltmasında önemli katkı sağlamaktadır (Wärtsilä, 2018).

Değişken Piçli Pervaneler "*Controllable Pitch Propeller*" deniz taşıtının operasyon sırasında değişken yükleme durumlarını karşılamak amaçlı bir hidrolik mekanizma vasıtasıyla pervanenin kanat açılarına müdahale edilebilme ve bu sayede piç miktarını değiştirebilmesine olanak sağlamaktadır. Makine devrini değiştirmeden silindir içi basınçlar sabit kalarak pervane kanat açılarının değişimiyle birlikte değişken güç talepleri herhangi bir dişli kutusu kullanılmadan, karşılanarak hızlı manevraların gerçekleştirilmesi açısından önemli avantaj sağlamaktadır. Bu durum performans ve verimlik açısından önemli katkı sağlamasının yanı sıra gürültü ve titreşim seviyelerini oldukça düşük seviyelere çekmektedir. Ayrıca gemilere ters yönde itme sağlayabilme potansiyeli bulunmaktadır (Carlton, 2018; Falzarano, 2018). Denizcilik alanında bu tip pervaneleri kullanılan orta ve düşük devirli gemi makinelere sahip birçok gemi bulunmaktadır. 20000 civarında deniz taşıtında CPP uygulaması bulunmaktadır (Tupper ve Rawson, 2001; Molland, 2008; Carlton, 2018; Wärtsilä, 2018b). Yük değişimlerin çok olduğu vapurlarda, yolcu gemilerinde, buz sınıfı "*ice class*" gemilerde, genel kargo gemilerinde, römorkörlerde ve askeri gemilerde uygulamalarının yanısıra (Carlton, 2018; Falzarano, 2018) dinamik konum (DP) "*dynamic positioning*" gerekli olan gemilerde kullanılmaktadır (Wärtsilä, 2018b; Ren ve diğer., 2019). FPP ile karşılaştırıldığında %35 oranında Pazar payına sahip olmaktadır. Sabit piçli pervanelerde rpm ile tork arasında sabit bir katsayı olmasına karşın CPP de bu katsayı piçin değişimine göre değişkenlik göstermektedir (Anthony, 2011). %2-3 gibi oldukça düşük verimlilik kayıplarıyla işletilmektedir. Bu durum doğrudan yakıt tüketimini ve zararlı emisyonların ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca geleneksel pervaneler göre daha düşük ağırlığa sahip olması, güvenilir bir sisteme sahip olması ve iyileştirme "*retrofitting*" uygulamalarına açık olması bu tip pervanelerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Falzarano, 2018; Wärtsilä, 2018b). Şaft jeneratörü uygulamaları yapabilecek uygulamalarda CPP pervaneler kullanan gemiler oldukça avantaja sahiptir (Wärtsilä, 2018b; Ren ve diğer., 2019). *Fin*, nozul gibi itme artırıcı ekipmanların bu tip pervanelere entegre olma potansiyeli ve verimlilik artışı elde etme potansiyeli bulunmaktadır (Wärtsilä, 2018b; Ren ve diğer., 2019). Buna karşın, yüksek güçlerin iletilmesinde belirsiz ve Kanat Alan Oranı BAR "Blade Area Ratio" değerinin 0,8 civarlarında olması kavitasyon oluşumu etkilemektedir (Tupper ve Rawson, 2001). Geleneksel pervane tiplerine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu durum ilk yatırım maliyetlerini ve bakım maliyetlerini artırmaktadır (ATZ Martec, 2021).

Nozullu pervanelerde "*Ducted Propellers*" pervane çevresinde sabit, dairesel ve akışa göre yönlendirebilen bir kanal bulunmaktadır. Hidrofil kesite sahip olan bu kanalın iç kısmı ile pervane uçları oldukça yakın olacak şekilde üretilmesi gerekmektedir. Eğer açıklık artarsa verimlilik yönünden kayıplar meydana gelmektedir (Wartsila, 2022). Nozullu pervanelerin yapısına göre pervane üzerine gelen akışı yavaşlatan veya hızlandıran tipleri bulunmaktadır (Villa ve diğer., 2020; Falzarano, 2018). Akış hızlandığında itme verimliliği üzerinde artış meydana gelmektedir. Römorkör, çapa tutma çekici gemisi "*Anchor Handling Tug Supply*" (AHTS) gibi servis gemilerinde, trol gemilerinde "*trawle*r", genel kargo gemilerinde, iç sularda hizmet eden gemilerde, balıkçı gemilerinde ve araştırma gemilerinde uygulamaları bulunmaktadır (Falzarano, 2018; Becker Marine Systems, 2022; Kortpropulsion, 2022). Kort Propulsion şirketinin bu alanda aldığı ilk patenler referans alındığından dolayı *ducted*

pervaneleri kort nozullu olarak ifade edilmektedir (Carlton, 2018). Pervane üzerine gelen akışın yavaşlatıldığı sistemlerde ise kavitasyon ve gürültü minimize edilmekte bu durum özellikle askeri uygulamalarda büyük boyutlu yük gemilerinde ve tankerlerde oldukça avantaj sağlamaktadır (Falzarano, 2018). Nozullu sistemlerdeki pervaneler FPP veya CPP olarak tercih edilebilmektedir (Carlton, 2018). CPP'ye entegre olan 3 farklı nozulun kullanılmasıyla pervane üzerine gelen artırılmış akış hızı ile birlikte itme verimliliği üst seviyelere çekilmektedir (Bhattacharyya ve diğer., 2016; Bahatmaka ve diğer., 2017). Optimize edilmiş nozul yapıları sayesinde manevra kabiliyeti artılmakta, DP operasyonları gerçekleştirilmekte ve ek olarak pervane çevresinde oluşacak aşınma ve yıpranma minimize edilecektir (Becker Marine Systems, 2022). CPP pervaneler 5300 mm çapa sahip nozullu gerçekleştirilen uygulamaları desteklemektedir. Düşük hızlarda yaklaşık olarak %50 toplam itmeye katkıda bulunurken özellikle yüksek süratlerde ek direnç oluşturma potansiyeline sahiptir (Carlton, 2018). Düşük hızlarda nozullu pervaneler üzerinde yapılan iyileştirmelerle birlikte römorkörler üzerinde 0 knots hızdayken çeki gücünde %5, 2-8 knots arasında çekme operasyonunda %3 ila %4 ve operasyon dışında ise %2 yi aşan kazanımlar sağlanmaktadır (Bahatmaka ve diğer., 2017; Bhattacharyya ve diğer., 2016).

Zıt dönüşlü pervaneler "*Contra-Rotating Propellers*" aynı eksen üzerinde ters dönen iki pervaneden daha dışarda olan pervane boyut olarak daha küçük olmakla birlikte kanat sayıları birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Geleneksel pervanelere göre %5 ila %7 oranında verimlilik kazanımı sağlamaktadır. İkinci pervanenin varlığından kaynaklı ağırlık artışı, ekstra bakım gerekliliği, ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, kompleks yapısı bu tip sistemlerin uygulama zorluklarını oluşturmaktadır (Tupper ve Rawson, 2001; Falzarano, 2018). Yüksek devirli, sahip dıştan takma motorlarda verimli olurken daha büyük boyutlu uzun şaftlı uygulamalarında çeşitli mekanik sorunlar beraberinde gelmektedir. Pervane üzerine gelen yükler daha az olması kavitasyon açısından ve gürültü bakımından kolaylık sağlamaktadır. Geleneksel ve *podded* pervanelerle kombine bir şekilde kullanılarak büyük boyutlu gemiler üzerinde uygulamaların yapılmasına olanak sağlamaktadır (Carlton, 2018).

Z-Sürüşlü Sevk Sistemi "*Z-Drive Units*" konik dişliler aracılığıyla birlikte makinede üretilen güç pervaneye aktarılmaktadır. Geleneksel pervanelere göre şaft braketlerine ihtiyaç duyulmamakta ve ayrıca *ducted* tipi uygulamalara entegre edilebilmektedir. Dümene ihtiyaç duyulmadan, 360º dönme kabiliyetine sahip olması manevra yapmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, titreşim, kavitasyon ve gürültü emisyonları açısından indirgeme sağlamaktadır (Falzarano, 2018). Azimut ve podlu pervaneler (AZIPOD) "*Podded Azimuthing Propellers*" *podded* içinde bulunan AC elektrik motoruyla birlikte herhangi bir yönlendirebilir dişli sevk istemi kullanılmadan 360º manevra kabiliyeti sağlamaktadır. Artan manevra kabiliyetinin yanı sıra geleneksel sevk istemlerine göre %20'ye kadar yakıt tüketiminden kazanım sağlamaktadır en yaygın olanı ASD "*Azımuth Stern Drive*" ve römorkörlerin sevk sistemlerinde oldukça kullanılmaktadır. Bazı sistemlerde iki pervane birlikte bulunmakta ve böylece tandem tipi veya zıt dönüşlü pervane olarak çalışmaktadır (Falzarano, 2018; ABB, 2022). CRP Azipod uygulamaları bulunan hızlı feribotlar ve ultra-büyük konteyner gemilerinde %10'nu aşacak verimliliklerin elde edilebileceği ifade edilmekte birlikte yolcu gemilerinde konfor oluşumunu en üst düzeye çekmektedir (ABB, 2022; Wartsila, 2022). Ayrıca, AZIPOD sistemine *ducted* tipi entegre edilmekte ve 7,5 MW güç çıkışı sağlayan uygulamaları bulunmaktadır. *Flap* ve *fin* kullanılarak manevra ve seyir performansı artırabilmektedir (Falzarano, 2018; ABB, 2022).

AZIPOD sisteminin büyük ölçekli gemilerde uygulamaları olmamasına karşın yolcu gemilerinde ve buz kırıcı gemilerde özellikle itme ve çekme operasyonlarında fazlasıyla kullanılmaktadır. Bu kırıcı gemilerde 17 MW kadar olan güçlere kadar kurulum imkanı bulunmaktadır (ABB, 2022). HARMONY OF THE SEAS dünyanın en büyük yolcu gemilerinden biri olup 20000 kW lık AZIPOD sevk ünitesiyle işletilmektedir (Carlton, 2018; Wartsila, 2022). Özellikle Ro-Pax gemilerinde araçların sorunsuz bir şekilde yükleme boşaltmasını sağlamakta ve güvertede maksimum yükleme alanın oluşumuna olanak sağlamaktadır (ABB, 2022). *Azimut* ve *podded propellers* arasındaki farkı motorun kurulum yeri oluşturmaktadır. Eğer motor gövdenin iç tarafına kurulursa azimut olarak adlandırılmakta ve en bilindikleri Z veya L tipi olan sürücü üniteleri oluşturmaktadır (Carlton, 2018). AZIPOD sevk ünitesinin kurulumu diğer sevk sitemlerine nazaran, saftın laynere alınması ve yataklanması, saft kovanu "*sterntube*" varlığı gibi konularda avantaj sağlamakatdır (Wartsila, 2022). Manevra açısından önemli kazanım sağlayan bu tip sistemlerin çoklu uygulamalarında optimazyon çalışmaları efektif yapılmazsa operasyonlarını etkileyecek titreşimleri bir arada getirmektedir (Carlton, 2018). Tandem pervanelerde meydana gelen ağırlık ve moment zorlukları AZIPOD ucunda bulunan çekici ve itici pervaneler tarafından dengelemekte ve bu sayede daha verimli operasyonlar gerçekleştirilmektedir (Carlton, 2018). *Compact Azipod* sistemlerinin 1000kW dan 7 MW kadar vapurlarda, kabotaj ve açık denizlerde işletilecek gemilere kurulum potansiyeli bulunmaktadır. Sürekli (Kalıcı) mıknatıslı senkron motorların kullanıldığı bu sistemlerde rotor üzerinde ek soğutma işlemine gerek kalmaz bu durum sistemi daha basit ve uygulanabilir hale getirmektedir (Wartsila, 2022).

Su Jeti Sevk Sistemi "*Waterjet Propulsion*" yüksek manevra kabiliyeti, dümen sistemine gerek kalmadan su akışını yönlendirebilmesi, sığ sularda kolayca işletebilmesi, düşük gürültü emisyonu ve titreşim sağladığından dolayı geleneksel sistemlere tercih edilmektedir. Yüksek hızda jet üniteleri suyun yer değiştirmesini gerçekleştirmesi itmeyi meydana getirmektedir. Düşük hızlarda oldukça düşük verimlilik çıktısına sahip olmasına rağmen, 30 knots aşan hızlarda geleneksel sevk sistemlerine göre oldukça avantaj sağlamaktadır. (Falzarano, 2018; Wartsila, 2022). Deniz spor araçları, jet ski, kurtarma araçları ve dalış destek tekneleri gibi bir çok uygulama alanı bulunmaktadır (Falzarano, 2018).

Ardıl Pervaneler "*Tandem Propellers*" aynı eksende birden fazla pervane bağlanmakta bu sayede bir pervane tarafından sağlanamayan itme diğer pervaneler yardımıyla birlikte desteklenmekte ve yük dağılımı sağlanmaktadır. Kavitasyon sonucu oluşan riskleri azaltmada ve aşırı pervane yüklerini birden fazla pervane kullanılarak kolaylaştırmada kullanılmaktadır. (Carlton, 2018; Falzarano, 2018). Birden çok pervanenin varlığı yüksek bükme momentini "*bending moment*" ve aynı eksende farklı ağırlık dağılımları oluşturmakta bu durum şaft yataklarına ve şaft laynerine zarar vermektedir (Carlton, 2018).

Süper Kavitasyonlu Pervaneler ve Yüzey Yarıcı Pervaneler "*Supercavitating or Surface-Piercing Propellers*"; süper kavitasyonlu pervaneler dönme hızının yüksek olduğu ve sığ sulardaki uygulamalarda kavitasyonun etkisini minimize ederek geleneksel pervanelere göre %20-%25 miktarda verimlik artışı sağlamasına karşın, kavitasyonun düşük olduğu uygulamalarda %15 oranında verimlilik kaybına neden olmaktadır (Çelik, 2010). 40-45 knots sürati aşan hızlı teknelerde bu tip pervaneler yüksek operasyonel verimlilik sağlamaktadır. Yatlarda ve askeri uygulamalarda oldukça tercih edilmektedir. 4'den fazla kanata sahip yüzey yarıcı Pervaneler yüksek hızlı yatlarda daha çok tercih edilmekte (Misra ve diğer., 2022) ve

gemi harekete ilk başladığında pervane genellikle tam olarak suyun altında kalmaktadır. Yüksek süratlerde ulaşınca gemi "*plane*" hareketine kalkmakta ve pervane çapının yarısı suda kalacak şekilde işletilmektedir (Carlton, 2018; Falzarano, 2018). Pervanenin suya ne kadar batıp batmayacağı konusunda optimizasyon çalışmaların yapılması oldukça kritik bir konudur çünkü batma seviyesi verimlilik çıktısını önemli ölçüde etkilemektedir.

Sikloidal Pervaneler "*Cycloidal Propeller*" geminin alt kısmında bulunan dikey eksenli *aerofoil* forma sahip 6 veya 8 adet pervane kanatların bulunduğu ve 360º her yönde itme sağlaması amacıyla oluşturulmuştur. İtme iki adet servo motoruyla karşılanmakta bunlardan birisi ileri ve geri hareketi sağlarken, diğeri enine yönde itme sağlayarak iskele ve sancağa olacak hareketleri gerçekleştirmektedir. Bu alanda bilinen en önemli temsilcilerden biri "*The Voith Schneider*" olduğundan bu şekilde de tanımlanmaktadır. Yüksek manevra kabiliyeti ve her yönde itme sağlaması dümen ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Özellikle yüksek manevra kabiliyeti isteyen römorkör, feribotlarda ve destek gemilerinde "*supply vessel*" sıklıkla tercih edilmektedir (Falzarano, 2018; Wartsila, 2022). Operasyonları daha çevreci yürütmek adına son dönemlerde elektrikli *Voith Schneider Propeller* uygulamaları daha çok ön plana çıkmaktadır. Bu sistemler anlık değişen trafik durumlarına cevap veren manevra kabiliyetinin yanı sıra özellikle akıntı, dalga ve buzlaşmanın olduğu bölgelerde güvenirliği kanıtlanmış düşük titreşimli, gürültü emisyonlarının ve yakıt tüketiminin minimize edildiği operasyonları ortaya koymaktadır (Voith, 2022).

Üst Üste Bindirilmiş Pervaneler "*Overlapping propeller*" ayrı şaftlarda üst üste bindirilmiş ya da yan yana pervanelerin dönmesiyle itme sağlanmaktadır. Düşük hızlarda iz enerjisi kazanmada önemli avantajları olması verimliliği artırmaktadır. Geleneksel pervanelere tek pervanelere göre tork ve itme açısından dalgalanmalar meydana gelmektedir. Şaftlar arasındaki optimum mesafe, pervane çapının 0,8 katına karşılık gerekmekte ve düşey uzaklık titreşim oluşumuna önemli oranda etkilemektedir. Kavitasyon oluşumunu azaltmak adına ekstra uğraş yapılması gerekmektedir (Çelik, 2010; Carlton, 2018).

Grim Tekerlekli Pervaneler "*Grim Vane Wheel Propeller*" pervanin arkasındaki grim tekerlekleri sayesinde %5 ila %10 arasında enerji kazanımı ile yakıt tüketiminin indirgenmesini sağlanmaktadır. Grim tekerlekleri ekstra itme sağlamakta, dümen üzerindeki direnci azaltmakta ve durma kabiliyeni artırmaktadır. Boyut olarak pervanenin çapından %20 daha fazla büyük çapa sahip olmakla birlikte genellikle kargo gemilerinde kullanım alanı bulunmaktadır. Bu tip pervane sistemiyle donatılan "Siem Curie" adlı araç taşıyan kargo gemisi bu alandaki nadir örneklerden birisidir (Çelik, 2010; Siem, 2020).

(TVF) "Tip Vortex Free" pervanelerde ki uç levhalar sayesinde sirkülasyon dağılımı düzgün bir şekilde sağlanmakta ve %5 kadar verimlilik artışı elde edilmektedir. TVF pervaneler üzerinde yapılan çalışmalar temelinde ortaya çıkan CLT "*Contracted Loaded Tip*" uç pervaneleri kargo gemisi, kimyasal tankerler ve Ro-PAx gibi 280'den fazla bir çok gemi tipinde uygulaması bulunmaktadır. %5 ila %8 arasında enerji verimliliği sağlamasının yanı sıra manevra, titreşim, gürültü emisyonları, boyutsal açıdan geleneksel pervanelere üstünlük sağlamakta ve 3 ila 6 ay arasında ilk yatırım maliyetlerini karşılamaktadır. (Çelik, 2010; Gennaro ve Gonzalez-Adalid, 2012).

Mewis "*Duct*" Nozulu Pervaneler aynı güçlerde geleneksel pervanelere göre daha hızlı gitmek ve düşük hızlarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Pervanin ön tarafına yerleştirilen bu nozul fin sistemlerin entegresi ile birlikte kullanılmaktadır. İz düzenlemesi sağlar ve bu durum

net itmeyi artırmaktadır. Tankerler, dökme yük gemileri ve çok amaçlı gemiler (MPV) "*multipurpose vessel*" için uygundur. En fazla verimlilik artışı %6-%8 artışı dökme yük gemilerinde elde edilirken bu durumu sırasıyla, %5-%7 ile tankerler ve %3-%5 MPV'ler takip etmektedir. Ayrıca kavitasyon ve titreşim oluşumu azaltmaktadır (Becker Marine Systems, 2022).

KAPPEL Pervaneleri, 3, 4, 5, 6 kanata sahip uygulamaları bulunan ve geleneksel pervanelere göre daha %5'e varan daha yüksek verimliliğe sahip olan bu pervanelerin kanat uçları emme tarafına göre kavisli bir yapıya sahiptir. Kavisli yapı verilmesi aşamasında oldukça uğraş gerektirme yanlış tasarımlar titreşim oluşumunu ve verimlilik kaybını artırmaktadır. İlk uygulaması 35000 DWT'lik MT NORDAMERIKA adlı kimyasal tanker üzerinde gerçekleşmekte ve %4'e yakın enerji verimliliği elde edilmektedir. 30000 kW Ro-Ro gemisine yapılan uygulamada yakıttan yaklaşık 774000 $ yıllık kazanım sağlandığı belirtilmektedir. Basınç darbe seviyeleri yeni nesil pervanelere göre daha düşük olduğu yapılan testlerden elde edilmektedir (DTU Mechanical Engineering, 2017; MAN Diesel Turbo, 2022; Wartsila, 2022).

Bu sistemlerin dışında 19. ve 20. yüzyılın başlarında kullanılan kanatlı çarklar "paddle wheels" bulunmakta ve her bir çarkın dönmesi sırasında yer değiştiren su miktarı kadar itme hareketi gerçekleşmektedir. Özellikle geminin iskele ve bordasında olacak şekilde ya da kıç tarafına monte edilecek şekilde sistemin kurulumu sağlanmaktadır (Falzarano, 2018).

Pervane üzerine gelen akışı düzenlmek ve pervanedene elde edilen verimliliği artımrak için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu kapsamda eklenen Pervane Göbek Finleri "*Propeller Boss Cap Fins*" (PBCF) göbek girdaplarını etkilemekte ve enerji kayıplarını indirgemekte; büyük boyutlu konteyner gemisine uygulandığında yaklaşık olarak %3 ila %5 arasında yakıt tüketimi kazanımın yanı sıra 9000 tonu aşan CO_2 indirgemesi sağlamaktadır. Geleneksel pervanelere kolayca montaj edilebilmekte, kıç taraftaki titreşimi ve su altı gürültüsünü azaltmaktadır. Bunların yanında dümendeki aşınmayıda minimize etmektedir (MOL, 2015).

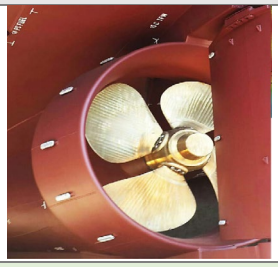
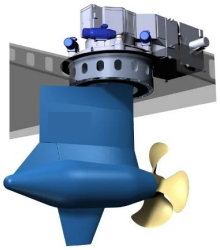
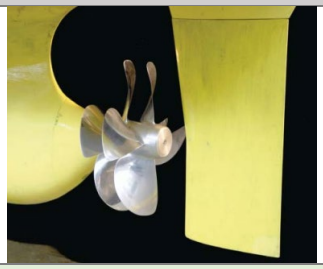
Grothues Dağıtıcıları "*Grothues spoilers*" ise gemilerin kıç kısmında her iki tarafa kaynaklanmış küçük kavisli üçgen palakalar halinde olan bu "*fin*" ler akımı düzenleyerek pervanin verimliliğini artırmaktadır. Yanlış konumlanma sonucunda takıntı direnci oluşmakta ve pervaneye düzenli akış sağlanamamaktadır (Howden, 2019). Model deneylerinde %9'a varan enerji kazanımı sağlamasının yanında, titreşim problemleri olan tasarımlarda titreşiminin indirgenmesini sağlamaktadır (Bertram, 20212).

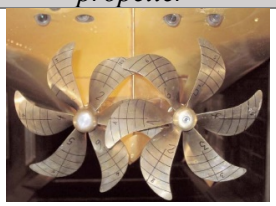
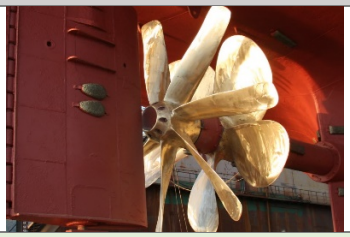
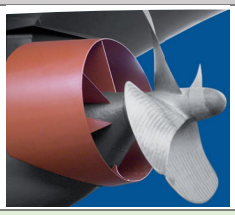
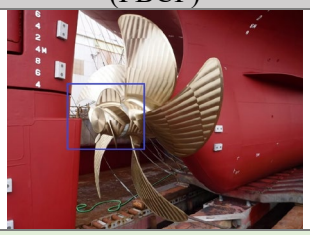
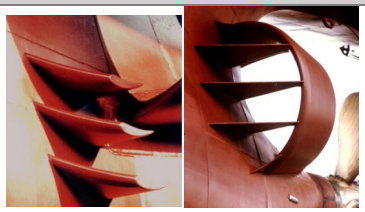
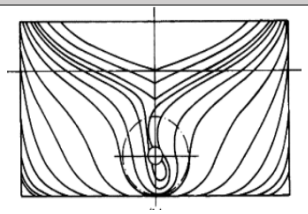
Asimetrik kıç "*asymmetric stern*" pervane üzerinde bir değişikliğe gitmeden gövde formunda düzenlemeler yapılarak finler veya nozullar kullanılmadan yaklaşık olarak %5 yakın yakıt verimliliği sağlamakta ve en verimli uygulamalar blok katsayısı yüksek olan gemilerden elde edilmektedir. Özellikle RANS tabanlı simülasyonlar farklı asimetrik kıçlar üzerindende gerçekleştirilerek en optimum tasarım eldesi gerçekleştirilmektedir (Çelik, 2010; DNV, 2022). 3000 TEU konteyner gemisi üzerinde yapılan çekme deneyinde benzer hızlara ulaşmak için %3 oranında daha az enerji gereksinimi olduğu hesaplanamktadır.

III. PERVANE TİPLERİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRMELER

Pervane tiplerinin, maliyetleri, operasyonlar açıdan hangi gemi tiplerinde daha elverişli olduğu, emisyon açısından etkileri, itme verimliliği, gemi makinesindeki yakıt tüketimine katkısı, bakım-tutum aralıkları ve karmaşıklığı, sağlamlığı, gürültü ve titreşim seviyeleri, manevra kabiliyeti ile ilgili detaylar sektör paydaşlarının yayınladıkları raporlar, bu alanda yayınlanmış akademik çalışmalar ve operasyonlardan elde edilen veriler ışığında hazırlanan Tablo 1 de detaylı olarak her biri için kritik noktalar ifade edilmektedir.

Tablo 1. Pervane çeşitleri ve karakteristik özellikleri (Wartsila, 2022; Kirmizi, 2015; Koronowicz ve diğer., 2010)

Sabit Piçli Pervaneler (FPP) "*Fixed Pitch Propellers*"	Değişken Piçli Pervaneler (CPP) "*Controllable Pitch Propellers*"	Nozullu pervaneler "*Ducted Propellers*"
		
• Sağlamlık, Karmaşık Olmayan Yapısı, Güvenilirlik, Bakım-Tutum Sürelerin Kısalığı • Askeri Gemiler, Konteyner Gemileri, Tankerler, Kuru Yük Gemileri, Yolcu Gemileri ve Dökme Gemileri	• Düşük gürültü ve Titreşim Seviyesi, Yüksek Manvera Kabiliyeti • Yolcu Gemileri, Genel Kargo Gemilerinde, Römorkörlerde ve Askeri Gemiler	• Akış hızlandıran ve yavaşlatan nozul tipleri • Kavitasyon ve gürültü azaltma • %5'e varan verimlilik artışı • Römorkör, Servis Gemileri, Balıkçı Gemileri, Genel Kargo Gemileri
Zıt dönüşlü pervaneler (CRP) "*Contra-Rotating Propellers*"	Azimut ve podlu pervaneler (AZIPOD) "*Podded Azimuthing Propellers*"	Su Jeti Sevk Sistemi "*Waterjet Propulsion*"
		
• Kompleks yapı • İkincil pervane kaynaklı ağırlık artışı ve ekstra bakım gerekliliği • %5 ila %7 verimlilik kazanımı	• 360° manevra kabiliyeti • %20'ye kadar yakıt tüketimi k. • Römorkörler, Servis Gemileri, Hızlı Feribotlar ve Ultra-Büyük Konteyner Gemileri	• Yüksek süratlerde oldukça verimli • Büyük ölçekli uygulamaları çok fazla maliyet getirmekte • Deniz Spor Araçları, Jet Ski, Kurtarma Araçları ve Dalış Destek Gemileri
Ardıl Pervaneler "*Tandem Propellers*"	Süper Kavitasyonlu Pervaneler ve Yüzey Yarıcı Pervaneler "*Supercavitating and Surface-Piercing Propellers*"	Sikloidal Pervaneler "*Cycloidal Propeller*"
		
• Kavitasyon azaltma • Perane üzerine gelen yük dağılımı sağlama • Aşırı bükme momentinin oluşumu	• Dönme hızı ve kavitasyon yüksekse %20-%25 verim k. • Dönme hızı düşükse %15 daha verimsiz	• 360° her yönde itme sağlaması • Dümen ihtiyacını ortadan kaldırma

• Farklı ağırlık dağımları şaft yataklarına ve laynerine zarar vermekte	• Yüksek hızlı teknelerde tercih edilmekte • Optimum dizayn oldukça uğraş gerektirmekte	• Römorkör, Feribotlarda Ve Destek Gemileri • Kanıtlanmış yüksek güvenilirlik • Düşük titreşim ve indirgenmiş gürültü emisyonları
Üst Üste Bindirilmiş Pervaneler "*Overlapping propeller*"	Grim Tekerlekli Pervaneler "*Grim Vane Wheel Propeller*"	*(TVF) "Tip Vortex Free" ve CLT "Contracted Loaded Tip"*
		
• İz enerjisi kazanımı sağlar • Tork ve itme açısından dalgalanmalar meydana gelmekte	• %5 ila %10 arasında enerji k. • Ekstra itme sağlama ve dümen üzerindeki direnci azaltma	• %5 ila %8 arasında enerji k. • Manevra kabiliyeti artırma, titreşim ve gürültü emisyonları azaltma
Mewis "*Duct*" NozuluPervaneler	KAPPEL Pervaneleri	Kanatlı Çarklar "Paddle Wheels"
		
• Gemi tipine göre %8'e varan yakıt verimliliği • Kavitasyon ve titreşim azaltma • Tankerler, dökme yük gemileri	• %5'e varan verimlilik artışı • Yakıt kazanımı ve emisyon indirgemesi • Düşük basınç darbe seviyesi	• Hem kıç hem de iskele ve bordadan itme sağlama • 19. ve 20. Yüzyılın başlarında daha popüler
Pervane Göbek Finleri "*Propeller Boss Cap Fins*" (PBCF)	Grothues Dağıtıcıları "*Grothues spoilers*"	Asimetrik kıç "*Asymmetric stern*"
		
• %3 ila %5 arasında yakıt tüketiminden kazanım • Titreşim ve su altı gürültüsü azaltma	• %9' a varan enerji kazanımı sağlama • Titreşim azaltma	• %5' e varan yakıt verimliliği • Cb' si büyük gemilerde daha verimli

Pervane seçimi özellikle küresel karbondioksit emisyonlarını azaltmak için IMO tarafından oluşturulan EEDI açısından oldukça kritik öneme sahiptir (Ren ve diğre., 2019). Bu alanda yürütülen akademik ve sektörel çalışmalar varolmaktadır. Matlab programında direnç hesaplama formülleri ve *Wageningen B-series* deneysel sonuçları temel alarak kavitasyonunun

minimum olacağı pervane seçimi sağlayan bir ara yüz oluşturulmaktadır. Bu sayede oldukça masraf getiren, zaman, alan ve insan gücü gerektiren çekme deneylerinden elde edilen sonuçlarına oldukça yakın kanıtlanmış sonuçlar elde edilmektedir (Gharbi ve dieğr., 2018; Kolakoti ve diğer., 2013). CFD ile deneysel sonuçlar arasında fark yaklaşık olarak %4 ila %6 arasında değişmektedir. Kolakoti ve diğer., 2013).

Göbek kapağında *Fins* kullanımının CPP pervane üzerinde yaklaşık olarak açık su verimliliğinde %1 ila %5 oranında verimlik artışı sağlamaktadır. Numerik simülasyonlar *Reynolds-averaged Navier–Stokes* (RANS) metot temelinde gerçekleştirilmektedir. NACA 66 *airfoil* profilli 0 derece kurulum açısına sahip finlerin kullanıldığı ve çapın yaklaşık olarak 0,42 D olduğu simülasyonlarda verimlilik açısından en iyi sonuçlar sağlanmakta ayrıca göbek başlığına yerleştirilen finler sayesinde akış dağılımı değiştirilerek göbek girdap oluşumu engellenmektedir (Xiong ve diğer., 2013). *Contra-rotating propellers* (CRP)'den elde edilen hidrodinamik performansı görüntülemek adına RANS temelli CFD analizi yapılmakta ve elde edilen sonuçlar üzerine *Genetic Algorithm* and *Kriging* metodu kullanılarak verimlilik çıktısını maksimum yapmak adına optimizasyon çalışmasını gerçekleştirilmektedir (Nouri ve diğer., 2018). CFD çalışmasının 3 farklı nozullu pervaneler üzerine yapıldığında ise her birinde kuvvet ve tork açsından kazanımlar elde edilmektedir. *B series* ve *Kaplan Series* temelinde yapılan uygulamada en yüksek verim %35 kuvvetten ve %4.4 torktan sağlanmıştır (Bahatmaka ve diğer., 2017).

6000 TEU kapasiteli konteyner gemisinin sevk sisteminde iyileştirme sağlamak adına PBCF ve göbek başlığı "*hub cap*" birlikte kullanılmaktadır. Farklılaştırılmış göbek başlıkları ile elde edilen verimlilik yüzdeleri standart başlıklara göre yaklaşık olarak %2 daha fazla verimlilik sağlamaktadır. Fakat farklılaştırılmış olan bu göbek başlıkları PBCF ile birlikte kullanması halinde %2,7 ile %7,5 arasında değişen verimlilik kaybına neden olmaktadır. Farklılaştırılmış göbek başlıkları göbek girdabını düşürmekte ve tork katsayısını artırmakta, PBCF ile kombine yapılan testlerde ise göbek girdabını artırmakta bu durum da tork katsayısını azaltmaktadır. Deneysel test verileri ve CFD değerleri karşılaştırılıp doğrulama işlemi gerçekleştirilmektedir (Lim ve diğer., 2014). 120 farklı PBCF üzerine yapılan optimizasyon çalışmasında deneysel çalışmalarla doğrulanmış RANS temel alan CFD çalışmasında %1,3 oranında net enerji verimliliği kazanımı sağlanmaktadır (Mizzi ve diğer., 2017).

Fosil bazlı geleneksel veya alternatif yakıtlarla işletilen ana makinelerle işletilen gemilerde, son zamanlarda rüzgâr dalga, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının doğrudan veya dolaylı itme sağlamada kullanılması karbonsuzlaşma hedeflerini karşılamak amaçlı son dönemde gündeme gelmekte ve bu alanda yapılan uygulamalar artırılmaktadır. (Falzarano, 2018). Fakat yenilenebilir sistemlere denizcilik sektörü tam olarak adapte olana kadar karbon emisyonlarını en aza çekmek ve var olan gücü en en efektif kullanabilmek amaçlı pervane seçimi oldukça kritik bir konumdadır.

IV. SONUÇLAR

Deniz taşıtlarının sevk sisteminin verimliliğini etkileyen en kritik ekipmanlardan biri olan pervanelerin, tipleri, enerji kazanımları, uygulandıkları gemi türleri ve pervaneler üzerine yapılan teknolojik gelişmeler çalışmada belirtilmektedir. Ayrıca bazı pervane sistemlerin kombine bir şekilde çalışacağı ve elde edilebilecek verimlilik çıktısının daha yukarılara çekilebileceği uygulamalar ifade edilmektedir. Özellikle, Uluslararası Denizcilik Örgütünün (IMO) ortaya koyduğu enerji verimliliği önlemlerini karşılamada işletmecileri ve gemi

sahiplerine doğru pervane seçimi kayda değer verimlilik kazanımı sağlayacaktır. Bu çalışma özellikle pervane sistemindeki güncel gelişmeleri ifade ederek akademisyenler, gemi, sahipleri, işletmeciler ve sektör paydaşlarının karar vermesinde önemli bir kaynak oluşturacaktır. Gelecek çalışma olarak buradaki bilgiler ışığında seçilecek pervanenin, dizaynı ve akışlar mekaniği temelli analizi gerçekleştirilmesi planlanarak, araştırma gemisi üzerinde elde edilecek kazanımların ortaya konulması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] ABB. (2022). Azipod electric propulsion. https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/azipod#large

[2] Abramowski, T., Żelazny, K., & Szelangiewicz, T. (2010). Numerical analysis of influence of ship hull form modification on ship resistance and propulsion characteristics Part III Influence of hull form modification on screw propeller efficiency. *Polish Maritime Research*, *17*(1 (63)), 10-13.

[3] Anthony, F. (2011). Molland., Stephen R. Turnock., Dominic A. Hudson. Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power.

[4] ATZ Martec. (2021). Controllable Pitch Propellers (CPP) https://atzmartec.com/wp-content/uploads/2021/07/AtZ-Brochure.pdf

[5] Bahatmaka, A., Kim, D. J., Chrismianto, D., Setiawan, J. D., & Prabowo, A. R. (2017). Numerical investigation on the performance of ducted propeller. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 138, p. 07002). EDP Sciences.

[6] Becker Marine Systems. (2022). *Products*. https://www.becker-marine-systems.com/files/content/pdf/product_pdf/Becker_Product_Brochure.pdf

[7] Bertram, V. (2012). Practical Ship Hydromechanics. *Second Edition, ISBN-13: 978-0-08-097150-6. Published by Elsevier Ltd. Available Library Ship Hydromechanics Laboratory*.

[8] Bhattacharyya, A., Krasilnikov, V., & Steen, S. (2016). Scale effects on open water characteristics of a controllable pitch propeller working within different duct designs. *Ocean Engineering*, *112*, 226-242.

[9] Carlton, J. (2018). *Marine propellers and propulsion*. Butterworth-Heinemann.

[10] Çelik, F. (2010). Özel Sevk Sistemleri. https://drive.google.com/file/d/1Sanv3Y9HCeCbM6NSxSPRmPEv7leT20jw/view

[11] DNV. (2022). Cutting-edge asymmetric stern design. https://www.dnv.com/maritime/advisory/asymmetric-stern-service.html

[12] DTU Mechanical Engineering. (2017). KAPPEL Propeller. https://www.mek.dtu.dk/english/Research/Feature_Articles/KAPPEL_Propeller

[13] Falzarano, J. (2018). Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power.

[14] Ganesan, V. (2012). *Internal combustion engines*. New Delhi: McGraw Hill Publishing Company

[15] Gennaro, G., & Gonzalez-Adalid, J. (2012). Improving the propulsion efficiency by means of contracted and loaded tip (CLT) propellers. *Soc. Nav. Archit. Mar. Eng.*

[16] Gharbi, S., Zaoui, C., Bouaicha, H., Nejim, S., & Dallagi, H. (2018, March). Ship electric propulsion system: Electric power estimation and propeller selection. In *2018*

International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET) (pp. 241-248). IEEE.

[17] Howden. (2019). Alternative Methods to Reduce Resistance and Improve Propulsion. https://www.howden.com/en-gb/articles/marine/reducing-fuel-consumption-in-shipping.

[18] Kirmizi, M. (2015). *Modeling and analysis of an in-line pump jet thruster for swimming robots* (Doctoral dissertation, Rice University).

[19] Kolakoti, A., Bhanuprakash, T. V. K., & Das, H. N. (2013). CFD analysis of controllable pitch propeller used in marine vehicle. *Global Journal of Engineering Design and Technology*, *2*(5), 25-33.

[20] Kongsberg. (2009) Fixed pitch propellers. https://www.kongsberg.com/contentassets/cc7a12403dda41d9934f7f259286e432/02.propeller_2p_14.10.09.pdf

[21] Koronowicz, T., Krzemianowski, Z., & Tuszkowska, T. (2010). A complete design of tandem co-rotating propellers using the new computer system. *Polish maritime research*, 17-25.

[22] Kortpropulsion. (2022). Kort Nozzles & Propellers. https://www.kortpropulsion.com/products/kort-nozzles

[23] Kuiken, K. (2017). *Diesel engines: for ship propulsion and power plants: from 0 to 100,000 kW*. Onnen: Target Global Energy Training.

[24] Lim, S. S., Kim, T. W., Lee, D. M., Kang, C. G., & Kim, S. Y. (2014). Parametric study of propeller boss cap fins for container ships. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, *6*(2), 187-205.

[25] MAN Diesel Turbo. (2022). MAN Alpha Kappel tip-fin propellers ordered for the world's largest car carriers. https://mandieselturbo.com/docs/default-source/shopwaredocuments/propeller-aft-ship---man-alpha-kappel-tip-fin-propellers.pdf?sfvrsn=2

[26] MAN-ES. (2022). *FPPs – long-haul propulsion at the lowest operational costs*. https://www.man-es.com/marine/products/propeller-aft-ship/fpp

[27] Michigan Wheel. (2000). Propeller Geometry: Terms and Definitions http://navalex.com/downloads/Michigan_Wheel_Propeller_Geometry.pdf

[28] Misra, S. C., Gokarn, R. P., Sha, O. P., Suryanarayana, C., & Suresh, R. V. (2012). Development of a four-bladed surface piercing propeller series. *Naval engineers journal*, (124), 4.

[29] Mizzi, K., Demirel, Y. K., Banks, C., Turan, O., Kaklis, P., & Atlar, M. (2017). Design optimisation of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance. *Applied Ocean Research*, *62*, 210-222.

[30] MOL. (2015). Energy-Saving Propeller Boss Cap Fins System Reaches Major Milestone. https://www.mol.co.jp/en/pr/2015/15033.html

[31] Molland, A. F. (2008). Marine engines and auxiliary machinery. *The maritime engineering reference book: a guide to ship design, construction and operation. New York: Elsevier*.

[32] Nouri, N. M., Mohammadi, S., & Zarezadeh, M. (2018). Optimization of a marine contra-rotating propellers set. *Ocean Engineering*, *167*, 397-404.

[33] Ren, H., Ding, Y., & Sui, C. (2019). Influence of EEDI (Energy Efficiency Design Index) on ship–engine–propeller matching. *Journal of Marine Science and Engineering*, *7*(12), 425.

[34] Siem. (2020). *Unique grims vane wheel system the siem curie*. https://siemshipmanagement.pl/content_news/unique-grims-vane-wheel-system-the-siem-curie/

[35] Tupper, E. C., & Rawson, K. J. (2001). *Basic Ship Theory Volume 2* (Vol. 2). Elsevier.

[36] Villa, D., Gaggero, S., Tani, G., & Viviani, M. (2020). Numerical and experimental comparison of ducted and non-ducted propellers. *Journal of Marine Science and Engineering*, *8*(4), 257.
[37] Voith. (2022). Voith Schneider Propeller VSP. https://voith.com/corp-en/drives-transmissions/voith-schneider-propeller-vsp.html
[38] Warsila. (2017). High Performance Nozzle. https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/service-catalogue-files/propulsion-services/brochure-high-performance-nozzle.pdf.
[39] Wartsila. (2018a). Fixed Pitch Propellers. https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/gears-propulsors/propellers/brochure-o-p-propeller-fpp-opti-design.pdf
[40] (2018b). Controllable pitch propeller systems. https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/gears-propulsors/propellers/brochure-o-p-cpp-propeller-systems.pdf
[41] Wartsila. (2022). Kort nozzle, AZIPOD (Azimuthing Podded Drive), Waterjet propulsion, [42] Voith-Schneider Propulsor (VSP), cycloidal propeller, KAPPEL propeller. https://www.wartsila.com/encyclopedia/term
[43] Xiong, Y., Wang, Z., & Qi, W. (2013). Numerical study on the influence of boss cap fins on efficiency of controllable-pitch propeller. *Journal of Marine Science and Application*, *12*(1), 13-20.

Sorting Center Optimization and Management

M. Fırat Kömürcü[1], Serhat Taş[2], Yavuz Hatip[3], Fulya Arslan[4], Z. Sude Sarı[5], M. Fatih Akay*[,6]

*mfakay@cu.edu.tr, ORCID: *0000-0003-0780-0679*
[1]*Fulfillment/Outbound Department, Trendyol, İstanbul, Turkey*
[2]*Fulfillment/Outbound Department, Trendyol, İstanbul, Turkey*
[3]*Fulfillment/Outbound Department, Trendyol, İstanbul, Turkey*
[4]*Fulfillment/Outbound Department, Trendyol, İstanbul, Turkey*
[5]*Department of Computer Engineering, Çukurova University, Adana, Turkey*
[6]*Department of Computer Engineering, Çukurova University, Adana, Turkey*

Abstract: Delivery services for the e-commerce industry have a huge impact on the final product's reach to the customer. It is of great importance that the customer package can be delivered without sacrificing quality and that all delivery processes of the package can be monitored. A failure at any step of the delivery process leads to customer dissatisfaction and failure of customer retention. For the customer's needs to be satisfied in a fast and high-quality manner, it is necessary to carry out the correct sort of process in the sorting center and cargo branch, as well as to optimize the sorting processes of all orders. This study aims to develop a user-friendly and high-performance sorting center management system. As a result of the study, a web panel for administrative processes and an Android Radio Frequency application for manual sorting processes are developed. In addition, an integration system is developed for sorting processes in the sorter machine. Asynchronous communication management is used throughout the system since the quick response of the services is very critical. In asynchronous processes, RabbitMQ and Kafka queue tools are used. The applications are developed with .Net Core and C#. Angular for user interfaces, Postman for service testing, Redis for database, Elastic Search for big data processing, and Docker Kubernetes for distribution are utilized. As a result, a flexible sorting service is developed that supports different sorting centers and cargo branches. It is ensured that the delivery packages are sent to the right main centers or cargo branches without loss of data and delivered to the customer quickly.

Keywords: *Sorting Center Management System, Sorter, Chute, Delivery*

I. INTRODUCTION

Nowadays, a significant increase is observed in the number of people who make their purchases from online stores. Online order growth also triggers an increase in delivery volumes. With consumer expectations and delivery volumes continually on the rise, the shipping cycle is gaining more and more attention for businesses that aim to boost customer satisfaction and loyalty rates. Precisely for this reason, fast and right delivery processes are of great importance for Trendyol Express (TEX), which is growing rapidly. With the growth of TEX, the daily delivery volume has also started to increase. New sorting centers, main hubs, and cargo branches started to be founded. To sort high-volume deliveries, the manual sorting method is not enough to reduce the operational load. If the manual sorting process is not automated there may be cases where the deliveries are sent to the wrong cities and districts. For this reason, in order to meet the increasing volume, manual labor begins to be insufficient. Machine sorters should be provided, and sorting should be automated with these machines for large volume and

normal volume deliveries.

For fast and right sort and delivery, the below solutions are provided in this study.

1. The integration systems are developed to use 3rd party sorter applications.
2. The web administration panel is developed to manage Sorting Center operational processes.
3. The Android Radio Frequency application is developed to use manual sort processes.

By using these solutions, manual operations can be completed via the Android RF application without data loss and by minimizing the error rate. Moreover, fast and right sorting can be made with the developed integration system to the machine sorters. Using the barcode readers on the machine sorter conveyor, the barcode of the shipment on the package is read and the destination (delivery) point of the delivery is determined. After the destination point is determined, the package is dropped from the chute in the sorter where the destination point is defined and separated to be sent to the regions or branches. The sorted packages are loaded onto the vehicles to be delivered to the next destination (delivery) point. As a result of this study, fast and right sorting, as well as the infrastructure for easy installation of newly opened sorting centers, is provided.

This paper is structured as follows: Section 2 reviews literature studies. Section 3 provides information on the methodology. Section 4 presents sorting application. Section 5 concludes the paper.

II. LITERATURE REVIEW

In the last few years, numerous methods have been used for sorting center optimization. [1] developed an automated storage system in which shelves were moved by robots to multiple workstations so that pickers at each workstation could remove products from the shelves to fulfill orders. To solve the problem of workload balancing and racking conflicts in the system, the multiple workstation arrangement, and racking order problem was formulated. When tested on a large real-world data set provided by a large e-commerce company, the system achieved a 62% improvement over the company's current implementation. The problem of transporting goods in smart warehouses was becoming more complex, and conventional automated transport vehicles (AGVs) were proving inefficient, so automated robotic systems were introduced in smart warehouses. To solve the transportation problem of robots in smart warehouses, [2] proposed a Pareto-based Multi-Objective Optimization Algorithm task assignment model. The ability of the proposed model to solve real-world problems was experimentally verified. [3] combined the Single Recipient Routing Problem with the picking time to find the optimal picking time in the warehouse. It was predicted that the combination could reduce the picking time by 42.28%. [4] proposed a novel automatic sorting and counting system based on radio frequency identification (RFID), which used an electromagnetic field to automatically identify and track tags attached to objects. The effectiveness and efficiency of RFID systems had contributed to significant potential for industrial applications. A miniature prototype was developed to evaluate the performance of the real-time operation of the proposed system. [5] studied different objectives for product sorting optimization and showed that some of the problems were solvable in polynomial time, while others proved to be NP-hard. In addition, they provided exact and heuristic solutions. The application of these algorithms in a comprehensive simulation study showed that product-to-order assignment problems could be an effective lever to improve consolidation performance. [6] studied the optimization problem of package sorting in an e-commerce warehouse where packages were waiting to be sorted and

delivered. A mixed-integer linear programming model was developed based on the problem, and a Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm was used to solve the problem. Numerical experiments showed that the proposed PSO algorithm could solve the model with high efficiency, and a sensitivity analysis provided suggestions for the arrangement of the trailer locations. [7] introduced a parallel machine scheduling system, called the order aggregation problem, to minimize the order processing time. They provided mathematical formulations and developed heuristic and exact solution methods for this problem. It was found that optimizing order consolidation in the warehouse reduced order fulfillment time by 75.66% and provided an average improvement of 28.77% in order consolidation time and up to 21.92% in bin utilization. [8] presented a systematic review and content analysis of the literature on the increasing use of automation in order sortation in e-commerce. They sought to understand the relevant performance aspects of automated or partially automated Order Picking Systems (OPS) and to identify the relationships between design and performance. For this purpose, 74 papers were selected and evaluated. As a result of the review, it was determined that the papers identify opportunities for future research and synthesis of existing information on the automation performance of OPSs and provide information that can support the decision-making process. [9] examined warehouse systems specific to e-commerce retailers. They discussed suitable systems, provided a review of relevant literature, and defined future research needs. [10] outlined an integrated OPS design procedure for optimizing manual picking activities and demonstrated its practical application using a software tool in two case studies. Based on existing literature, the different design options were listed and described. Then, two real cases were presented to show how the proposed approach could be applied in practice by implementing it in a software tool developed in Microsoft Excel™. In both cases, the framework proved to be effective in redesigning the picking process and allowed deriving practical suggestions for optimizing the process. [11] presented a case study of a warehouse management system and then posed the problem of optimal warehouse picking. They transformed this problem into a traveling salesman problem and solved it using heuristic optimization methods. With increasing diversity and large quantities of goods, the task of segregation becomes increasingly difficult. [12] used RFID tags to replace the barcode in the processing of logistics enterprises. Based on the composition and working principle of the radio frequency identification system, an automatic sorting system based on RFID was developed.

III. METHODOLOGY

In this study, the scrum was used for development methodology and progressed with 1-week sprints. "Sorting Center", "Sorter", "Chute", "Bag/Pallet", and "Package" modules were developed. All modules were developed considering their synchronous/asynchronous differences in line with their own internal dynamics. In asynchronous processes, RabbitMQ and Kafka queue tools were used. For application development .Net Core and C# is, for database MS SQL Server and Couchbase were used. Database servers were on-premise in the data center. Since the load on the application and the data size is very large, Redis was used random access memory as the main storage unit was used to get fast query results. Elasticsearch which is developed by using Java programming language on Apache Lucene infrastructure was also used in the search engine and analysis developments of the Web-based application. Angular was used for user interface improvements. Event logs were recorded on Kibana and Graylog. The tests of the RF screens were carried out using Appium technology. The tests of the services were carried out using Postman technology. Docker and Kubernetes tools were used to use the developed microservices independently and dynamically. The modules were described in Fig. 1. The 3rd Party Integration was described in Fig. 2.

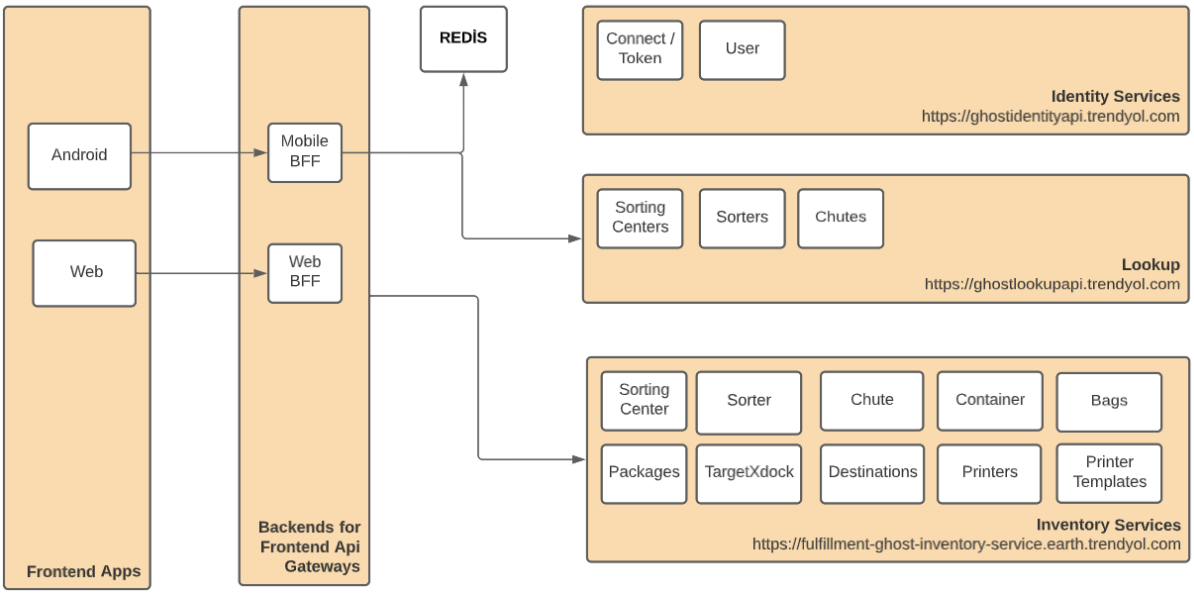


Fig. 1. Ghost Domain Module Diagram

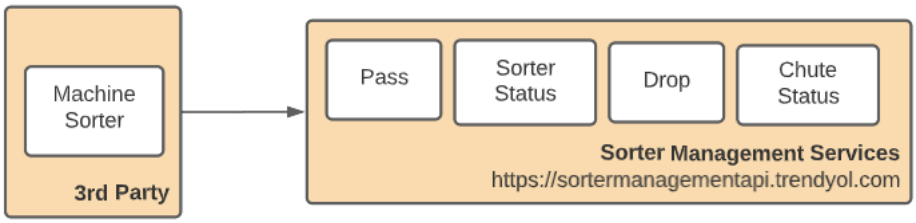


Fig. 2. 3rd Party Integration Diagram

IV. SORTING APPLICATION

Two methods are used for sorting delivery packages by destination point.

1. Automated Sorting
   During the sorting process with the sorter machine, the packages belonging to the delivery packages are left on the automatic conveyor belt by the operation user. The destination point of the delivery is captured from the delivery barcode which is read by the barcode readers on the conveyor belt. The delivery package is dropped from the chute in the sorter where the destination point is mapped. The sorted packages are loaded onto the vehicles to be delivered to the sorting center, main hub, or cargo branches. The sorter machines are strategically planned and distributed, to allow continuous uninterrupted operation for a period of 24 hours.
2. Android RF Mobile Sorting
   To make manual sorting, manual sorting areas within the sorting centers and transport handling materials such as sacks and pallets are defined within these areas. The barcode on the delivery package is read by the RF and a chute location suggestion is made according to the destination point of the package.

In this study, three applications are provided.

1) Integration System
2) Web Administration Panel
3) Android RF

1. Integration System

The integration system is provided for 3rd party integrations and includes the below services:

1- Package Barcode Scan & Drop

A chute list for the package's destination is suggested when the package passes through the barcode reader. At this stage, it is of great importance that the backend services provided in less than 100 MS determine the destination of the package and make the correct chute suggestion according to the destination for the package to drop from the correct chute on time.

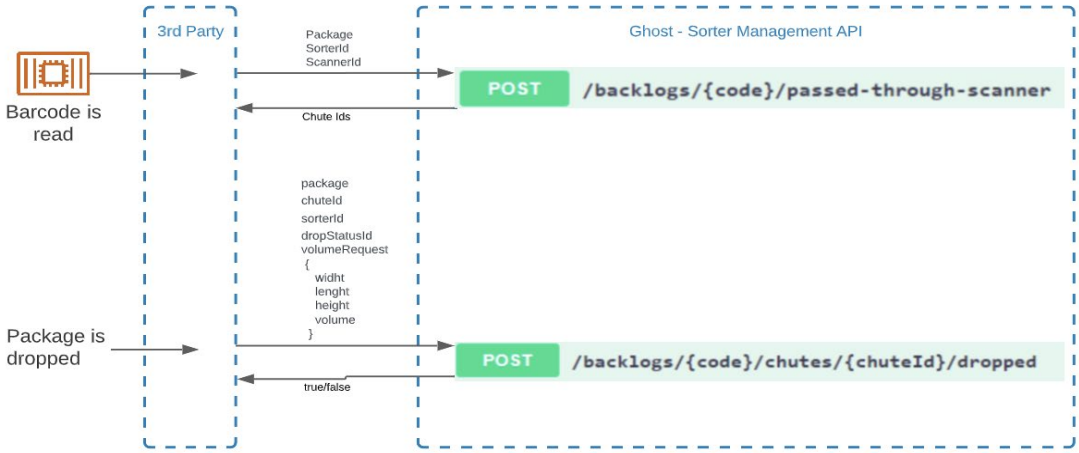


Fig. 3. Passed Through Scanner Flow

Package and chute data is sent to the system via the drop service in Fig. 3 when a packet drops into the chute.

2- Sorter Status Update

When the sorter status changes physically, the "/sorters/{id}/status" service given in Fig. 4 is called from the 3rd party, and Ghost is notified of the change.

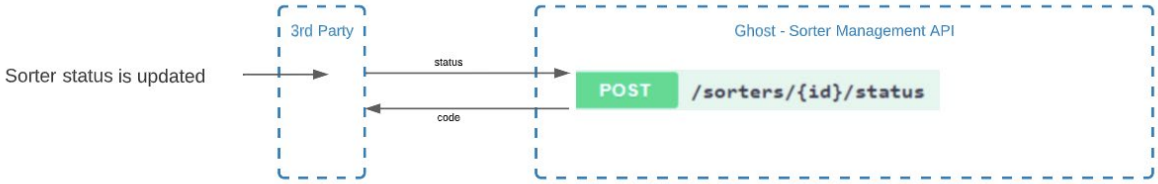


Fig 4. Sorter Status Update Flow

3- Chute Status Update

When the chute status changes physically, the "/chutes" or "/chutes/v2" services given in Fig. 5 are called, and Ghost is notified of the change.

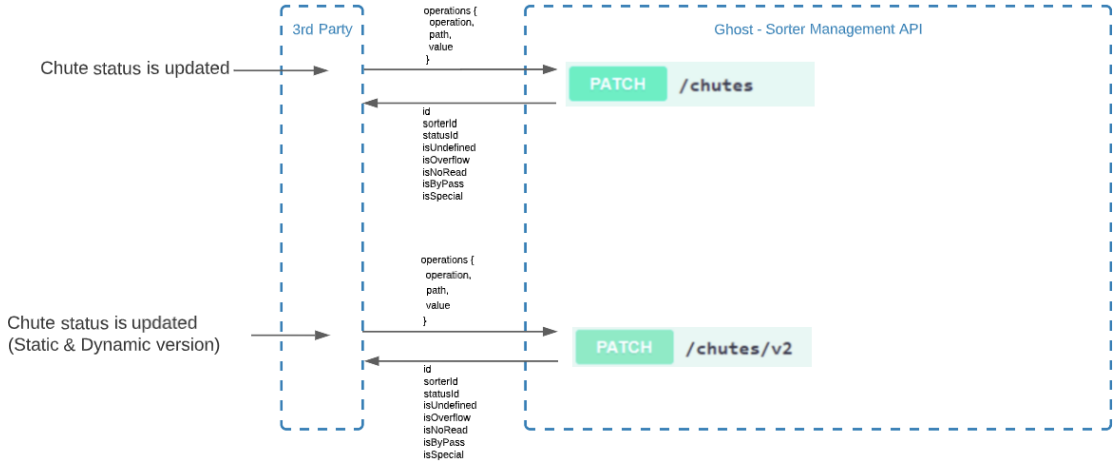


Fig. 5. Chute Status Update Flow

2. Web Administration Panel

The web administration panel is provided for managing Sorting Center processes and reaching reports.

2.1. Sorting Center

a) Chute & Destination Mapping

The destinations are defined on chutes via the screen in Fig. 6.

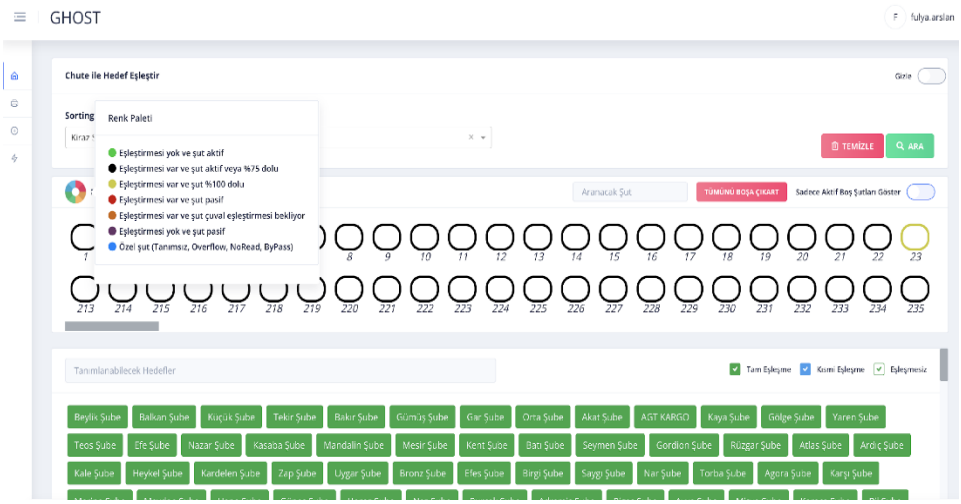


Fig. 6. Chute & Destination Mapping

The chute and destination mapping process is described below.

1- Sorting Center is selected.
2- Sorter is selected.
3- "Search" button is clicked.
4- Chute and destinations are listed.
5- Destination is defined with drag and drop.

b) Chute & Printer Mapping

When a sack is replaced after it is filled, a new sack barcode prints via the printers which are defined on the chutes. The printers are managed for chutes in the "Chute ile Yazıcı Eşleştir" screen.

c) Define Destination
The destination is defined on Sorters with the "Hedef Tanımla" screen. The destinations which are defined on the sorter are used for chute mapping.

2.2. Inventory Management

The below services are provided in inventory management.

- Sorting Center / Main Hub Management
- Sorter Management
- Chute Management
- Transport Handling Material Management

2.3. Reports

The below reports are provided in reports:

- Package Sort Report
  The report provides information about which chute the package is dropped and which transport handling material it is in.
- Delivery Status Report
  The report provides information about the delivery of the package.
- Transport Handling Material Status Report
  The report provides information about which dynamic barcode is used on the transport material and the point of delivery.
- Chute Status Report
  The report provides information about chute active/passive status.
- Sorter Status Report
  The report provides information about the sorter's active/passive status.
- Chute & Destination Mapping Report
  The report provides information about which destination is matching on the chutes.

3. Android RF

Ghost Android RF application is developed for operation users to apply manual sorting processes.

3.1. Login

Operation users can log in to the application using the username and password defined in the system, via the screen in Fig. 7.

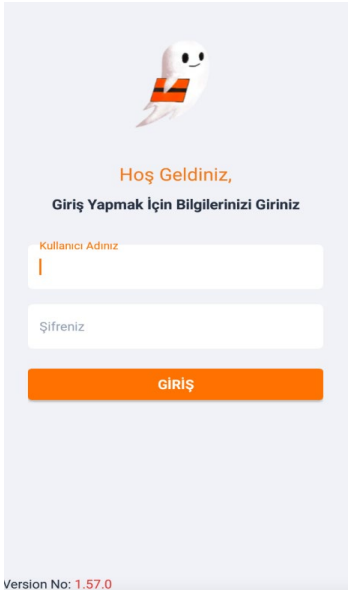


Fig. 7. RF – Login

3.2. Menu

All services can be accessed from the menu given in Fig. 8.

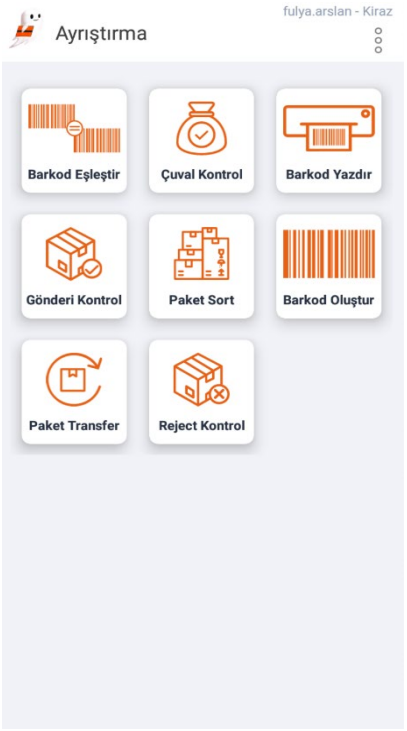


Fig. 8. RF – Menu

3.3. Barcode Mapping

Each sack has a static barcode used for unchanging inventory tracking. A new dynamic barcode is generated when the sack defined in the compartment in the manual module is full. The barcode provides the sack's dynamic code as well as destination information. From this screen, it is matching which static code the dynamic code will be used in the sack.

3.4. Check Sack

Information about the sack and the number of packages in it is provided, on this screen.

3.5. Print Barcode

Static barcodes, dynamic barcodes, and chute barcodes can print again when the sticker is damaged, from this screen.

3.6. Check Delivery

Detailed information about the delivery can be accessed from this screen by scanning the delivery barcode.

3.7. Package Sort

Delivery packages can be sorted via this screen (Fig. 9). A structure like a machine sorter is developed for the manual sorter. There can be more than one manual sorter in a Sorting Center. In addition, there can be more than one module in a sorter. Chutes and destination points are defined for each module via the Ghost Web Administration Panel. All chutes have a sack or pallet to be used for handling material. One of the chutes where the packet's destination center is defined is displayed. The delivery package should be thrown into the sack or pallet in the chute by the operation user.

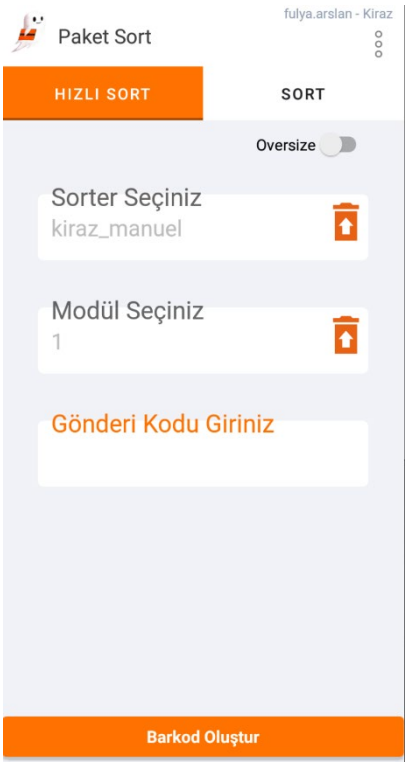


Fig. 9. RF – Sort

3.8. Create Barcode

A new dynamic barcode is generated when the sack defined in the compartment in the manual module is full, on this screen. The barcode provides the sack's dynamic code as well as destination information.

3.9. Package Transfer

When the delivery package is desired to be added to any handling material (sack/pallet), the transaction can be carried out by reading the package barcode and the handling material barcode.

3.10. Reject Control

If a package is dropped into the chute which is defined for rejection in a conveyor, the operation user is informed about the problem and necessary action via the screen.

V. CONCLUSION

With the developed system, more than one sorting center, the main hub, and cargo branches are supported. Machine sorter and chute definition processes can also be managed by the relevant units from the Ghost Web Panel. In cases such as chute blocking and defects, the maintenance team is informed. Delivery packages can be sorted with a machine sorter or manual RF sorter. On average, more than 2.5 million sort operations can be performed daily. All sort and drop processes can be monitored and managed.

REFERENCES

[1] Y. Zhuang, Y. Zhou, Y. Yuan, X. Hu, and E. Hassini, "Order picking optimization with rack-moving mobile robots and multiple workstations," European J. Op. R., vol. 300, pp. 527-544, 2022.

[2] J. Ma, S. Yang, and H. Jing, "Intelligent warehouse robot scheduling system using a modified Nondominated Sorting algorithm," Disc. D. Nature and Soc., vol. 2022, 2022.

[3] D.D. Damayanti, N. Novitasari, E.B. Setyawan, and P.S. Muttaqin, "Intelligent warehouse picking improvement model for e-logistics warehouse using single picker routing problem and wave picking," JOIV: Int. J. Info. Vis., vol. 6, pp. 418-426, 2022.
[4] M. Dev, R. Chauhan, B. Kharel, and A. Agrawal, "Design and implementation of radio frequency identification based Sorting system," Materials Today: Proceedings, vol. 57, pp. 2073-2076, 2022.
[5] N. Boysen, K. Stephan, and F. Weidinger, "Efficient order consolidation in warehouses: The product-to-order-assignment problem in warehouses with sortation systems," IISE Transactions, vol. 54, pp. 963-975, 2021.
[6] Z. Tan, H. Li, and X. He, "Optimizing parcel sorting process of vertical sorting system in e-commerce warehouse," Adv. Engrg. Ifcpf., vol. 48, 101279, 2021.
[7] F. Gzara, S. Elhedhli, U. Yildiz, and G. Baloch, "Data-driven modeling and optimization of the order consolidation problem in e-warehousing," INFORMS J. Optim., vol. 2, pp. 273-296, 2020.
[8] Y. Jaghbeer, R. Hanson, and M.I. Johansson, "Automated order picking systems and the links between design and performance: a systematic literature review," Int. J. Prod. R., vol. 58, pp. 4489-4505, 2020.
[9] N. Boysen, R. De Koster, and F. Weidinger, "Warehousing in the e-commerce era: A survey," European J. Op. R., vol. 277, pp. 396-411, 2019.
[10] E. Bottani, A. Volpi, and R. Montanari, "Design and optimization of order picking systems: An integrated procedure and two case studies," Comp. & Ind. Engrg., vol. 137, 2019.
[11] E. Zunic, A. Besirevic, R. Skrobo, H. Hasic, K. Hodzic, and A. Djedovic, "Design of optimization system for warehouse order picking in real environment," in 2017 XXVI Int. Conf. Info., Comm. and Autom. Techs. (ICAT), IEEE, pp 1-6, October 2017.
[12] Y. Zhang, and Z. Wang, "Research on automatic sorting system based on RFID," in 2013 2nd Int. Symp. Instr. and Msmt., Sen. Net. and Aut. (IMSNA) IEEE, pp. 731-734, December 2013.

Açık Kanal Optimizasyonu için Arayüz Tasarımı

User Interface Design for Open Channel Optimization

Ecem Tuncer Uysal[*,1], Tülin Çetin[2]

[*]ecem.tuncer@cbu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5246-776X
[1,2]*İnşaat Mühendisliği, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye*

Özet: Su yapılarının tasarımında yapılan çalışmalarda açık kanal yapılarının inşa maliyetlerinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle maliyetin düşürülmesi ve kesitlerden suyun istenilen miktarda iletimi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, dikdörtgen, üçgen ve trapez kesitli kanallar olmak üzere farklı geometrik şekiller kullanılarak inşa edilebilecek açık kanalların doğru bir şekilde ve optimum boyutlandırılmasıyla maliyetin düşürülmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kullanıcı dostu bir arayüze sahip bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programda optimizasyon işlemi için, doğadan yararlanılarak üretilen ve meta-sezgisel bir algoritma olan parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması ve bu optimizasyondan üretilmiş parçacık sürü optimizasyonu otonom grupları olarak bilinen AGPSO1, AGPSO2, AGPSO3, IPSO, MPSO ve TACPSO algoritmaları kullanılmıştır. Özel ekran tasarımı ile geliştirilen bilgisayar programında çalışmada kullanılan tüm algoritmalar arasından kullanıcıya seçim şansı ve isteğe bağlı parametre girişi imkanı sunmaktadır. Ayrıca ilerideki çalışmalar için programa farklı optimizasyon algoritmaları da eklenebilecek şekilde planlanmıştır. Kullanıcı tarafından girilebilecek parametreler; açık kanal kesit tipi seçimi, bu kesit tipine ait boyutların izin verilen sınır değerlerinin girişleri, maliyet hesabı parametrelerinin girişi, kullanılacak olan optimizasyon algoritması seçimi, optimizasyon algoritmasının parametrelerinin girişleridir. Açık kanal hidroliği hesabında amaç fonksiyonu olarak optimize edilecek maliyet fonksiyonu, kısıt fonksiyonu olarak uniform akış kabulü ile Manning denklemi kullanılmıştır. Kullanılan denklemler boyut analizi ile boyutsuzlaştırılmıştır. Boyutsuzlaştırılan denklemler üzerinden algoritmalar çalıştırılıp sonuçlar alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, literatürde bu konuda yapılan çalışmalardaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve hazırlanan programın açık kanal optimizasyonunda kullanışlı bir araç kutusu olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Açık Kanal; Optimizasyon; PSO; AGPSO1; AGPSO2; AGPSO3; IPSO; MPSO; TACPSO.*

Abstract It is known that the construction costs of open channel structures are high in studies on the design of water structures. For this reason, various studies are carried out to reduce the cost and to transmit the desired amount of water from the sections. In this study, it is aimed to reduce the cost by correct and optimum sizing of open channels that can be constructed using different geometric shapes such as rectangular, triangular, and trapezoidal open channels. For this purpose, a computer program with a user-friendly interface has been prepared. For the optimization process in the program, the particle swarm optimization (PSO) algorithm, which is a meta-heuristic algorithm produced by utilizing nature, and different versions of this optimization which are known as autonomous groups such as AGPSO1, AGPSO2, AGPSO3, IPSO, MPSO and TACPSO were used. The computer program developed with a special screen design, a toolbox, offers the user the

opportunity to choose among all the algorithms used in the study and optional parameter entry. In addition, it is planned to add different optimization algorithms to the program for future studies. Parameters that can be entered by the user; selection of open channel section type, the entries of the allowable limit values of the dimensions of this section type, the entry of the cost calculation parameters, the selection of the optimization algorithm to be used, the entries of the parameters of the optimization algorithm. In the calculation of open channel hydraulics, the cost function to be optimized as the objective function and the Manning equation, which was used with the assumption of uniform flow as the constraint function, are used. The equations used are nondimensionalized by dimensional analysis. Algorithms were run on the nondimensionalized equations, and the results were obtained. The results obtained were compared with the results of the studies on this subject in the literature and showed that the prepared program can be used as a useful toolbox in open channel optimization.

Keywords: *Open Channel; Optimization; PSO; AGPSO1; AGPSO2; AGPSO3; IPSO; MPSO; TACPSO.*

I. GİRİŞ

Su kaynakları mühendisliğinde yer alan konulardan biri olan açık kanal hidroliğinde serbest yüzeyin olduğu atmosfere açık kanallarda veya bir kısmı dolu borularda gerçekleşen açık kanal akışı incelenir. Açık kanal yapılarının inşasında kesitlerinin boyutlandırılmasının doğru yapılması hem sistemin doğru çalışması hem de maliyeti açısından çok önemlidir. İnşa edildikten sonra gerçekleşebilecek sorunlardan dolayı kesitlerin yeniden boyutlandırılmaya çalışılması imkansıza yakındır. Çünkü inşa edilen yapının yeniden yapılması veya tadilattan geçirilmesi maliyeti çok fazla arttıracaktır. Bu nedenle açık kanal inşa edilmeden önce maliyetin en uygun değerinin hesaplanması daha uygundur. En uygun kesiti elde etmek amacıyla en düşük maliyete sahip kesit boyutlarını bulabilmek için optimizasyon algoritmalarından yararlanılabilir. Optimizasyon birçok parametreli bir denklemde optimum değeri bulmak için kullanılan hızlı bir yöntemdir. Optimizasyonda denemeler yapıldıkça değerlerde değişim gözlemlenmektedir. Bu nedenle günlük hayatta birçok alanda üretilmiş optimizasyon algoritmaları bulunmaktadır. Optimizasyon algoritmaları, rastlantısallık olmadan deneysel durumları içeren deterministik ve gerçeğin doğrudan uygulanmasını içeren sezgisel olarak gruplandırılırlar. Sezgisel algoritmalar, doğadan, canlılardan ya da cansız sistemlerden esinlenerek oluşturulabilirler. Literatür incelemesinde farklı geometrik şekilli açık kanal kesitlerinin boyutlandırılması için optimizasyon algoritmalarını kullanımında çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Bunlardan bazıları Lagrange çarpanları yöntemi (LM) [1], diferansiyel gelişim algoritması (DEA) [2], arı algoritması (BA) [3], yapay arı kolonisi algoritması (ABC) [4], modifiyeli bal arısı çiftleşme algoritması (MHBMO) [5], ateş böceği algoritması (FF) [6] ve av arama algoritmasıdır (HuS) [6].

Bu çalışmada doğadan esinlenerek oluşturulan Parçacık Sürü Algoritması (Partial Swarm Optimization - PSO) ve bu algoritmadan türetilen algoritmalar açık kanal kesitlerinin optimizasyonu problemini çözmek için kullanılmıştır. PSO, sürü halinde hareket ederek barınma ve yiyecek gibi temel ihtiyaçları çözüme kavuşturan hayvanlardan esinlenen ve Eberhart ve Kenedy [7] tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Optimizasyon algoritmalarının kullanımında ihtiyaç duyulan parametre girişleri ve elde edilen sonuçların incelenmesini kolaylaştırmak için bir arayüz tasarlanmıştır. Hazırlanan arayüz kullanılarak farklı değerlerle ve farklı kesitlerde parçacık sürü optimizasyonu versiyonları denenmiş ve elde edilen sonuçlar literatürde bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

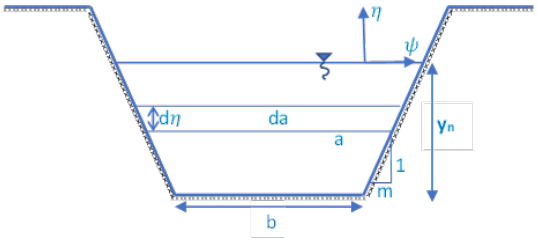
II. METODOLOJİ

Açık kanal yapılarının geometrik şekli, arazinin şekli ve toprak yapısına göre çeşitlilik göstermektedir. Farklı geometrik şekillerde inşa edilen açık kanal yapılarında farklı boyutlandırma ve boyutların farklı sınır değerleri bulunmaktadır. Çalışmada dikdörtgen, üçgen ve trapez kesitli kanalların boyutlandırılması üzerinde çalışılmıştır. Açık kanal yapılarında yapılan çalışmalarda akış hızı üniform kabul edilmiştir. Akışın üniform olma kabulüne [8] dayanarak (1) 'de bulunan Manning Denklemi ile debi hesabı yapılmıştır.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times J^{1/2} \tag{1}$$

$$R = \frac{A}{P} \tag{2}$$

Burada; Q debi (m^3/s), n Manning yani kaplama malzemesi pürüzlülük katsayısı, A ıslak alan (m^2), R hidrolik yarıçap (m), J kanalın taban eğimi, P ıslak çevre uzunluğu (m) olarak verilmiştir. Şekil 1'de tipik bir trapez kanal kesiti ve üzerinde geometrik değişkenler gösterilmektedir.



η : Derinlik ekseni
$d\eta$: Kesit yüksekliği
ψ : Genişlik ekseni
b : Taban genişliği
da : Kesit alanı
m : Kanal şev eğimi
y_n : Su derinliği

Şekil 1. Tipik bir trapez kanal kesiti ve geometrik değişkenler

Bir kanal kesitinden maksimum debi geçirebilmek için, kanal kesitindeki akım hızı (V) belli sınırlar dahilinde maksimum ve ıslak çevre uzunluğu (P) ise minimum değerleri almalıdır [8]. Bu çalışmada optimizasyon problemi için minimum değeri bulunacak maliyet fonksiyonu amaç fonksiyonu olarak (3)'te gösterilmiştir.

$$M = (\beta_L P) + (\beta_E A) + \left(\beta_A \int_0^A a\, d\eta\right) \tag{3}$$

Burada; M toplam maliyeti, β_L birim kaplama maliyetini (TL/L^2), β_E birim kazı maliyetini (TL/L^3), β_A her birim için ek kazı maliyetini (TL/L^4), a η derinliğinde akım alanını ifade etmektedir.

Amaç fonksiyonunun optimizasyonu için meta sezgisel bir algoritma olan Parçacık Sürü Optimizasyonu ve bu optimizasyondan geliştirilen türevlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Minimum maliyet için amaç fonksiyonu olarak (4) ve kısıt fonksiyonu olarak akım şartı olan Manning denkleminden türetilen (5) kullanılmıştır.

$$\min\ M = (\beta_L P) + (\beta_E A) + \left(\beta_A \int_0^A a\, d\eta\right) \tag{4}$$

$$Q - \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times J^{1/2} = 0 \tag{5}$$

Hesaplamalarda boyutlara ve katsayılara bağlı olmaksızın denklemleri kullanılabilmek için, boyut analizi ile denklemin terimleri boyutsuzlaştırılmıştır. Bu amaçla α uzunluk ölçeği (6) 'da tanımlanmış ve α kullanılarak boyutlu denklemler boyutsuz hale getirilmiştir. Boyutsuz terimler * ile (7) ile (14) arasında gösterilmiştir [1].

$$\alpha = \left(Qn/J^{1/2}\right)^{3/8} \tag{6}$$

$$M_* = M/\beta_E \alpha^2 \tag{7}$$

$$\beta_{L_*} = \beta_L/\beta_E\alpha \quad (8)$$

$$\beta_{A_*} = \beta_A\alpha/\beta_E \quad (9)$$

$$A_* = A/\alpha^2 \quad (10)$$

$$P_* = P/\alpha \quad (11)$$

$$b_* = b/\alpha \quad (12)$$

$$y_{n_*} = y_n/\alpha \quad (13)$$

$$R_* = R/\alpha \quad (14)$$

Burada b taban genişliğini (m), y_n su derinliğini (m), R hidrolik yarıçapı ifade etmektedir. Formüllerde, maliyet ve kısıt fonksiyonu boyutsuz parametreler ile yeniden düzenlenerek (15) ve (16) oluşturulmuştur.

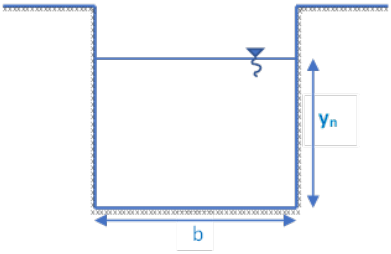
$$\min M_* = (\beta_{L_*} \times P_*) + A_* + \frac{(\beta_{A_*} \times \int_0^{y_n} a\, d\eta)}{\alpha^3} \quad (15)$$

$$1 - {A_*}^{5/3} \times {P_*}^{-2/3} = 0 \quad (16)$$

Boyutsuz olarak oluşturulan amaç ve kısıt fonksiyonları açık kanalın geometrik şekline göre değişiklik göstermektedir. Çalışmada farklı tip kanallarda minimum maliyet için en uygun boyutlandırma yapılmasında PSO ve türevlerinden yararlanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda elde edilen sonuçlarla literatürde bulunan diğer çalışmaların sonuçları karşılaştırılmıştır.

A. *Dikdörtgen Kesitli Kanal*

Açık kanal hidroliğinde Şekil 2'de tipkesiti verilen dikdörtgen kesitli kanallar dar alanlarda da kullanılabildiğinden en yaygın kullanılan kanal tipidir.



y_n : Su derinliği
b : Taban genişliği

Şekil 2. Dikdörtgen Kesitli Kanal

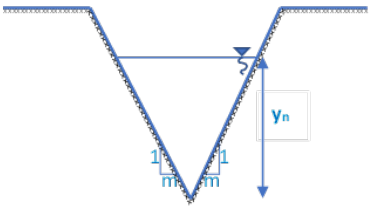
Çalışmada Aksoy ve Altan-Sakarya [1] tarafından da kullanılan amaç fonksiyonu (17) ve kısıt fonksiyonu (18) kullanılmıştır. Formüllerde kaplama maliyeti β_L, her birim için ek kazı maliyeti β_A, su derinliği y_n ve taban genişliğinin b boyutsuzlaştırılmış parametreleri kullanılarak, minimum maliyeti veren dikdörtgen kesitli kanal boyutları hesaplanmıştır.

$$\min M_* = \beta_{L_*}(2y_{n_*} + b_*) + b_* y_{n_*} + \frac{(\beta_{A_*} b_* {y_{n_*}}^2)}{2} \quad (17)$$

$$1 - \frac{(b_* y_{n_*})^{5/3}}{(2y_{n_*} + b_*)^{2/3}} = 0 \quad (18)$$

B. *Üçgen Kesitli Kanal*

Açık kanal hidroliğinde sıklıkla kullanılan ve tipkesiti Şekil 3'te verilen üçgen kesitli kanal genellikle yol kenarlarında suyun çıkışını sağlayacak üçgen kesitli kanallar bulunmaktadır. Bu kanalda dikdörtgen kesitli kanaldan farklı olarak taban genişliği bulunmamaktadır.



y_n : Su derinliği
m : Kanal şev eğimi

Şekil 3. Üçgen Kesitli Kanal

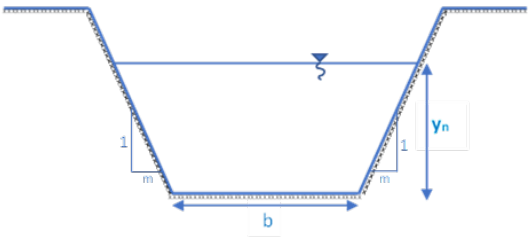
Çalışmada Aksoy ve Altan-Sakarya [1] tarafından da kullanılan amaç fonksiyonu (19) ve kısıt fonksiyonu (20) kullanılmıştır. Formüllerde su derinliği y_n ve kanal yan eğimi m boyutsuzlaştırılmış parametreleri kullanılarak, minimum maliyeti veren üçgen kesitli kanal boyutları hesaplanmıştır.

$$\min M_* = \left(2\beta_{L_*} y_{n_*} \sqrt{1+m^2}\right) + \left(m {y_{n_*}}^2\right) + \frac{\left(\beta_{A_*} m {y_{n_*}}^3\right)}{3} \tag{19}$$

$$1 - \frac{\left(m {y_{n_*}}^2\right)^{5/3}}{\left(2y_{n_*}\sqrt{1+m^2}\right)^{2/3}} = 0 \tag{20}$$

C. *Trapez Kesitli Kanal*

Açık kanal hidroliğinde kullanılan bir diğer kanal tipi, tipkesiti Şekil 4'te verilen trapez kesitli kanaldır.



y_n: Su derinliği
b : Taban genişliği
m: Kanal şev eğimi

Şekil 4. Trapez Kesitli Kanal

Çalışmada Aksoy ve Altan-Sakarya [1] tarafından da trapez kesitli kanallar için kullanılan amaç fonksiyonu (21) ve kısıt fonksiyonu (22) kullanılmıştır. Formüllerde su derinliği y_n, taban genişliği b ve kanal şev eğiminin m boyutsuzlaştırılmış parametreleri kullanılarak, minimum maliyeti veren trapez kesitli kanal boyutları hesaplanmıştır.

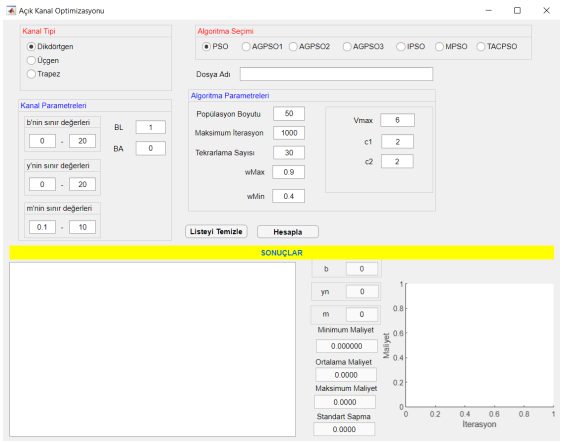
$$\min M_* = \beta_{L_*}\left(2y_{n_*}\sqrt{1+m^2} + b_*\right) + \left(b_* y_{n_*} + m {y_{n_*}}^2\right) + \beta_{A_*}\left(\frac{b_* {y_{n_*}}^2}{2} + \frac{m {y_{n_*}}^3}{3}\right) \tag{21}$$

$$1 - \frac{\left(b_* y_{n_*} + m {y_{n_*}}^2\right)^{5/3}}{\left(2y_{n_*}\sqrt{1+m^2} + b_*\right)^{2/3}} = 0 \tag{22}$$

D. Ekran Tasarımı

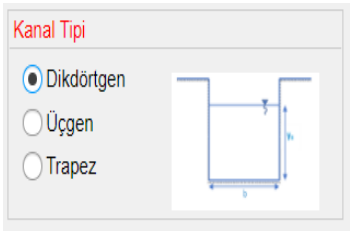
Çalışmada Açık kanal optimizasyonunda kullanmak amacıyla bir program hazırlanmış ve parametre girişleri için Şekil 5'te gösterildiği şekli ile kullanıcı dostu bir ekran tasarlanmıştır. Ekranda, kanal tipi dikdörtgen, üçgen ve trapez kesitler olarak ve kullanılabilecek algoritmalar PSO, AGPSO1, AGPSO2, AGPSO3, IPSO, MPSO ve TACPSO olarak seçilebilmektedir. Tasarımda yer alan algoritmalar çalışma kapsamında sunulan algoritmalar olup ileride yeni algoritmalar kapsamında eklenebilmesi amacıyla program içerisinde gerekli girişler açık bırakılmıştır. Seçilen kanal tipine bağlı olarak, kanal boyutları su derinliği y_n, taban genişliği

b ve kanal şev eğimi m ile ilgili alt ve üst sınır değerleri ile maliyet formüllerinde kullanılmak üzere kaplama maliyeti β_L ve her birim için ek kazı maliyeti β_A değerleri girilebilmektedir. Seçilen optimizasyon algoritmalarında kullanılan parametrelerle ilgili veri girişleri de yapılabilmektedir. Tüm bu parametrelerde kullanıcı farklı bir değer girmezse, programda ekranda gösterilen varsayılan değerler kullanılmaktadır. Programın çalışmasının ardından elde edilen tüm iterasyon sonuçları ekranın sol alt kısmında yer alan kutu içinde verilmektedir. Elde edilen optimum kanal boyutları ile tüm çalışmalar sonucunda elde edilen minimum, ortalama ve maksimum maliyet değerleri özet olarak ekranın altında ortada gösterilmektedir. Ekranın sağ alt köşesinde ise, tüm tekrarlarda iterasyonlarda elde edilen maliyet değerleri grafik olarak çizdirilmektedir. Programın sonucunda elde edilen değerlerin sadece ekranda gösterilmesinin yanında, belirlenen dosya adı ile tanımlanan Excel dosya içine de yazdırılmaktadır.

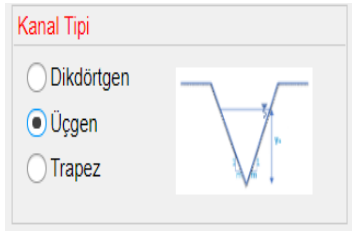


Şekil 5. Program arayüzü

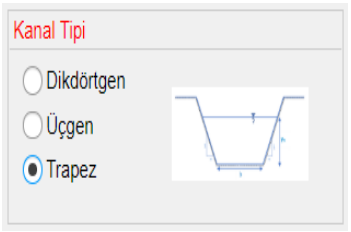
Şekil 6'da ekranda yer alan kanal tipi seçiminde dikdörtgen (Şekil 6.a), üçgen (Şekil 6.b) ve trapez (Şekil 6.c) seçildiğinde, ilgili kanal tipkesiti seçimin yanında gösterilmektedir. Böylece kanalda olan boyutlar kullanıcıya bilgi olarak gösterilmiş olmaktadır.



a) Dikdörtgen kesitli kanal seçimi



b) Üçgen kesitli kanal seçimi



c) Trapez kesitli kanal seçimi

Şekil 6. Kanal Tipi Seçimi

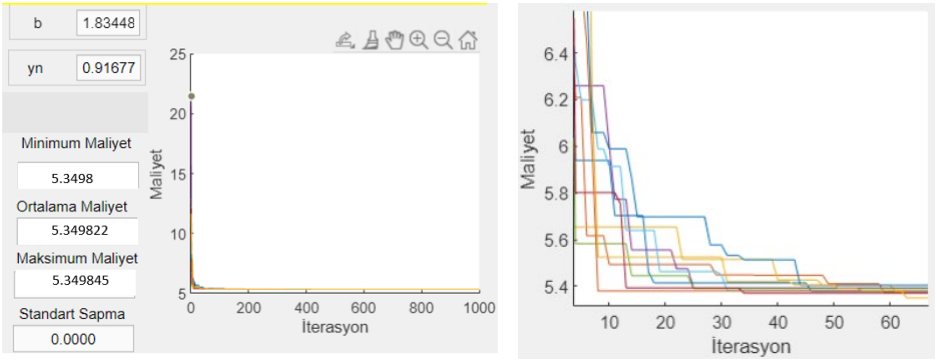
Kanal boyutlarının sınır değerleri girişi Şekil 7'deki gibi yapılmaktadır. Şekil 7'de trapez kesit için ekran görünümü verilmiştir. Dikdörtgen veya üçgen kesitli kanal tipi seçildiğinde, sadece var olan boyutlarla ilgili sınır değerleri görüntülenmektedir. Çalışmada dikdörtgen ve trapez kesitli kanallar için taban genişliği b ve tüm kanal tipleri için su derinliği y_n'nin alt sınır değeri 0 ve üst sınır değeri 20, üçgen ve trapez kesitli kanallar için şev eğimi m'nin alt sınır değeri 0.1 ve üst sınır değeri 10 olarak alınmıştır. β_L birim kaplama maliyeti ve β_A her birim için ek kazı maliyeti literatürde yer aldığı gibi farklı değerler verilerek maliyet değerlerinin hesaplanması sağlanmıştır.

Şekil 7. Kanal Genişliği, Su Derinliği ve Şev Eğimi için Sınır Değerleri

Optimizasyon algoritmalarına özel kullanılabilecek parametreler ile çalışma parametrelerinin girişleri Şekil 8'de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan parçacık sürü optimizasyonu ve türevleri için popülasyon boyutu, optimizasyonun her çalışmasındaki maksimum iterasyon değeri ve çalışmanın kaç kere tekrarlanacağı kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.

Şekil 8. Çalışmada Kullanılan Algoritma Parametreleri

Programın çalıştırılması ile elde edilen sonuçların ekranda gösterimi örnek olarak Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Dikdörtgen Kesitli Örnek Kanal Sonuçların Ekranda Gösterimi

E. *PSO ve Türevleri*

Eberhart ve Kenedy [7] tarafından geliştirilen parçacık sürü optimizasyonu (PSO) gerçek sayılardaki rastlantısallığı kullandığından dolayı literatürde yer alan diğer algoritmalara göre kullanımı çok daha kolay bir algoritmadır. PSO'ya ait sözde kod, Şekil 10'da verilmektedir.

```
Kontrol parametreleri belirlenir (N, c1, c2, Wmin, Wmax, Vmax ve Max_Iteration)
N parçacıkların rastlantısal popülasyonu oluşturulur
do
    for Her birey için
        Amaç fonksiyonu hesaplanır
```

```
        if hesaplanan değer PBEST'ten iyiyse
          PBEST güncellenir
        if hesaplanan değer GBEST'ten iyiyse
          GBEST güncellenir
    end for
    Atalet ağırlığı güncellenir
    for Her birey
        Hız güncellenir (V)
        Konum güncellenir (X)
    end for
while maksimum iterasyon tamamlandığında
Global optimumun en iyi tahmini olarak GBEST döndürülür
```

Şekil 10. PSO sözde kodu

PSO, bireysel kümeleri parçacık olarak adlandırarak konumsal vektörler tarafından oluşturulan amaç fonksiyonu uzayını parçalara ayırarak işlem yapar. Parçacık sürü optimizasyonunda çok boyutlu arama uzayındaki belirli sayıda parçacıkların olduğu gruba sürü denir. Parçacıklar deneyimleri veya sürüdeki diğer bireylerin davranışları tarafından yönlendirilen yeni konumlara gitmeden önce ilk konumları rastgele oluşturulur. İterasyon sayısı olan i değeri 1'den başlar ve kontrol parametrelerinde belirlenen maksimum iterasyona ulaşana kadar denklem tekrarlanır. Yeni konum olan X_{i+1} (24) 'te verildiği gibi eski konuma (23) 'te hesaplanan hız değeri eklenerek hesaplanır.

$$V_{i+1} = W \times V_i + c_1 \times rand_1 \times (PBEST - X) + c_2 \times rand_2 \times (GBEST - X) \quad (23)$$

$$X_{i+1} = X_i + V_{i+1} \quad (24)$$

Burada X_i mevcut konumu, X_{i+1} yeni konumu, V_i mevcut hızı, V_{i+1} yeni hızı, W PSO algoritmasının kararlılığını kontrol eden atalet ağırlığı, c_1 ve c_2 algoritmalara göre değişen sabit sayıları, $rand$ 0 ve 1 arasında rastgele olarak türetilen doğal sayıları, $PBEST$ parçacığın en iyi konuma uzaklığını ve $GBEST$ parçacığın sürü liderinin konumuna uzaklığını ifade etmektedir. Çalışmada Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması ve PSO'dan üretilmiş Parçacık Sürü Optimizasyonu Otonom Grupları olarak bilinen AGPSO1, AGPSO2, AGPSO3, IPSO, MPSO ve TACPSO algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar kuş sürülerinin uçuşundaki çeşitlilikten yararlanılarak tasarlanmıştır. Her bireyin sürüde farklı görevleri bulunmaktadır. Ancak sürü olarak görevler belli bir amaç için gerçekleştirilir. Matematiksel model olarak yapılan değişimler ile gruplardaki performanslar PSO'ya göre geliştirilmiştir. Bu algoritmalarda doğal kolonilerde olduğu gibi farklı sosyal ve bilişsel parametreleri gözlemleyebilmek ve PSO'ya farklı davranışlar kazandırmak için farklı eğim, eğrilik ve kesişme noktası gibi farklı işlevler eklenmiştir [9]. Algoritmalar kapsamında bireylerin yeni konumları belirlenirken kullanılan W eylemsizlik (inertia) değeri (25) yardımıyla hesaplanmıştır. Genellikle 0.4 ile 0.9 arasındadır.

$$W = w_{Max} - i\left(\frac{w_{Max} - w_{Min}}{Max_{iteration}}\right) \quad (25)$$

Denklemde bulunan w_{Max} ve w_{Min} değerleri program ekranı üzerinde Şekil 8'de gösterildiği gibi kullanıcı tarafından değiştirilebilir olarak ayarlanırken, çalışma kapsamında sırasıyla 0.9 ve 0.4 olarak alınmıştır.

PSO'da hız ve konum güncellenmeleri kullanıcı tarafından belirlenen (-Vmax) ile (Vmax) sınır değerleri arasında belirlenirken, PSO'dan türetilen diğer algoritmalarda gruplandırılmış farklı hesaplamalara sahip olan c_1 ve c_2 katsayıları kullanılır. Denklem 23 'te konum belirlenirken kullanılan c_1 ve c_2 katsayılarının Mirjalili vd. [9] tarafından

geliştirilen AGPSO1, AGPSO2, AGPSO3, IPSO, MPSO ve TACPSO algoritmalarındaki hesaplama şekilleri, Şekil 11'de gösterilmiştir. Örneğin AGPSO1'de c_1 katsayısına bakıldığında parçacıklar sosyal davranışı diğer gruplardan daha önce takip etme eğiliminden çıkartılarak hesaplanmıştır.

Algoritma	c_1 ve c_2 Formülleri	
AGPSO1	Grup 1:	$c1 = (-2.05/Max_{iteration}) * i + 2.55$ $c2 = (1/Max_{iteration}) * i + 1.25$
	Grup 2:	$c1 = (-2.05/Max_{iteration}) * i + 2.55$ $c2 = (2i^3/Max_{iteration}^3) + 0.5$
	Grup 3:	$c1 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 2.5$ $c2 = (1/Max_{iteration}) * i + 1.25$
	Grup 4:	$c1 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 2.5$ $c2 = (2i^3/Max_{iteration}^3) + 0.5$
AGPSO2	Grup 1:	$c1 = 2.5 + 2(1/Max_{iteration})^2 - 2(1/Max_iteration)$ $c2 = 3 - c1$
	Grup 2:	$c1 = 0.5 + 2e^{-(4i/Max_{iteration})^2}$ $c2 = 2.2 - 2e^{-(4i/Max_{iteration})^2}$
	Grup 3:	$c1 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 2.5$ $c2 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 0.5$
	Grup 4:	$c1 = 2.5 - (-2\log(i)/\log(Max_{iteration}))$ $c2 = (2\log(i)/\log(Max_{iteration})) + 0.5$
AGPSO3	Grup 1:	$c1 = 1.95 - (-2i^{1/3}/Max_{iteration}^{1/3})$ $c2 = (2i^{1/3}/Max_{iteration}^{1/3}) + 0.5$
	Grup 2:	$c1 = 1.95 - (2i^{1/3}/Max_{iteration}^{1/3})$ $c2 = (2i^3/Max_{iteration}^3) + 0.5$
	Grup 3:	$c1 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 2.5$ $c2 = (2i^{1/3}/Max_{iteration}^{1/3}) + 0.5$
	Grup 4:	$c1 = (-2i^3/Max_{iteration}^3) + 2.5$ $c2 = (2i^3/Max_{iteration}^3) + 0.5$
IPSO		$c1 = 2.5 + 2(1/Max_{iteration})^2 - 2(2i/Max_{iteration})$ $c2 = 3 - c1$
MPSO		$c1 = (-2.05/Max_{iteration}) * i + 2.55$ $c2 = (1/Max_{iteration}) * i + 1.25$
TACPSO		$c1 = 0.5 + 2e^{-(4i/Max_{iteration})^2}$ $c2 = 2.2 + 2e^{-(4i/Max_{iteration})^2}$

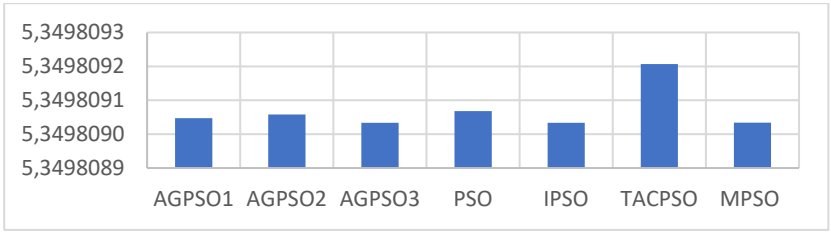
Şekil 11 Algoritmalara Göre c_1 ve c_2 Hesaplanma Şekilleri

AGPSO2 algoritması 1. grupta ise hesaplanan $c_1$değeri c_2 değeri hesaplamasında kullanılır. Tabloda bulunan her i iterasyonu değerinin denklemleri ayrı hesaplanır.

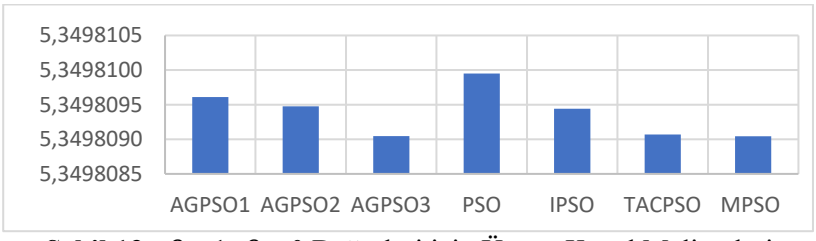
III. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen tüm optimizasyon algoritmalarında popülasyon boyutu 50 olarak seçilmiştir. Her çalışmada maksimum iterasyon değeri 1000 olarak belirlenmiştir. Her bir çalışma, sonuçların istatistiksel olarak yorumlanması için 30 kere tekrarlanmıştır. 30 tekrar içinde elde edilen minimum maliyet değeri ve bu değere ait kanal boyutları sonuç olarak verilmiştir. Literatürde olduğu gibi kaplama maliyeti β_L 1 alınarak ek kazı maliyeti β_A 'nın 0-10 arasındaki tüm tamsayı değerleri için ve ek kazı maliyeti β_A 0.5 alınarak kaplama maliyeti β_L 'nin 1-10 arasındaki tüm tamsayı değerleri için yukarıda bahsedildiği şekli ile denemeler yapılmıştır. Tüm algoritmalarda β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen maliyet değerleri dikdörtgen kesitli kanal için Şekil 12'de, üçgen kesitli kanal için Şekil 13'te, trapez kesitli kanal için Şekil 14'te verilmektedir. Şekiller incelendiğinde dikdörtgen kesitli kanal için en iyi sonucun AGPSO3 algoritmasında, en kötü sonucun

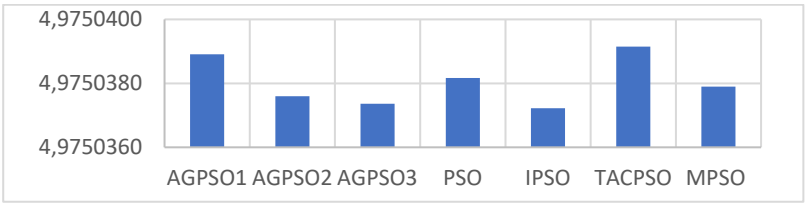
TACPSO algoritmasında; üçgen kesitli kanal için en iyi sonucun MPSO algoritmasında, en kötü sonucun PSO algoritmasında; trapez kesitli kanal için en iyi sonucun IPSO algoritmasında, en kötü sonucun ise TACPSO algoritmasında elde edildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 12. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Dikdörtgen Kanal Maliyetleri



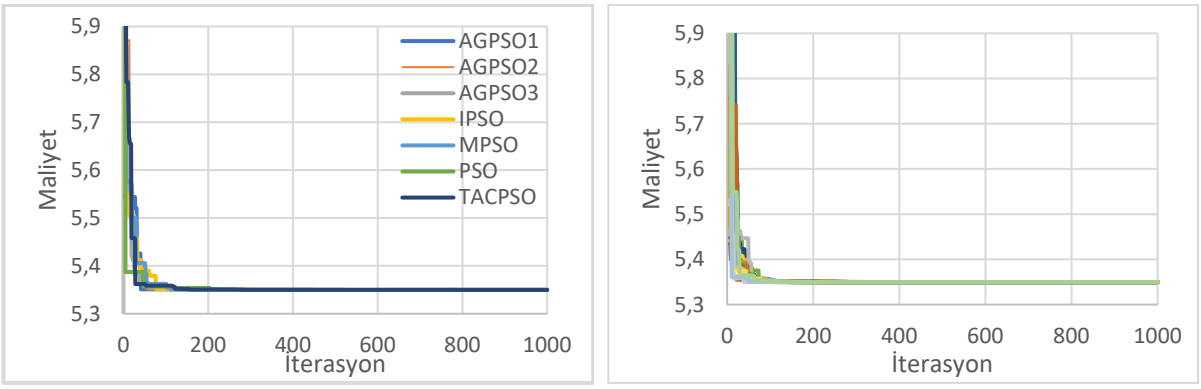
Şekil 13. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Üçgen Kanal Maliyetleri



Şekil 14. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Trapez Kanal Maliyetleri

Dikdörtgen kesitli kanal için tüm algoritmalarda β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen en iyi denemelere ait yakınsama sonuçları Şekil 15'te verilmiştir.

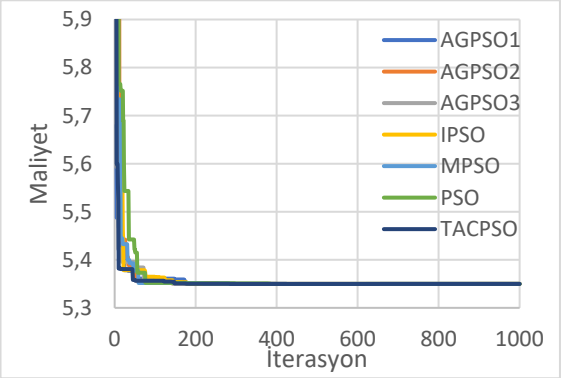
Birbirine yakın olarak ilerleyen algoritmalar incelendiğinde AGPSO3 algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. AGPSO3 algoritmasında β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen 30 denemeye ait yakınsama eğrileri Şekil 16'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde iterasyon değerinin belli bir değerinden sonra maliyet fonksiyonunda kayda değer bir değişim göstermediği görülmektedir.



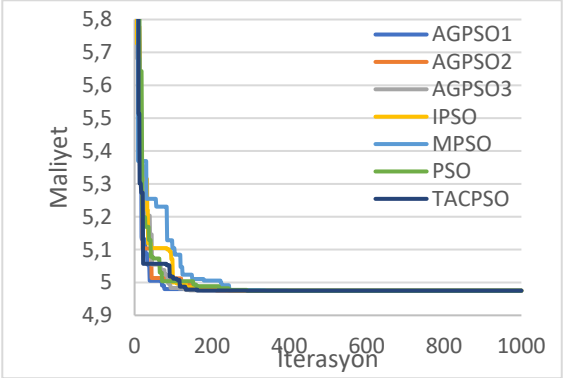
Şekil 15. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Dikdörtgen Kanalda En İyi Denemelere Ait Yakınsama Sonuçları

Şekil 16. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Dikdörtgen Kanalda AGPSO3 Algoritması ile 30 Denemeye ait Yakınsama Eğrileri

Üçgen kesitli kanal için tüm algoritmalarda β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen en iyi denemelere ait yakınsama sonuçları Şekil 17'de verilmiştir. MPSO algoritmasının minimum maliyet değerlerini verdiği görülmüştür. Trapez kesitli kanal için tüm algoritmalarda β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen en iyi denemelere ait yakınsama sonuçları Şekil 18'de verilmiştir. Üçgen ve trapez kesitli kanalda MPSO algoritmasında ve trapez kesitli kanalda IPSO algoritmasında β_L=1 ve β_A=0 değerleri için elde edilen 30 denemeye ait yakınsama eğrileri Şekil 16'ya benzer bir görüntü verdiğinden dolayı grafik olarak eklenmemiştir.



Şekil 17. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Üçgen Kanalda En İyi Denemelere Ait Yakınsama Sonuçları



Şekil 18. β_L=1 β_A=0 Değerleri için Trapez Kanalda En İyi Denemelere Ait Yakınsama Sonuçları

Elde edilen sonuçlarla, aynı parametrelerle literatürdeki çalışmalarda elde edilen sonuçlar Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

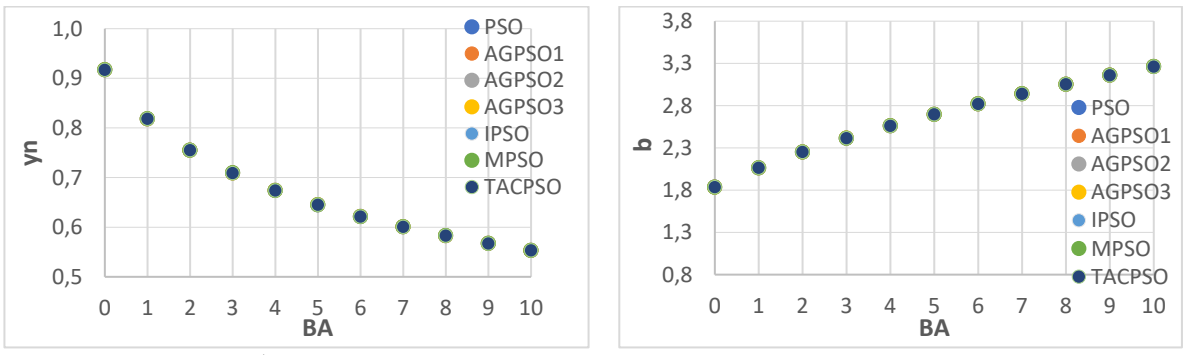
Tablo incelendiğinde bulunan maliyet değerleri ile kesit boyutlandırmalarının çalışma ve literatürdeki tüm algoritmalar için benzerlik gösterdiği görülmektedir. Çalışmada PSO ve türevlerinin kullanılması ile elde edilen sonuçların literatürdeki sonuçlara çok yakın değerler olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Elde Edilen Sonuçların Literatürle Karşılaştırılması

Yöntem	Kesit Tipi	Kanal Boyutları			Maliyet
		y_n	m	b	
LM [1]	Dikdörtgen	0.917	-	1.834	5.3498
DEA [2]		0.91721	-	1.83358	5.3498
BA [3]		0.939	-	0.179	5.3488
ABC [4]		0.9196	-	1.8288	5.3496
MHBMO [5]		0.917	-	1.834	5.3498
FF [6]		0.913409	-	1.841269	5.34992
HuS [6]		0.915791	-	1.836424	5.349787
AGPSO1		0.917024777	-	1.833966619	5.349809005
AGPSO2		0.917031652	-	1.833952871	5.349809006
AGPSO3		0.917003686	-	1.834008801	5.349809003
PSO		0.916973249	-	1.834069679	5.349809007
IPSO		0.917000876	-	1.83401442	5.349809003

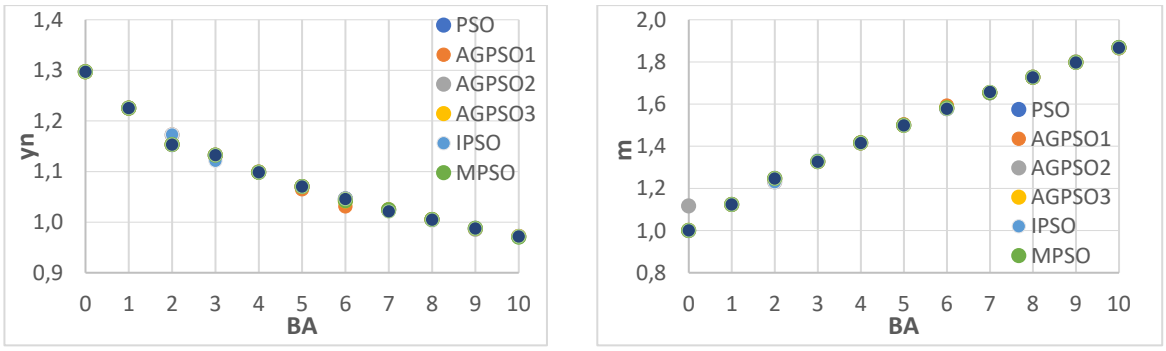
MPSO		0.917010031	-	1.83399611	5.349809003
TACPSO		0.916930596	-	1.834154996	5.349809021
LM [1]	**Üçgen**	1.297	1	-	5.3507
DEA [2]		1.297	1	-	5.3507
BA [3]		1.299	0.966	-	5.3474
ABC [4]		1.2972	0.9993	-	5.3495
MHBMO [5]		1.2968	1	-	5.3496
FF [6]		1.30538	0.987757	-	5.3528
HuS [6]		1.300566	0.994277	-	5.349838
AGPSO1		1.296705803	1.00020631	-	5.349809061
AGPSO2		1.296956686	0.999819387	-	5.349809048
AGPSO3		1.296820099	1.000030005	-	5.349809005
PSO		1.297211388	0.999426842	-	5.349809449
IPSO		1.296726932	1.000173714	-	5.349809044
MPSO		1.29685658	0.999973744	-	5.349809004
TACPSO		1.29687334	0.999947899	-	5.349809007
LM [1]	**Trapez**	0.968	0.577	1.117	4.976
DEA [2]		0.968	0.577	1.118	4.9741
BA [3]		0.969	0.579	1.112	4.9726
ABC [4]		0.9645	0.5768	1.1256	4.9748
MHBMO [5]		0.9678	0.5774	1.1175	4.9749
FF [6]		0.901821	0.659964	1.208616	4.99633
HuS [6]		0.962824	0.577662	1.128858	4.975106
AGPSO1		0.967304217	0.576278167	1.11979191	4.975038907
AGPSO2		0.968252511	0.577603616	1.116319168	4.975037595
AGPSO3		0.968100236	0.577684966	1.116591884	4.975037355
PSO		0.968022179	0.578393599	1.116086275	4.975038172
IPSO		0.967768116	0.577769976	1.117276572	4.975037223
MPSO		0.967268143	0.577272291	1.118913477	4.975037886
TACPSO		0.96810136	0.578772986	1.115536276	4.975039149

β_L=1 ve β_A 'nın farklı değerleri için elde edilen optimum boyutsuz kanal boyutları dikdörtgen kanal için Şekil 19'da, üçgen kanal için Şekil 20'de ve trapez kanal için Şekil 21'de verilmektedir.



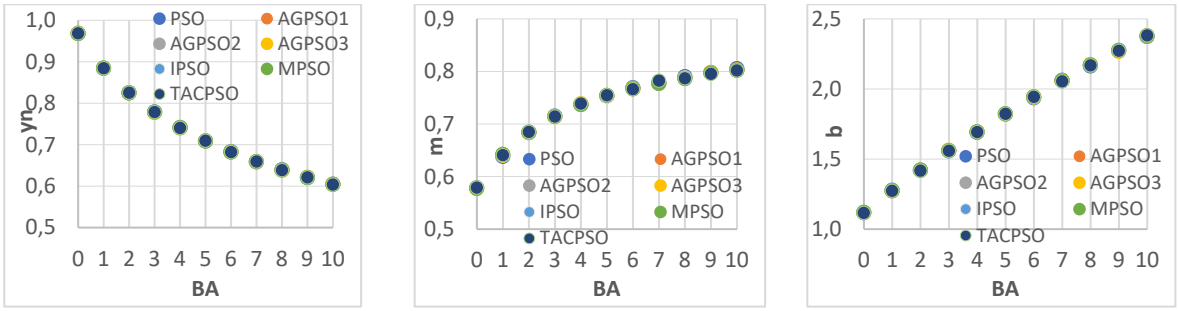
a) b)

Şekil 19. β_L=1 için Dikdörtgen Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a) ve Genişlik (b) Değişimleri



a) b)

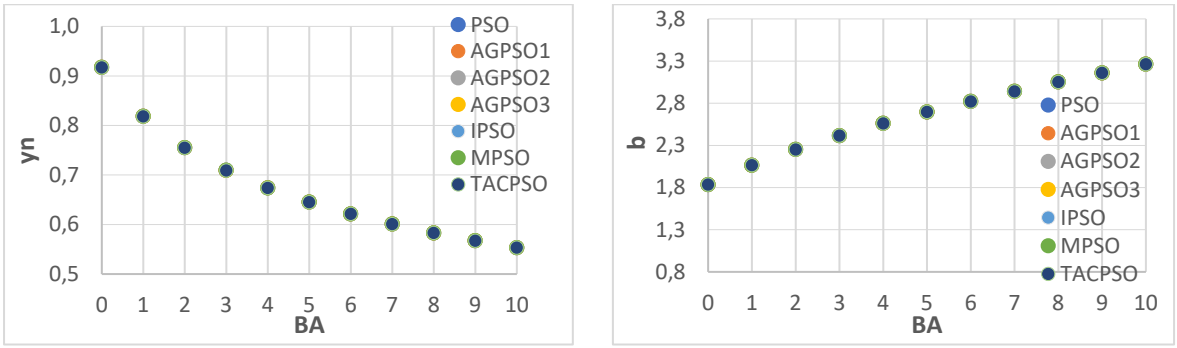
Şekil 20. β_L=1 için Üçgen Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a) ve Eğim (b) Değişimleri



a) b) c)

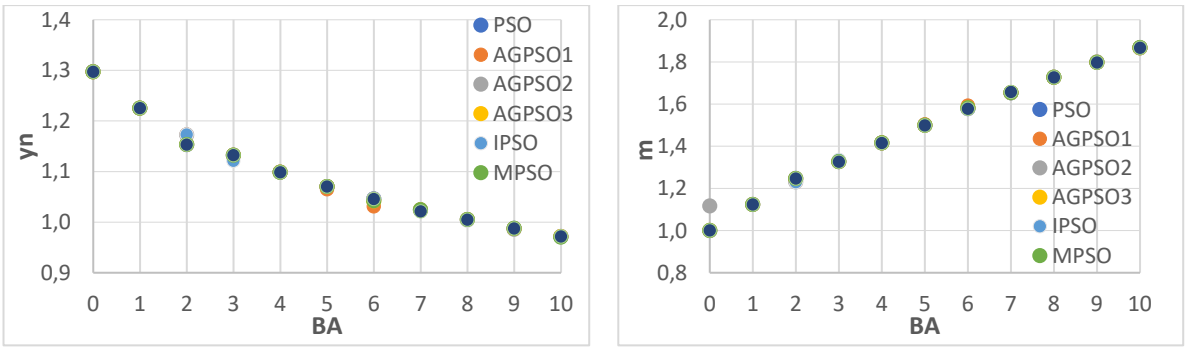
Şekil 21. β_L=1 için Trapez Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a), Eğim (b) ve Genişlik (c) Değişimleri

β_A=0.5 ve β_L 'nin farklı değerleri için elde edilen optimum boyutsuz kanal boyutları dikdörtgen kanal için Şekil 22'de, üçgen kanal için Şekil 23'te ve trapez kanal için Şekil 24'te verilmektedir.



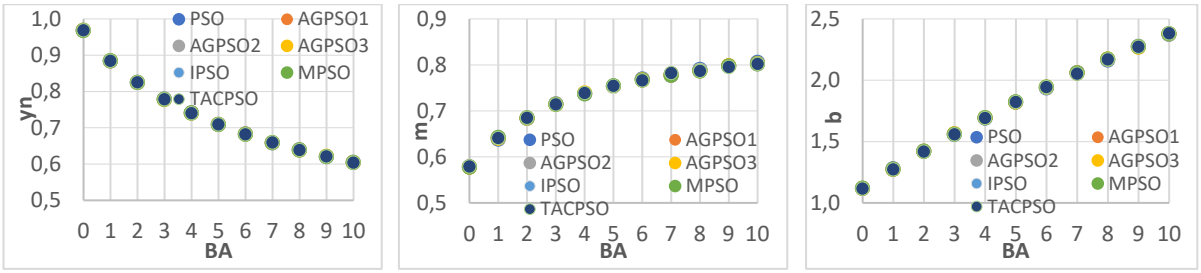
a) b)

Şekil 22. β_L=1 için Dikdörtgen Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a) ve Genişlik (b) Değişimleri



a) b)

Şekil 23. β_L=1 için Üçgen Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a) ve Eğim (b) Değişimleri



a) b) c)

Şekil 24. β_L=1 için Trapez Kanalda Optimum Boyutsuz Derinlik (a), Eğim (b) ve Genişlik (c) Değişimleri

IV. SONUÇLAR

Çalışmada dikdörtgen, üçgen ve trapez kesitli kanallar kullanılmıştır. PSO ve türevlerinden oluşan 7 farklı algoritma ile çözüm yapılmıştır. Tüm algoritmalardaki denemelerde popülasyon boyutu 50, maksimum iterasyon sayısı 1000 alınmış ve her deneme grubu 30 defa farklı başlangıç değerleri ile çalıştırılmıştır. 30 denemenin en iyi sonucu, denenen grubunun sonucu olarak alınmıştır. Tüm algoritmalarda elde edilen sonuçlar literatürde daha önce elde edilmiş sonuçlara çok yakındır. Minimum maliyetin dikdörtgen kanalda AGPSO3 algoritmasıyla, üçgen kanalda MPSO algoritmasıyla ve trapez kanalda IPSO algoritmasıyla elde edildiği görülmüştür. Algoritmaların tamamı sonuca hızlı bir şekilde yakınsamıştır. Çalışmada kullanılan ve seçilen tüm parametrelerin toplu bir şekilde girilebilmesi ve işe görsellik katılabilmesi için bir ekran tasarımı yapılmıştır. Bu ekran yardımı ile, açık kanal optimizasyonu yapmak isteyen bir kullanıcının, parametreleri istediği gibi belirleyebilmesi ve istediği optimizasyon algoritmasını seçebilmesi mümkün olabilmektedir. Elde edilen sonuçlar ekranda liste halinde ve grafik olarak alınabildiği gibi Excel dosyaya da kaydedilebilmektedir. Oluşturulan arayüz tasarımı daha sonraki çalışmalarda gerek yeni optimizasyon algoritmalarının eklenebilmesi açısından rahat kullanılabilir düzeydedir.

REFERANSLAR

[1] B. AKSOY, A.B ALTAN-SAKARYA, 2006, "Optimal Lined Channel Design". Canadian Journal of Civil Engineering, 2006, 33.5: 535-545.

[2] M. E. TURAN, M. A. YURDUSEV, 2011, "Optimization of Open Canal Cross Sections by Differential Evolution Algorithm". Mathematical and Computational Applications, 2011, 16.1: 77-86.

[3] İ. AYDOGDU, A. AKIN, 2011, "Bees Algorithm Based Optimum Design of Open Canal Sections". International Journal of Engineering and Applied Sciences, 3.4: 21-31.
[4] İ. AYDOGDU, 2012, "Açık Kanalların Yapay Arı Kolonisi Yöntemi Kullanılarak Optimum Tasarımı", International Construction Congress 2012 Isparta/Turkiye,
[5] M. NIAZKAR, S.H. AFZALI, 2016, "Optimum Design of Lined Channel Sections". Water Resources Management, 2015, 29.6: 1921-1932. doi: 10.1007/s11269-015-0919-9
[6] M. E. TURAN, 2016, "Farklı Geometrilere Sahip Açık Kanal Kesitlerinin Optimizasyonu", International Science and Technology Conference, Vienna-Austria, July 13-15, 2016, 488-496
[7] J. KENEDY; R. EBERHART, 1995, "Particle Swarm Optimization". In: Proceedings of ICNN'95-International Conference on Neural Networks. IEEE, 1995. p. 1942-1948.
[8] V.T. CHOW, 1959, "Open Channel Hydraulics", McGraw Hill Civil Engineering Series.
[9] S. MIRJALILI, A. LEWIS, A. S. SADIQ, 2014, "Autonomous Particles Groups for Particle Swarm Optimization". Arabian Journal for Science and Engineering, 2014, 39.6: 4683-4697.

Robotik Sistem Laboratuvarları İçin Düşük Maliyetli İnsanımsı Robot Deney Seti Tasarımı

Low Cost Humanoid Robot Experiment Set Design for Robotic System Laboratories

Taylan Utku Mert[*1], Farzin Asadi[2]

[*1]taylanumert@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0771-5506
[2]farzinasadi@maltepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5928-0807
[1,2] *Maltepe Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

Özet: İnsanımsı robot çalışmalarında temel problemlerden birisi robot sabit dururken veya hareket halindeyken zemin koşullarında meydana gelecek değişmeler veya rastgele uygulanacak denge bozucu kuvvetlerin olması halinde bile mevcut durumunu koruyacak algoritmayı geliştirebilmektir. Bunun içinde robotun mekanik sisteminin tasarlanması, matematiksel modelinin çıkartılması, hareket kabiliyetinin belirlenmesi ardından da bu yapıyı hareket ettirecek yada dengede tutacak elektronik sistemin tasarlanması gerekir. Hareket ve dengeyle ilgili geri bildirim sinyalleri alınıp bu sinyallerin gürültüden arındırılıp, yorumlanıp çıkışta hareketin ve dengenin devamını sağlayacak doğru sinyallerin üretilmesi için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Denge ve hareket geri bildirimi için bu metotlardan bazıları gövdeye yerleştirilen ivme sensörlerinin kullanımı ,tabanlara yerleştirilen basınç sensörlerinin kullanımı veya eklemlere yerleştirilen tork sensörlerinin kullanımıdır. Matematiksel model olarak da ters sarkaç modeli, çiftli ters sarkaç modeli veya sıfır moment noktası gibi metotlar kullanılmıştır. Çıkışa uygulanacak sinyalin üretilmesinde PID (Proportional Integral Derivative) kontrolü gibi yöntemler tercih edebilmektedir. Bu çalışmada geri bildirim ve denge metotları incelenmiş, robot denge geliştirmelerinin yapılabileceği maliyeti düşük mekaniği basit bir "İnsansı Robot Düzeneği" gerçekleştirilmiştir. Sensörlerden okunan sinyalleri gürültüden arındırmak için yazılımsal filitre tasarlanmış ve çıkışta dengenin sağlanması için gerekli sinyal PID kontrolcü kullanılarak oluşturulmuştur. Tasarlanan sistem eğimi değişen koşullarda test edilmiş ve dengenin sağlandığı görülmüştür. Bu çalışma yeni metotlar geliştirmek için gerekli altyapıyı sağlamıştır.

Keywords: *Robotik, İnsanımsı Robot, Denge, Deney Kiti, DC Servo Motor, Hareket ve İvme Sensörü*

Abstract: One of the main problems in humanoid robot studies is to develop an algorithm that will maintain its current state even in case of changes in ground conditions or random destabilizing forces while the robot is stationary or in motion. In this, it is necessary to design the mechanical system of the robot, to extract its mathematical model, to determine its mobility, and then to design the electronic system that will move this structure or keep it in balance. Various methods have been developed to receive feedback signals related to motion and balance, to clear these signals from noise, to interpret them, and to produce correct signals that will ensure the continuation of motion and balance at the output. Some of these methods for balance and motion feedback are the use of acceleration sensors placed on the trunk, the use of pressure sensors placed on the soles, or the use of torque sensors placed on the joints. As the mathematical model, methods such as inverted pendulum model, double inverted pendulum model or zero moment point were used. In generating the signal to be applied to the output,

methods such as PID (proportional integral derivative) control are preferred. In this study, feedback and balance methods were examined, and a simple "Humanoid Robot Assembly" with low cost mechanics in which robot balance improvements can be made has been realized. A software filter is designed to remove noise from the signals read from the sensors, and the necessary signal to balance the output is created using a PID controller. The designed system slope was tested under varying conditions and it was seen that the balance was achieved. This study provided the necessary infrastructure to developing new methods.

Keywords: *Robotics, Humanoid Robot, Balance, Experiment Kit, DC Servo Motor, Motion and Acceleration Sensor*

I. GİRİŞ

KEŞİF ROBOTU Perseverance 2021 Şubat ayında Mars yüzeyine ulaştı. İnsanlar robotlar üzerinde kimi zaman insanların yaptığı işleri robotlara yaptırabileceklerini göstermek için çalışırken kimi zamanda insanların yapamayacağı işleri robotlara yaptırmak için uğraşmışlardır. Marsa gönderilen Perseverance robotu da aslında insanın yapamayacağı bir görevi yapmaktadır. Boston Dynamic firmasının Atlas isimli robotu ise 90kg ağırlığıyla 2 ayak üzerinde 1km mesafeyi 7 dakikanın altında kat edebilmekte. Engellerin üstünden atlayabiliyor havada geriye takla atabiliyor. Bu kadar gelişmiş robotların eğitim kurumlarının laboratuvarlarında olması şimdilik mümkün gözükmüyor. Çok daha basit geliştirme kitlerinin fiyatları ise 200 USD gibi fiyatlardan başlıyor. Özellikle 3 boyutlu yazıcıların aktif kullanımıyla birlikte mekanik parçaların üretimi kolaylaşsa da birçok zahmetli çizim deneme yanılma süreçleri barındırmakta. Bir robotun mekanik aksamına yüksek maliyetler ödemeden 3-4 gün içinde ayaklandırmak pek mümkün gözükmemekte. Burada yaptığımız çalışma piyasada başka amaçlar için üretilmiş servo motor aksamlarını basit değişikliklerle insanımsı robot iskeletine dönüştürmek.

Öğrenciler için sınıflarda gördükleri dersleri laboratuvar ortamında pekiştirmelerini amaçlayarak mikrodenetleyiciler üzerine laboratuvar eğitim setleri için bazı çalışmalarda yapılmıştır.

[1] Çalışmalarında güç elektroniği dersi içeriğinde öğrenilen bilginin deneylerle pekiştirilmesi, güç elektroniği devrelerinin tasarlanması, yazılımsal olarak kontrol edilmesi ve üretimiyle ilgili hızlı bir deneyim sağlamayı amaçlayarak bir güç elektroniği eğitim laboratuvarı oluşturmuşlardır. Öğrencilere son teknoloji simülasyon, deney araçlarını tanıtmak ve modern, basit kullanımı kolay öğrenme ve geliştirme ortam sunmuşlardır.

[2] Bu çalışmada ise öğrencilerin mikrodenetleyici dersinde aldıkları eğitimi çeşitli uygulamalarla ve deneylerle geliştirebilmeleri için mikrodenetleyici laboratuvar seti hazırlamışlardır. Bu setle tuş takımı, led, LCD, analog-sayısal çevirici modülü, step motor modülü ve seri port haberleşmesi üzerine örnek uygulamalar verilmiş. Mikrodenetleyici ile bilgisayar seri port üzerinden haberleştirilmiş ve bilgisayar üzerinde de bu haberleşmeyi yapan örnek bir uygulama sunulmuş.

Eğitim setlerinin üzerine yapılan bu çalışmalar dışında robotların dengeleri üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Farklı yöntem ve yaklaşımlarla dengenin sağlanması amaçlanmış. Bunlardan bazılarında ters sarkaç yöntemi kullanılmıştır. [3,4]

İncelenen başka bir çalışma ise ters sarkaç yöntemine PID kontrolü eşlik etmiştir. [5]

[6] Yapılan bu çalışmada ise robotun üst gövdesi sallanarak denge sağlamışlar. Sıfır Moment Noktası dayalı bir çevrimiçi düzeltme algoritması üretmek için robotun üst gövdesi ters çevrilmiş bir sarkaç olarak modellenmiştir. Sıfır Moment Noktası tabana takılı Kuvvete Duyarlı Direnç sensörlerinden elde edilmiştir. Buna benzer tabana takılı sensör yaklaşımı dört ayaklı

bir robot çalışmasında da kullanılmış. [7]

Bunların haricinde tabandaki sensörlerdeki basınç değişiminden aldığı verileri çift ters sarkaç modeliyle birleştiren çalışmalarında olduğu görülmüştür. [8]

Çalışmaları robot yürümesi üzerine yapan bazı çalışmalarda genetik öğrenme gibi ilgi çeken çalışmalarda bulunmakta. [9]

Burada yapılan çalışmada ilk aşama uygun fiyatlı bir servo motor belirlemek. Servo motorlar açısal olarak konumlandırılması kolay olan motorlardır ve hobi model araçlarında kullanılmaktadır. Servo motor seçimini yaparken motorun bacak ve gövdeyi oluşturan mekanik kısma kolay montaj yapılabilmesi önemlidir. Çeşitli servo motorlar kendi mekanik aksamlarıyla satılmaktadır fakat bunlar genelde maliyeti yüksek motorlar ve mekanik aksan tek bir işleve göre tasarlanmış ve üzerinde değişiklik yapmaya uygun değillerdi. Çeşitli araştırma yapıp sık kullanılan bir sevro motoru ve buna uygun pan tilt diye adlandırılan plastik bir mekanik aksan belirlendi. Bu mekanik parça plastik olduğu için projemize uygun değişiklikleri yapmak kolaydı. Özellikle de maliyeti çok düşüktü. Bu aşamada 3D yazıcılarla mekanik tasarımlarda yapmak mümkündü ancak öncelikle çizimlerin yapılması gerekliydi. Buda tasarım aşamasını uzatan ve maliyeti arttıran başka bir yoldu. Diğer bir çözüm olarak hazır 3D modeller bulmak ve bunları bastırmakta mümkündü, fakat bu parçalar üzerinde mekanik değişiklikler yapmak gerektiğinde süreç uzayacak maliyet artacaktı.

Motor ve mekanik kısım belirlendikten sonra elektronik kısmın belirlenmesi gerekti. Elektronik kısmı güç, mikrodenetleyici, denge-eğim sensörü ve motor sürücü olarak ayrı ayrı düşünmek gerekti. Servo motorları sürmek teknik olarak dijital çıkışla PWM üretmekle mümkündür. Ancak motor sayısı arttıkça her bir motor için ayrı PWM kanalı sağlamak ve bunları yazılımsal olarak sürmek asıl yapmak istediğimiz robot denge işinden bizi uzaklaştıracaktı. Buradaki motorları sürme işlevini yapacak kanal sayısı yeterli hazır bir modül kullanmak projenin daha çabuk tamamlanması sağlayacaktı. Bu iş için servo motorlar için üretilmiş hazır PWM modüller araştırılıp 12 kanallı bir sürücü belirlendi. Bu modül Uart üzerinden kontrol edilebilmekte ve PC bağlantısı yapmak için USB bağlantısı da mevcut.

Mikrodenetleyici kitini belirlerken ise üzerinde denge-eğim sensörü, programlayıcı-hata ayıklayıcı olması ve PC bağlantısının olması dikkate alındı. STM32 Discovery Kitler bu avantajları sağlıyordu. Ayrıca işlemci kütüphaneleri de mevcuttu. Güç kaynağı için ise hazır bir adaptör edinildi. Burada dikkat edilmesi gerekense motorla elektronik devreleri ayrı güç kaynağından beslemekti.

II. ROBOT DENEY SETİNİN BİLEŞENLERİ

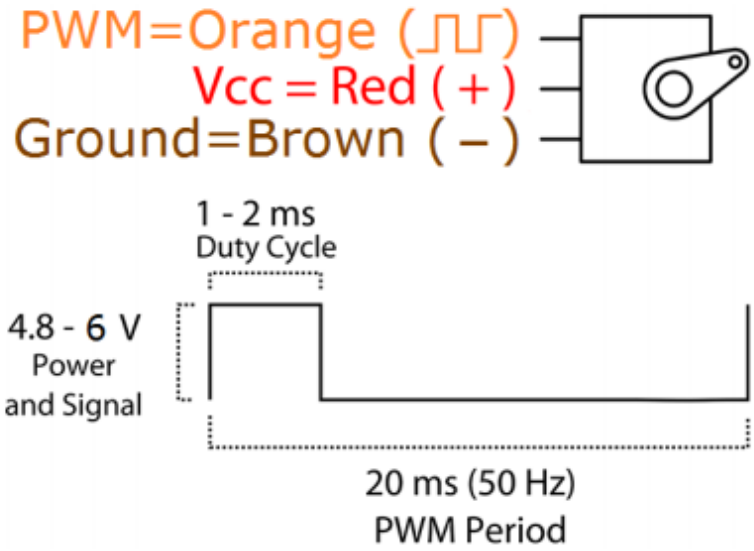
A. Servo Motor

Servo Motorlar çıkış milinin konumu ve hızı kontrol girişlerine uygulanan sinyalle ayarlanabilen motorlardır. Servo Motorun iç yapısında DC motor, dişli sistemi ve mil temel parçalardan oluşmakla beraber milin konumunu ölçen bir sensör, kontrol bacağından uygulanan sinyali işleyen bir çözücü devresine sahiptir. Bunlara ek olarak çözücü ve sensörden alınan sinyalleri işleyerek mili doğru konumda tutan kontrolcü devresi bulunur.

Bu çalışmada MG90S kodlu servo motor kullanıldı. Küçük ve hafif bir servo olan MG90S dişli sisteminin metal olması nedeniyle robot ekleminde meydana gelmesi olası zorlamalara daha dayanaklıdır. 180 derecelik mil dönüş açısı vardır. 13.4gr ağırlığında ve 22.5 x 12 x 35.5mm ölçülerindedir. 4.8V çalışma voltajı ile 1,8 kg/cm güç üretebilir ve 60 derecelik bir dönüşü 0.1sn te tamamlayabilir.

Şekil 1. Servo motor MG90S

MG90S'in 3 adet elektriksel bağlantısı vardır. Bunlardan ikisi çalışma voltajı için diğeri ise kontrol sinyalidir. Çalışma voltajı 4.8-6V arasında uygulanabilir. Sinyal girişi için 20ms periyotla PWM sinyal uygulanır. PWM sinyalin doluluk oranı 1-2ms aralığında değişir. 1ms lik sinyalden 2ms lik sinyale geçişte 180 derecelik bir dönüş sağlanmış olur. 1.5ms lik bir sinyal ise motorun orta konumda yani 90 derecede durmasını sağlar. Motorun istenilen açıda durmaya devam etmesi için PWM sinyali uygulanmaya devam edilmelidir.



Şekil 2. Servo motorun elektriksel bağlantıları ve kontrol sinyalinin özellikleri

B. Mikrodenetleyici ve Denge-Eğim sensörü

Mikrodenetleyici üreten firmanalar ürünlerinin tanıtımı aşamasında tak çalıştır tarzı bir deneyim sağlaması için geliştirme kiti diye adlandırılan mikrodenetleyicin çalışması için gerekli temel devreleri barındıran, denetleyicinin özelliklerini kullanmak için gerekli yardımcı devreleri barındıran ve denetleyicinin programlanması, kodun hata ayıklamasının yapılabilmesi için debuger diye adlandırılan birimleri içeren elektronik devreler üretmeye başlamışlardır. Bu tip geliştirme kitleri geliştiricilerin ürünü keşfetmelerine ve uygulamalarını kolayca geliştirmelerine yardımcı olur.

Bu üreticilerden ST firmasının 32F411EDISCOVERY adlı geliştirme kiti tercih edilmiştir. Bu kit bir ST-LINK/V2 yerleşik hata ayıklama aracı, bir jiroskop, bir e-pusula, bir dijital

mikrofon, entegre D sınıfı hoparlör sürücüsüne sahip bir sesli DAC, bir OTG Micro-AB konektörü, LED'ler ve düğmeler içermektedir.

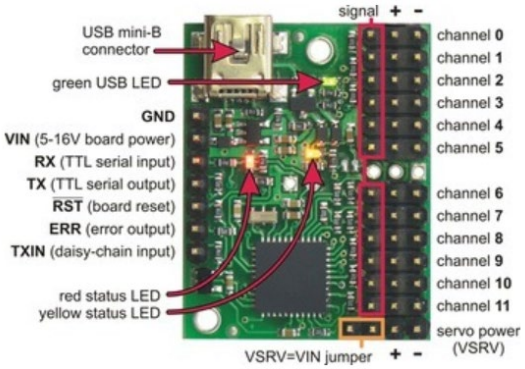
Geliştirme kiti Arm 32-bit Cortex-M4 100Mhz çekirdeğe 512kb flash hafızaya ve 128kb SRAM sahiptir.

Kit üzerinde I3G4250D kodlu MEMS 3-eksenli dijital çıkışlı gyroscope hareket sensörü ve LSM303AGR kodlu 3D dijital lineer ivme-manyetik sensörü bulunur. [10]

Şekil 3. Geliştirme kiti

C. Servo Motor Sürücü Kartı

İnsanımsı Robot kitinde 12 adet servo motor kullanılmaktadır. Motorların kontrolü herhangi bir motor sürücü kartı olmaksızın mikro kontrolcüyle yapılabilir. Burada bahsedilen motor sürücü 12 kanala sahip bir PWM üreticidir. Seri port üzerinden motor sürücüye gönderilen komutlarla motorların konumları güncellenir. Böylece 12 ayrı PWM üretmek yerine sadece mikrodenetleyicinin seri portundan hangi motora hangi PWM değerinin uygulanacağını iletmek yeterli olacak. Burada motor sürücünün kullanılmasındaki temel neden projenin gelişim sürecini hızlandırmaktır. Motor sürücü bir miktar maliyet artışına sebep olsada geliştirme sürecinin hızlanmasına önemli katkısı olmuştur. Zaman kısıtlamasının olmadığı projelerde mikrodenetleyici üzerinde geliştirilecek bir yazılımla motor sürücünün işlevi gerçekleştirilip maliyeti düşürmek mümkündür.



Şekil 4. Pololu maestro mini 12 motor sürücü

Uygulamada kullandığımız motor sürücünün model ismi Pololu Mini Maestro 12. 12 adet PWM çıkışı var, 2.79x3.61cm boyutlarında ve 4.2gr ağırlığındadır.

D. Mekanik Parça

İnsanımsı Robot kitinin ucuz ve hızlı oluşturulabilir olması için mekanik kısmın kolay bulunur ve montajının kolay olması şarttır. Bunun için yapılan araştırmanın sonucunda Mini Pan Tilt adlı bir mekanik araç bulunmuştur. Bu araç farklı bir işlev için tasarlanmış olmakla beraber üzerinde değişiklik yapmak mümkündür.

Şekil 5. Mini pan tilt

E. Mikrodenetleyici Programlama Ortamı

ST firmasının ücretsiz olarak sağladığı STM32CubeIDE derleyicisinin 1.9.0 sürümü kullanılmıştır. Ayrıca kütüphane ve örnek kodlar içinde yine ST firması STM32CubeMX adlı yazılımı kullanıldı.

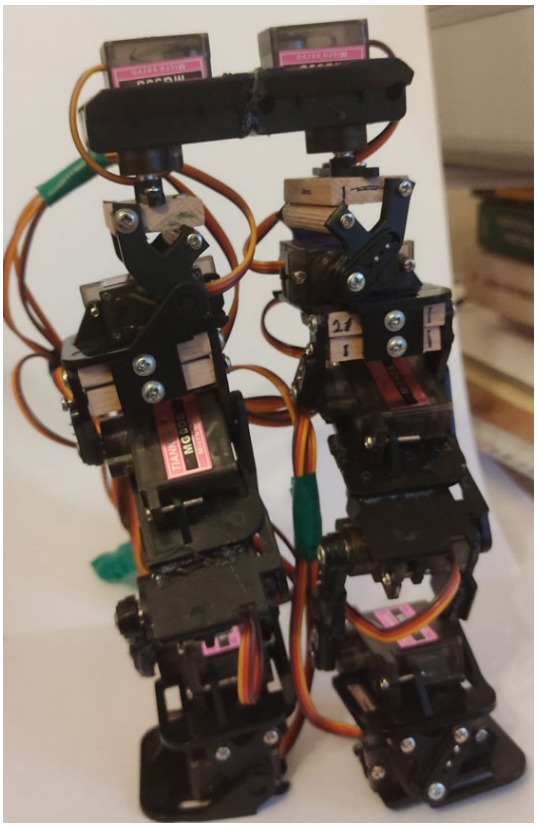
III. İNSANIMSI ROBOT KİTİNİN TASARLANMASI

A. Mekanik Tasarım

Ayak, bilek, diz de birer adet kalça ekleminde ise 3 adet motor kullanılmıştır. Motorları birbirine bağlamak üzere Mini Pan Tilt parçaları üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Öne arkaya ve sağa sola değişen eğim koşullarında dengede kalmak için bu eklemler yeterli görülmüştür. Bel kollar için ek motorlara ihtiyaç olacağı için bu tasarımda bu kısımlar kullanılmamıştır.

Şekil 6'da görüldüğü gibi Mini Pan Tiltin belirli kısımları kesilerek yapıştırılarak ve vidalanarak ana iskelet oluşturulmuştur.

Her iki ayakta kullanılan motor sağ ve sol yana eğilerek hareket kabiliyeti sağlar. Bileklerdeki motorlar yukarı aşağı yönde hareket sağlar. Diz eklemindeki motor insandakine benzer şekilde dizin bükülmesini sağlarken kalçadaki 3 adet motor bacağın bütün halde her iki yana, öne, arkaya hareket etmesini sağladığı gibi üçüncü bir motorda bacağın kendi etrafında dönmesini sağlar.



Şekil 6. Mekanik tasarım

B. Elektroik Kartların Yerleşimi

Denge ve eğim sensörleri 32F411EDISCOVERY geliştirme kartı üzerinde yer aldığı için robotun bel hizasına yere paralel şekilde konumlandırılmıştır. Robotun değişken eğimlerde dengede kalmasını bel bölgesinin yere paralel tutulmasıyla sağlanması amaçlanmıştır. Zeminin eğimi değiştiğinde sensörlerden okunan değerler değişmekte bu değerler yere paralel ki değerlere dönene kadar diz ve bilek eklemlerinde uygun açılarda bükülme yapılması amaçlanmıştır. Servo kontrol kartının yerleşimi motorların hareket etmesini engellemeyecek şekilde yapılmıştır.

Şekil 7. Mikrodenetleyici kartının yerleşimi

C. Denge Sensörünün Kullanılması ve Filtreleme

32F411EDISCOVERY geliştirme kartı üzerinden hazırda bulunan LSM303AGR ivme sensörünü okumak için ST firmasının hazır bir kütüphanesi mevcuttur. STM32CubeMX programını kurduktan sonra istenilen geliştirme kartıyla alakalı kütüphaneler bilgisayara indirilebilmektedir. "stm32f411e_discovery_accelerometer" adlı C kodu İnsansı Robot Projesi için gerekli ivme bilgilerini sensör üzerinden okumaktadır.

stm32f411e_discovery_accelerometer C kodunun içindeki BSP_GYRO_Init() fonksiyonu çağrılarak LSM303AGR ivme sensörü aktif edilir. BSP_GYRO_GetXYZ() fonksiyonuyla da anlık ivme bilgisi sensörden okunur. Bu fonksiyonun döndürdüğü değerler int formatında 16 bitlik x, y, z koordinatlarında ölçülen ivme değerleridir.

LSM303AGR ivme sensöründen okunan veriler doğrultusunda motorlar konumlandırılır. Bu aşamada ölçüm yapılıp motora hareket komutu verildiğinde ve ivme sensörü tekrar okunduğunda motor titreşimlerinden dolayı sensörden alınan değerlerin dengesizleştiği görülmüştür. Bu problemi çözmek için sensörden okunan verilerin filtre edilerek kararlı hale getirilmesi gerekmiştir.

Filtreleme için 5.dereceden alçak geçirgen Butterworth filtre tasarlanmıştır. Bir filtreyi tasarlamadan önce sensörden verilerin belirli bir periyotla okunması gerekmektedir. Örnekleme frekansı filtre tasarımında kullanılan bir katsayıdır. 100ms lik peryotlarla LSM303AGR ivme sensöründen veriler okunacak şekilde zamanlayıcı kesmesi aktifleştirilmiştir.

Filtrenin katsayılarını Jupyter Notebook yardımıyla hesaplandı ve ayrık zamanlı sistem için katsayılar belirlendi. [11]

Şekil 8 de görülen kodda "n" değeri filtrenin derecesini Şekil 9'daki "Samplingfreq" değişkeni ise örnekleme frekansı belirtir. Kendi sistemimize uygun filtre için bu değerleri girip değişkenleri hesaplatmak gerekir.

Yapılan hesaplama sonucu elde edilen kat sayılar aşağıdaki gibi koda eklenir;

```
float b[6] = {0.13948316, 0.6974158, 1.39483161, 1.39483161, 0.6974158, 0.13948316};   (1)
float a[5] = {-1.37169038, -1.29481143, -0.60742881, -0.17028772, -0.01924281};        (2)
```

LSM303AGR ivme sensöründen alınan veriyi "measurement" değişkeniyle ifade ettiğimizde okunan verinin aşağıdaki gibi ayrık zamanlı olarak filtrelenmesi mümkün olur.

LSM303AGR ivme sensöründen alınan her yeni ölçüm x[0] değişkenine atanır. Daha önce hesapladığımız ve koda ilave ettiğimiz a[] ve b[] fitre katsayılarıyla çarpılıp toplanarak filtrelenmiş değer hesaplanır. Hesaplanan değer y[0] değişkenine kaydedilir.

```
x[0] = measurement;                                                                  (3)
y[0] = a[0]*y[1] + a[1]*y[2] + a[2]*y[3] + a[3]*y[4] + a[4]*y[5] +
b[0]*x[0] + b[1]*x[1] + b[2]*x[2] + b[3]*x[3] + b[4]*x[4] + b[5]*x[5];               (4)
```

y[0] hesaplandıktan sonra motorları kontrol edecek fonksiyona gönderilir. Bu kısımda PID fonksiyonu devreye girerek ölçülen değere göre hangi motora hangi PWM değerinin yollanacağı hesaplanır.

Yeni bir ölçüme geçmeden önce x[] ve y[] dizilerinde ayrık zamanlı örnekleme için aşağıdaki gibi kaydırma işlemi yapılır.

```
for(int i = 4; i >= 0; i--){
  x[i+1] = x[i];
  y[i+1] = y[i];
```

}

```
# Butterworth filter
wc = 2*np.pi*5; # cutoff frequency (rad/s)
n = 2; # Filter order

# Compute the Butterworth filter coefficents
a = np.zeros(n+1);
gamma = np.pi/(2.0*n);
a[0] = 1; # first coef is always 1
for k in range(0,n):
    rfac = np.cos(k*gamma)/np.sin((k+1)*gamma);
    a[k+1] = rfac*a[k]; # Other coefficients by recursion

print("Butterworth polynomial coefficients a_i:                " + str(a))

# Adjust the cutoff frequency
c = np.zeros(n+1);
for k in range(0,n+1):
    c[n-k] = a[k]/pow(wc,k)

print("Butterworth coefficients with frequency adjustment c_i: " + str(c))
```

```
Butterworth polynomial coefficients a_i:                [1.         1.41421356 1.        ]
Butterworth coefficients with frequency adjustment c_i: [0.00101321 0.04501582 1.        ]
```

Şekil 8. Filtre katsayılarının hesaplanması

```
# Compute the discrete low pass with delta_t = 1/samplingFrequency
dt = 1.0/samplingFreq;
discreteLowPass = lowPass.to_discrete(dt,method='gbt',alpha=0.5)
print(discreteLowPass)
```

```
TransferFunctionDiscrete(
array([0.00024132, 0.00048264, 0.00024132]),
array([ 1.        , -1.95558189,  0.95654717]),
dt: 0.001
)
```

Şekil 9. Ayrık zamanlı transfer fonksiyonu için katsayılar

D. PID Kontrolcünün Tasarlanması

LSM303AGR ivme sensöründen okunan bilgi filtrelendikten sonra PID fonksiyonuna gönderilir ve bu fonksiyon LSM303AGR ivme sensörünün bulunduğu bölümü yere paralel tutmak için gerekli açısal değişikliği hesaplar. Bu değer motorlara uygulanacak PWM değerine çevrilerek motor sürücü karta komut verilir.

PID fonksiyonu oluşan etkiye tepki üretirken belirli katsayılar belirlenir. Bu değerler ilk başta herhangi bir hesap yapmadan verilir. Sistem üzerinde test edilerek değerlerde oynamalar yapılarak siteme daha iyi uyum sağlayan katsayılarda karar kılınır.

Bu katsayılar koda aşağıdaki gibi ilave edilir ve "&pid" işaretçisi üzerinden PID fonksiyonuna atanır;

```
/* PID Controller parameters */
#define PID_KP  0.01f
#define PID_KI  25.0f
#define PID_KD  0.001f
```

#define SAMPLE_TIME_S 0.1f (5)

LSM303AGR ivme sensöründen okunan veri filtrelendikten sonra "but_fil" değişkenine atanır. İnsansı Robot Kitinin bel kısmını yani sensörün bulunduğu kısmı yere paralel tutarak robotu dengede tutmayı hedefliyoruz. Bu yüzden x ekseninde beklediğimiz ivme ölçümünü ayarlanmış değer olarak "setpoint" değişkenine atanır. PIDController_Update(&pid, setpoint, but_fil) fonksiyonu çağrılarak ölçülen ve istenen pozisyon verileri girilir. Fonksiyon hesaplamasının sonunda "pid.out" değişkenine motorlarda yapılması gereken açısal değişikliği yükler. Mikrodenetleyici "pid.out" değişkenindeki değer güncellendiğinde motor sürücü kartına gereken komutu gönderir. [12]

E. Motorların Sürülmesi

LSM303AGR ivme sensöründen alınan verinin filtrelenmesi ve PID fonksiyonu tarafından işlenip motorlara uygulanması gereken açı hesaplandıktan sonra mikrodenetleyici bu açıyı PWM olarak motorlara iletmek için Pololu Mini Maestro 12 motor sürücü kartına komut gönderir. Mikrodenetleyici ve Pololu Mini Maestro 12 arasındaki haberleşme seri TX ve RX pinleri üzerinden TTL olarak gerçekleşir. On iki motor için ayrı ayrı PWM verisi gönderilir. Pololu Mini Maestro 12 motor sürücü kartı seri haberleşme için bir protokol belirlemiştir.

Bu protokole göre ilk komut baytı olarak 0xAA , ardından cihaz numarası veri baytı iletilir. Maestro için varsayılan cihaz numarası 0x0C'dir. Cihaz numarasının arkasından sırasıyla komut, PWM kanalı ve PWM değeri gönderilir. PWM ayarlama komutu 0x04 olarak verilmiştir.

Bu formatta hazırlanmış data seri ara yüzden Pololu Mini Maestro 12 motor sürücü kartına gönderilir. 0. PWM kanalındaki servo motora 1500us lik bir sinyal uygulanmasını istediğimizde bir dizi oluşturmak gerekir. (6)

0xAA, 0x0C, 0x04, 0x00, 0x70, 0x2E. (6)

IV. SONUÇ

Bu çalışmada senelerdir üzerinde birçok ilerleme kaydedilmiş "İnsanımsı Robotlar" üzerinde çalışmak isteyen araştırmacılar için gerçekleştirilmesi kolay ve ucuz çalışma seti tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca denge kontrollünü sağlayan örnek bir mikrodenetleyici kodu yazılmıştır. Sistem üzerinde çalıştırılmıştır.

İnsansı Robot Kitiyle yapılan çalışmada servo motorlar, ivme senörü, PID kontrolü ve servo motor sürücü gibi bileşenlerin yazılımsal ve donanımsal olarak kullanımı gösterilmiştir. Bunların C diliyle mikrodenetleyici üzerinden nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Proje içinde sensörlerle ve motor sürücü ile haberleşmek için I2C ve seri haberleşme gibi protokoller kullanılarak çok yönlü bir kit oluşturulmuştur. İnsansı Robot Kiti için yapılan yazılımda değişen eğim koşullarında robotun kendini nasıl dengede tutabileceği gösterilmiştir.

İnsansı Robot Kiti geliştirmeye açık bir düzenektir denge yazılımı geliştirilerek değişken eğim koşullarında yürüme gibi daha kapsamlı çalışmalara olanak sağlayabilir.

KAYNAKÇA

[1] Choi, S., Saeedifard, M., & Shenoy, R. (2011). A MODERN EDUCATION POWER ELECTRONICS LABORATORY TO ENHANCE HANDS-ON ACTIVE LEARNING. American Society for Engineering Education, 22.67.1 - 22.67.12.

[2] BAY, Ö. F., & GÖRGÜNOĞLU, S. (2002). 8051 AİLESİ MİKRODENETLEYİCİ EĞİTİM SETİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ. Politeknik Dergisi, 195-207.

[3] Elhasairi, A., & Pechev, A. (2015, 10 5). Humanoid robot balance control using the spherical inverted pendulum mode.

[4] Loram, I. D., & Lakie, M. (2002). Human balancing of an inverted pendulum: position control by small, ballistic-like, throw and catch movements. Journal of Physiology, 1111–1124.

[5] Stabilising an Inverted Pendulum with PID Controller. (2018). MATEC Web of Conferences, 152.

[6] JooLee, B., DukKim, Y., & HwanKim, J. (2005). BALANCE CONTROL OF HUMANOID ROBOT FOR HUROSOT. Elservier IFAC Proceedings Volumes, 215-220.

[7] Phunopas, A., & Hayashi, E. (2018). A Four-legged Robot's Soft Feet Structural Design and. Atlantis Press Journal of Robotics, Networking and Artifcial Life, 161–164.

[8] Stephens, B. (2007). Integral Control of Humanoid Balance. Pittsburgh: The Robotics Institute.

[9] Villela, L. F., & Colombini, E. L. (2017). Humanoid Robot Walking. Julho: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.

[10] ST. 32F411EDISCOVERY. www.st.com: https://www.st.com/en/evaluation-tools/32f411ediscovery.html

[11] curiores. (2021, 9 16). github.com: https://github.com/curiores/ArduinoTutorials/blob/main/ButterworthFilter/Design/ButterworthFilter.ipynb.

[12] pms67. (tarih yok). https://github.com/: https://github.com/pms67/PID.

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Fidanlarında Morfolojik Özellikler ve Fidan Kalitesi

Morphological Characteristics and Quality in Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Seedlings

Durmus Cetinkaya[*,1], Nebi Bilir[2]

[*]: dcetinkaya@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3593-6437
[1]: *Department of Forestry Aladag Vocational School, Cukurova University, Adana, Turkey*
[2]: *Forest Engineering Department, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey*

Özet: Bu çalışmada, ülkemiz ormanlarında en geniş doğal yayılış gösteren ağaç türü olan Kızılçam'ın (*Pinus brutia* Ten.) 4+0 yaşlı tüplü fidanlarında fidan morfoloji ve kalitesi incelenerek iştirtürün fidanlık tekniğine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma, Adana-Kıcak Orman Fidanlığında yetiştirilen, türün tüplü 4+0 yaşlı Karsantı orijinli fidanlarından tesadüfi olarak örneklenen 41 fidan üzerinde fidan boyu (FB) ve kök boğazı çapı (KBÇ) ölçülerek fidan morfolojisi ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) fidan kalite sınıfına göre kalitesi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama fidan boyu 70.7 cm, kök boğazı çapı 11.6 mm bulunurken; TSE kalite sınıfına göre, kök boğazı çapı bakımından fidanların tamamının 1. sınıfta yer aldığı (2mm ≤ KBÇ), boy bakımından ise 19 fidanın I. sınıfta (%46.34) (70 ≤ FB), bir fidanın (%2.44) ise dikime elverişsiz (50 cm> FB) olduğu ortaya çıkmıştır. Uygulanan korelasyon analizi sonucunda boy ve çap arasında anlamlı pozitif ilişki olduğu ($p<0.05$, $r=0.336$) belirlenmiştir.

Keywords: *Boy, Çap, Morfoloji, TSE*

Abstract: In this study, it was aimed to contribute to the nursery technique of the species by examining the morphology and quality of the 4+0 year contanizered seedlings of Turkish Red Pine (Pinus brutia Ten.), which is the most widely distributed tree species in the forests of our country. The study was carried out by measuring the seedling height (SH) and root collar diameter (RCD) on 41 seedlings randomly sampled from 4+0 year Karsanti seedlings grown in Adana-Kicak Forest Nursery, and according to the seedling morphology and Turkish Standards Institute (TSI) sapling quality class. quality has been investigated. As a result of the study, while the average seedling height was 70.7 cm and the root collar diameter was 11.6 mm; According to TSE quality class, all of the seedlings are in the 1st class in terms of root collar diameter (2mm ≤ RCD), in terms of height, 19 seedlings are in the 1st class (46.34%) (70 cm ≤ SH), and one sapling (2.44%) is unsuitable for planting (50 cm > SH). As a result of the applied correlation analysis, it was determined that there was a significant positive relationship between height and diameter ($p<0.05$, $r=0.336$).

Keywords: *Height, Diameter, Morphology, TSI,*

Giriş

Ülkemizin orman varlığı 2021 yılı verilerine göre ülke genelinin %29,6'ünü oluşturmaktadır. Orman varlığımız koru ve baltalık işletmesi olarak 23,11 milyon hektardır. Tür bazında ise % 22,71'lik dağılımı ile Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ibreli türler arasında en

geniş alana sahip tür konumundadır[1]. Bu nedenle türe ait yapılacak araştırmaların önemi giderek artmaktadır. Ormancılık uygulamalarında Kızılçam'ın (*Pinus brutia* Ten.) genelde bir veya iki yaşlı fidanları tercih edilirken, kamu veya özel kuruluşların boylu fidan taleplerine yönelik olarak türün 4 veya daha yaşlı fidanları da yetiştirilmektedir. Fidan kalitesi ve morfolojik özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda kullanılan fidan özelliklerinin başında fidan boyu ve kök boğazı çapı gelmektedir[2,5]. Bu çalışmayla fidan boyu ve kök boğazı çapı yardımıyla fidan gelişimi incelenerek fidan kalitesi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma 2022 yılı büyüme dönemi başında Adana Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Kıcak Orman Fidanlığında 37°32'55" Kuzey enlemi 35°23'15" Doğu boylamı ve 816 metre yükseltili Adana-Karsantı orijinli tohumlardan yetiştirilen ve tesadüfi olarak örneklenen 41 adet 4+0 yaşlı tüplü Kızılçam fidanlarının fidan boyu ve kök boğazı çapı üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Çalışmada örneklenen fidanlardan bir görünüm

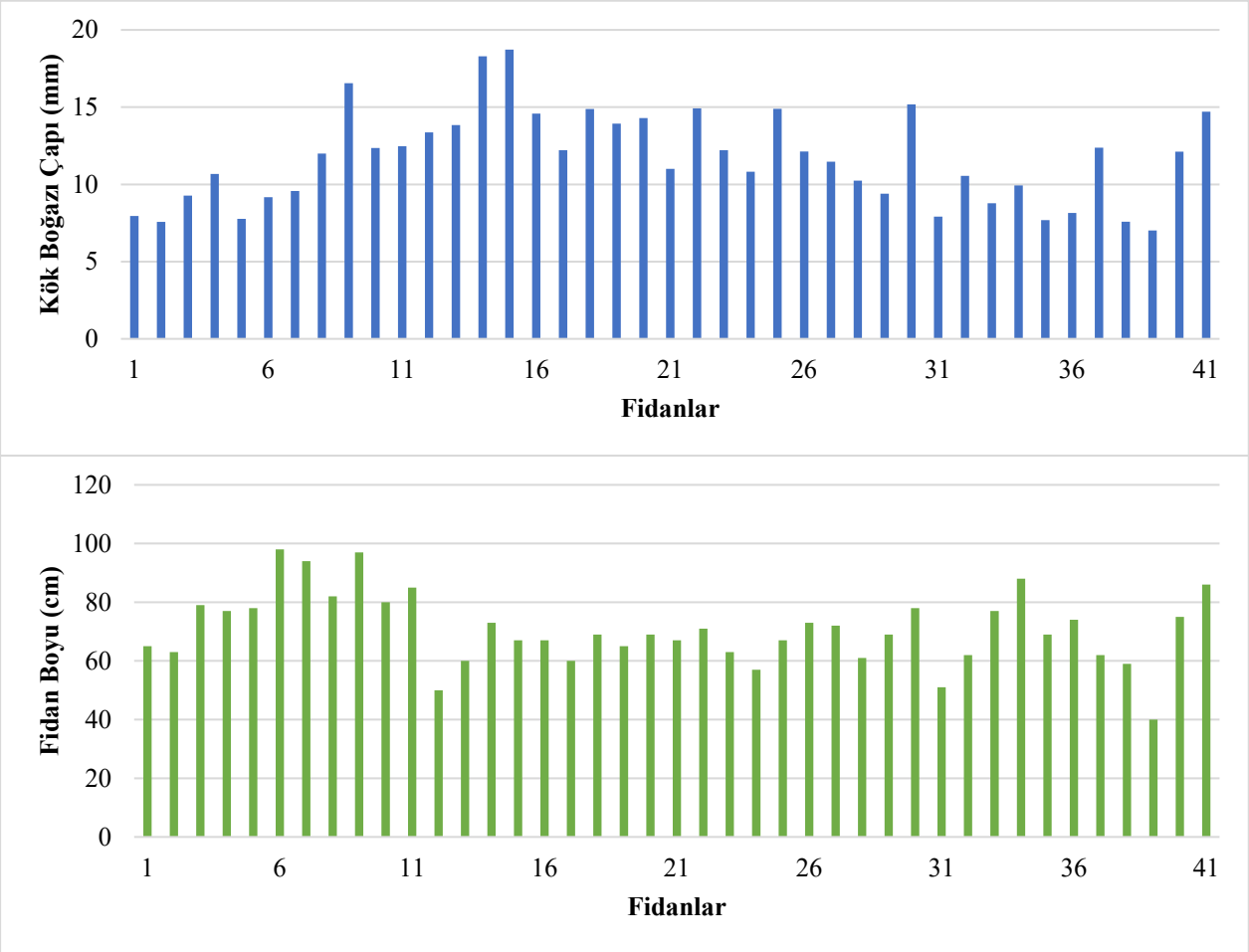
Ölçümler sonrasında fidanların Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) kalite sınıflarına [6] dağılımı incelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. TSE'ye göre fidan boyu ve kök boğazı çapı için Kızılçam fidan kalite sınıfları

Kalite sınıfı	Fidan boyu (FB, cm)	Kök boğazı çapı (KBÇ, mm)
	4+0 yaşlı	
I. sınıf	70 ≤	2 ≤
II. sınıf	70> FB ≥60	2 ≤
III. sınıf	60> FB ≥50	2 ≤
Elverişsiz	50>	2>

Bulgular ve Tartışma

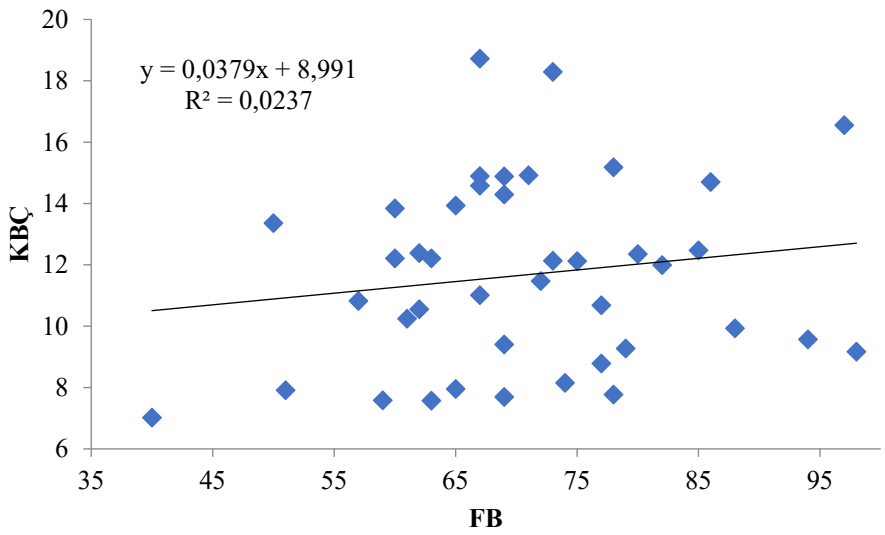
Gerçekleştirilen ölçümlerde ortalama fidan boyu ve kök boğazı çapı 70.7 cm ve 11.6 mm olarak tespit edilmiştir. Fidan boyu 40 cm ile 98 cm arasında kök boğazı çapı ise 7.02 mm ile 18.72 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Fidanların bireysel kök boğazı çapı ve fidan boyu değerleri özellikleri

TSE kalite sınıflarına göre (Tablo 1) kök boğazı çapı bakımından fidanların tamamı 1. sınıfta yer alırken, fidan boyu bakımından; 19 fidan I. sınıfta (%46.34), 17 fidan II. sınıfta (% 41.46), 4 fidan III. sınıfta (%9.76) ve 1 fidan ise dikime elverişsiz (%2.44) fidan sınıfında yer almıştır.

Uygulanan korelasyon analizi sonucunda fidan boyu ve kök boğaz çapı arasında istatistiksel bakımdan anlamlı ($p<0.05$) pozitif ilişki (r=0.336) belirlenmiştir (Şekil 3). TSE standartlarına göre kalite belirlemede kök boğazı çapı kriterinin farklı yaşlar için değişmiyor oluşu ve sabit bir biçimde 2 mm olarak kullanılması uygulamasının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Fidanlarda fidan boyu ile kök boğazı çapı ilişkisi

Kaynaklar

[1] Anonim, "Ormancılık Resmi İstatistikleri," TC. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2021

[2] N. Bilir, "Seedling quality classes in forest tree species: A case study of Brutian pine," Theoretical and Applied Forestry, 1(2), 61–65. 2021

[3] N. Bilir, "Kızılçam'da (Pinus brutia Ten.) fidan kalitesi," Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 95-101. 2019

[4] D. Çetinkaya, M. Çerçioğlu, "Kızılçam (Pinus brutia Ten.) gençliklerinin morfoloji ve kalite bakımından incelenmesi," Theoretical and Applied Forestry, 1(2), 40-43. 2021

[5] H. B. Özel, , C. Yücedağ, N. Bilir, Z. Ölmez, and V. Aydınhan, "Kızılçamda (Pinus Brutia Ten.) Fidan Tiplerinin Morfolojik Karakterlere Etkisi," Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 1(1), 43-47. 2018

[6] Anonim, "İğne Yapraklı Ağaç Fidanları, TS 2265/Şubat-1988," TSE yayınları, Ankara,1988

Reliability Assessment of Panel Beams for Shear with Tension Filed Action According to Turkish Standard of Design and Construction Principles of Steel Structures

Tuna ÜLGER

tunaulger@beun.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1758-8299
Civil Engineering Department, Zonguldak Bulent Ecevit University, *Zonguldak, Turkey*

Abstract: Most of the structural designs have been conceptualized between functionality, cost, and safety triangle. Engineers can perform successful optimization for the functionality and cost of the design of the structures using advanced computational methods. However, the safety of the structures has been relied on the past failure experiences whether the safety factor for that type of structure was sufficient or not. The importance of the safety factor arises from the uncertainties of the design components such as human errors, material imperfections, and environmental hazards. Therefore, structural designers need to consider minimum safety factor, and these factors have been learned and improved aftermath of the catastrophic structural failures. The Allowable Stress Design method (ASD) is generally considered to be an obsolete method; however, the use of ASD method can be still used along with the Load And Resistance Factor Design (LRFD) in Turkish Standard of Design and Construction Principles of Steel Structures. In this regard, the probability of failure and related reliability index of the transversely stiffened panel beams were investigated using Monte Carlo Simulation method, and their results were presented and compared with the corresponding reliability indexes of the ASD and LRFD design methods. Four different panel length to panel height ratios $(1/2, 1/1, 1.5/1$ and $2/1)$ were considered in this study. This study showed that the minimum reliability index of 3.41 was obtained for the ASD method. The panel aspect ratio of 3 and panel slenderness ratio of 120 are the critical measures for the shear capacity design of the panel beams using both LRFD and ASD method.

Keywords: *Reliability index, probability of failure, LRFD, ASD, shear capacity, Monte Carlo Simulation*

I. INTRODUCTION

THE safety factor for the structures have raised from the uncertainties of the loads, material properties, design assumptions, and quality of labor. The advances in numerical analysis help engineers to quantify these uncertainties and integrate them with a probabilistic manner in their designs. The probabilistic design method, Load and Resistance Factor Design (LRFD) have been covered in most of the major design specifications. Reference [1] and [2] are already calibrated with this probabilistic design approach for instance, and researchers have been investigating this approach for designing a new or renovating an old structure [3-5]. In literature, Reference [6] studied raw dimensional measurements of the welded wide flange, rolled wide flange, and hallow sections cooperating with the large steel producers. The fundamental parameters, bias and coefficient of variation, of these sections and their professional factors for the laterally supported and unsupported columns were reported in their work. The further update has been made to the above-mentioned work by the Reference [7].

Similarly, the data from the steel section producers have included in their statistical data [7]. In another study, the calibration of the reliability indices for the axial tension – compression, eccentric compression, flexure, and shear resistance models was studied and illustrated in Chinese Bridge design codes [8]. The reliability investigation of AASHTO LRFD bridge design specification showed the minimum reliability index was calculated about 3 for wide-flange I-sections and hallow square sections [9]. Axially loaded steel-concrete columns have been studied for the error in their resistance model using the literature and experimental results, and different code-based comparisons were made in term of load combinations and resistance model [10]. In this regard, reliability index of these panel beams was investigated by coding the Monte Carlo Simulation method for the design procedure of Turkish Standard of Design and Construction Principles of Steel Structures (ÇYYTK) [11]. Steel girders support the bridge decks, and typically they have designed with thin web thickness and deep web heights. Shear capacity of these girders is allowed to be increased with welded transverse steel stiffeners, which divide the web into the different number of panels as sketched in Fig. 1. Shear capacity of the panel beams including tension field action including different panel aspect ratios and panel slenderness ratios were considered in the assessment of the current reliability indices. The comparison between the ASD and LRFD methods were drawn from the results.

II. MODELS AND METHODS

A. Load Model

The basic design loads and load factors are given in Table I. for the considered design load combinations and load multipliers. The dead load, G, and live load, Q, were considered as random variables due to the nature of uncertainties. The statistical parameters of these given loads are given in Table 2. Typical vertical load represented with case I and case II load combinations, and these two combinations covers most of the girder structures [9]. The uncertainty load distribution between the load types can be represented with a ratio, r, which can be seen in (1) as the ratio of dead load divided by the live load. The different r values from 0.01 to 0.99 were investigated for the case I load combination. The smaller and larger r values represent the live and dead load dominant design, respectively. Reference [9] states that when the r value is less than 0.875 case II governs the design; on the other hand, case I governs the design when the r value is larger than 0.875. Therefore, the calculated reliability indices for the LRFD method are presented separately using the load combinations.

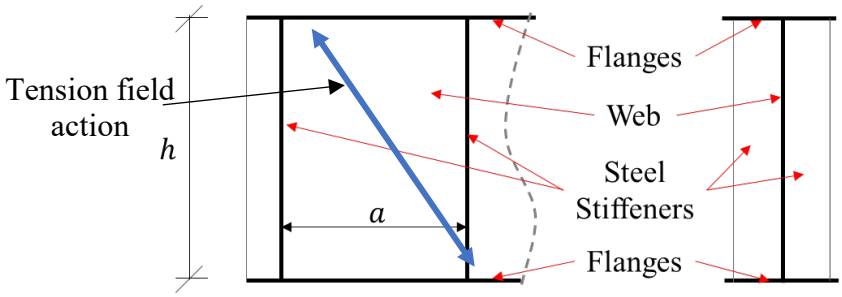


Fig. 1. Sketch of panel beams h: panel height, a: panel width

$$r = \frac{G}{Q} \tag{1}$$

TABLE I
DESIGN LOAD COMBINATIONS AND MULTIPLIERS

Limit State	LRFD		ASD	
	G	Q	G	Q
Case I	1.2	1.6	1.0	1.0
Case II	1.4	0.0	1.0	0.0

TABLE II
STATISTICAL PARAMETERS FOR THE LOADS

Loads	G	Q
Distribution	Normal	Lognormal
Bias Factor (δ)	1.04	1.30
COV (V_r)	0.090	0.120

B. Resistance Model

The uncertainty in the resistance model is defined with four different factors; geometric uncertainty, g, material uncertainty, m, model error, p, and discretization factor, d. The mathematical expression of the resistance model is given in (2) as the nominal resistance multiplied by the above listed factors. In the resistance model, it was assumed that correlation between these factors is not exist, and lognormal distribution represents the resistance model with bias, δ_R, and coefficient of variation, V_R, equations given in (3) and (4).

$$R = R_n gmpd \tag{2}$$

$$\delta_R = \delta_g \delta_m \delta_p \delta_d \tag{3}$$

$$V_R = \sqrt{(V_g^2 + V_m^2 + V_p^2 + V_d^2)} \tag{4}$$

The resistance models were defined for shear capacity of the panel beams with tension field actions in this study. The bias and coefficient of correlation factors for the cross sections were adopted from the work of Reference [7] where the quality control records from the steel producers from the US and Canada were utilized. There were not significant statistical parameter differences between geometric properties of listed sections [7].

C. Design Model of Panel Beams

Nominal shear capacity of the panel beams is calculated using ÇYYTK specification [11]. The design resistance, V_n, of the panel beams is dependent on the geometric and material properties section given in (5) to (11). If panel height, h, to panel thickness, t_w, ratio satisfies (5), the governing design resistance will be (6) in where E, F_{yw} and A_w stands for elastic modulus of steel, yield strength and area of web, respectively. The width of the panel is given by a in equations. The term $\emptyset$ equals to 0.9 for the shear strength coefficient. The web plate shear buckling coefficient, k_v, is conservatively assumed to be 5.34 in all calculations according to the code provision.

If (5) does not satisfy but (7) holds, the design resistance is then calculated by (8). If both (5)

and (7) do not satisfy, the design resistance is calculated by (9). The terms in (7), A_{fc}, A_{ft}, b_{fc}, and b_{ft} stand for the area and width of the compression and tension flanges, respectively. In calculation of (8) and (9) the shear strength coefficient, C_{vB}, is selected from one of two conditions given in (10) and (11).

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v E/F_{yw}} \tag{5}$$

$$V_n = 0.6F_{yw}A_w \tag{6}$$

$$\frac{h}{t_w} > 1.10\sqrt{k_v E/F_{yw}}, and\ \frac{2A_w}{(A_{fc}+A_{ft})} \leq 2.5\ \ and\ \frac{h}{b_{fc}} = \frac{h}{b_{ft}} \leq 6 \tag{7}$$

$$V_n = 0.6F_{yw}A_w\left[C_{vB} + \frac{1 - C_{vB}}{1.15\sqrt{1 + (a/h)^2}}\right] \tag{8}$$

$$V_n = 0.6F_{yw}A_w\left[C_{vB} + \frac{1 - C_{vB}}{1.15(\frac{a}{h} + \sqrt{1 + (a/h)^2}}\right] \tag{9}$$

$$1.10\sqrt{k_v E/F_{yw}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_{yw}} \ \rightarrow\ C_{vB} = \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_{yw}}}{h/t_w} \tag{10}$$

$$\frac{h}{t_w} > 1.37\sqrt{k_v E/F_{yw}} \ \rightarrow\ C_{vB} = \frac{1.51k_v E}{F_{yw}(h/t_w)^2} \tag{11}$$

The statistical parameters for the resistance and load models were adopted from Reference [7] considering the welded wide flange sections which constitutes the panel beams in design, and these parameters are given in Table 3. The nominal yielding of steel is assumed to be equal to 345 MPa and the shear yield strength was calculated by dividing the yield strength to $\sqrt{3}$, $(F_{yw}/\sqrt{3})$ as suggested by the Reference [12].

D. Limit State Function and Analysis Method

The nature of LRFD design method includes uncertainties for the load and resistance model with multiplication factors; however, load multiplication factors are not introduced in the ASD method but capacity reduction factors. The capacity of the section is multiplied by a factor $\phi = 0.90$ and divided by $\Omega = 1.67$ for LRFD and ASD methods, respectively. The limit state function, L, was defined in the code by the difference between the total shear resistance, V_n, and applied load, G and Q given in (12). The variables are randomly generated in the limit state function by their assumed distribution functions. Monte Carlo simulation method was utilized in this study. The number of simulations, N, was set to 10×10^6 and the number failures, N_f, is determined by using (12) and counting the negative values of the limit state function ($L < 0$). The probability of failure was calculated by the ratio of number of failures to the total simulation. Standard normal inverse, φ^{-1}, of probability of failure was then calculated to obtain

the reliability index, β, by using (13) where high probability of failure means low reliability index, β, or vice versa.

TABLE III
STATISTICAL PARAMETERS FOR THE RESISTANCE MODEL

Parameters	F_{yw}	A_w	h	E
Distribution	Normal	Normal	Normal	Normal
Bias Factor (δ)	1.18	1.02	1.03	1.038
COV (V_r)	0.070	0.012	0.023	0.026

$$L \geq V_n - G - Q \tag{12}$$

$$\beta = \varphi^{-1}(-\frac{N_f}{N}) \tag{13}$$

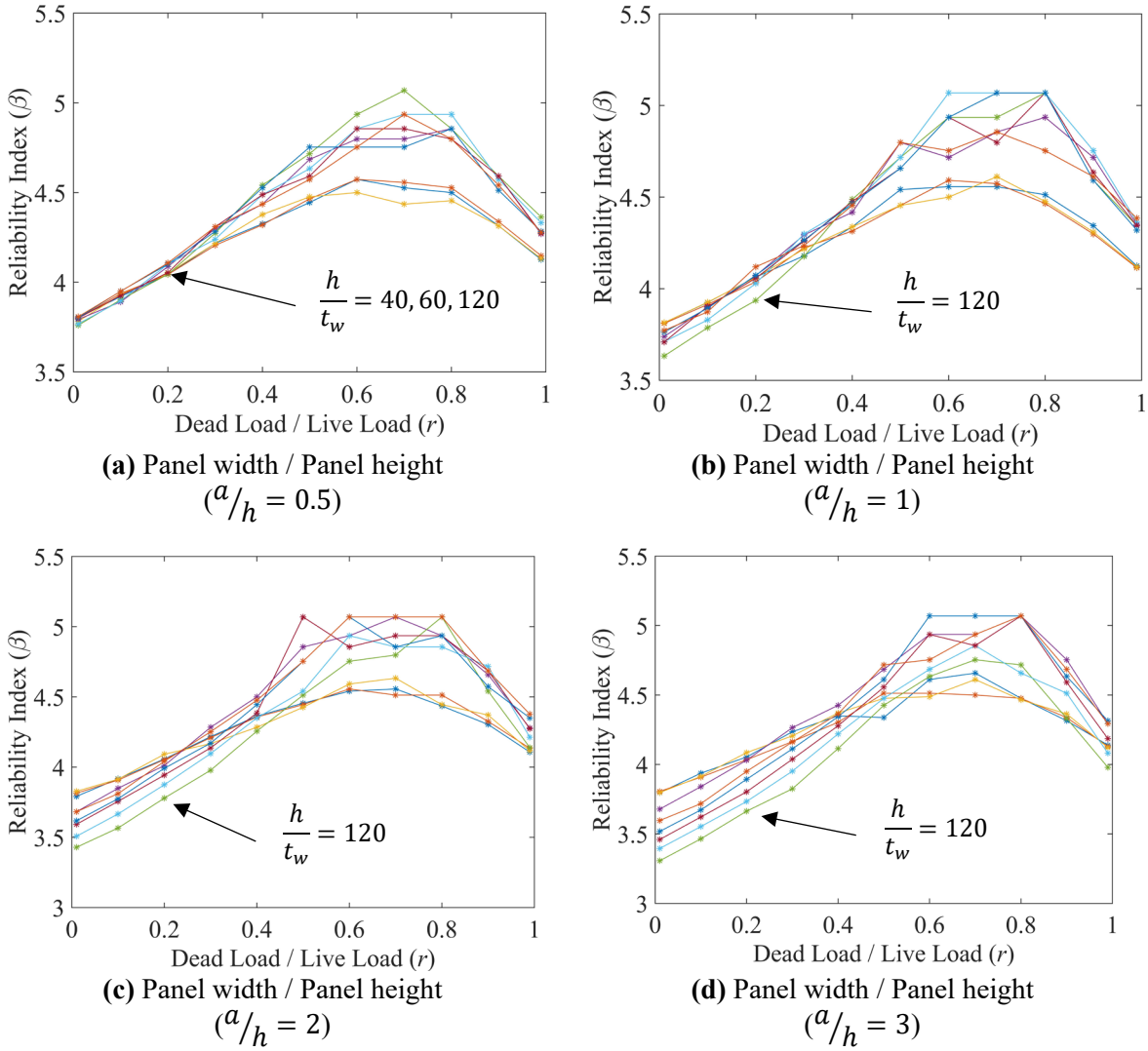
III. RESULTS

The reliability index curves for the shear capacity of panel beams were rated for the two load combinations of the two design methodologies. The lowest β values were presented in the results section for the case I and II load combinations. The practical range for the ratio of dead to live load, r, is between 0.2 and 0.8 for the real bridge structures [9]; therefore, the minimum β value is referring within this range for the presented results; however, for the completeness of the study all the r values are presented in the graphical representation. The results include the effect of the different panel slenderness, panel height to panel thickness ratio, from 40 to 200 with incremental ratio of 20 at each interval. Two design methods, LRFD and ASD are presented separately and discussed at the end of this section.

A. Reliability Assessment of LRFD Method

The minimum reliability index of the panel beams was found at about the dead to live load ratio of 0.2, which refers the total load consist of 17% dead and 83% live loads. This load ratio has similar effect to produce the minimum reliability index of four different panel aspect ratios, which can be equal to panel width divided by panel height, 0.5, 1.0, 2.0, and 3.0. When the ratio of r increases, the reliability index gets larger value, which means failure is less likely. The increased panel aspect ratio is also reduced the reliability index of the panel beams` shear capacity. When the panel aspect ratio is at 0.5, the minimum β value is 4.04 at the panel slenderness ratio of 60, and when the panel aspect ratio is increased to 3.0, the minimum β value, 3.66, were obtained at panel slenderness ratio of 120. The graphical representations of these reliability indices are presented in Fig. 2(a) to (d) for LRFD design method. It can be concluded that the reliability index, β, gets smaller value when the percentage of live load increases in design load. The ratio of live load is almost not affecting the β when the dead to live load ratio stays between 0.6 and 0.8, where the reliability index, β, is approximately above the value of 4.5.

On the other hand, case II load combination produced larger β values in the analysis, these β values are presented in Table IV for different panel aspect ratio and panel slenderness. This concluded that the probability of failure due to dead load only is less likely for shear capacity design of panel beams with tension field action.



(a) Panel width / Panel height ($^a/_h = 0.5$)

(b) Panel width / Panel height ($^a/_h = 1$)

(c) Panel width / Panel height ($^a/_h = 2$)

(d) Panel width / Panel height ($^a/_h = 3$)

Fig. 2. Reliability index of panel beams` shear capacity with LRFD design method

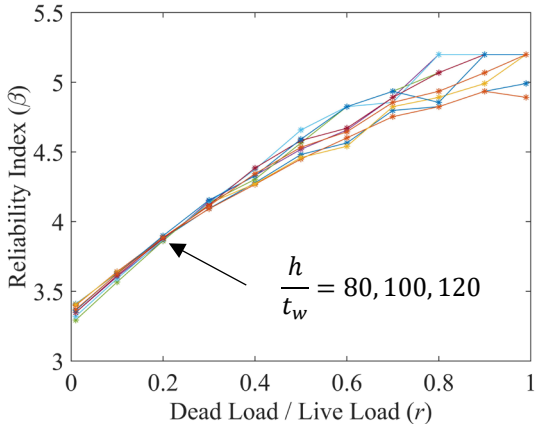
B. Reliability Assessment of ASD Method

The design methodology of ASD method is different than LRDF method; however, these two methods are available in design code of the panel beams. The reliability assessment of the ASD method for shear design capacity of the panel beams showed that the minimum β value, 3.41, is obtained for the panel aspect ratio of 3 at panel slenderness ratio of 120. Similar to the LRFD method, ratio of r, 0.2, produced the minimum values for all the panel aspect ratios. The increasing trend of β is observed once the contribution of the dead load in total design load is increased. In other terms the probability of failure is reduced. Similarly, to the LRFD method, the reliability index for case II load combinations in ASD method was obtained above 5. The change of β values in ASD method is shown in Fig. 3.

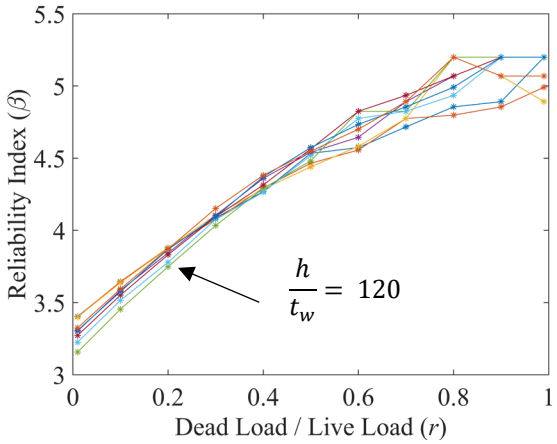
TABLE IV
RELIABILITY INDEX OF CASE II LOAD COMBINATIONS, LRFD

Panel aspect ratio (a/h)	Panel slenderness (h/t_w)								
	40	60	80	100	120	140	160	180	200
0.5	4.48	4.53	4.56	4.80	4.83	4.72	4.73	4.75	4.70

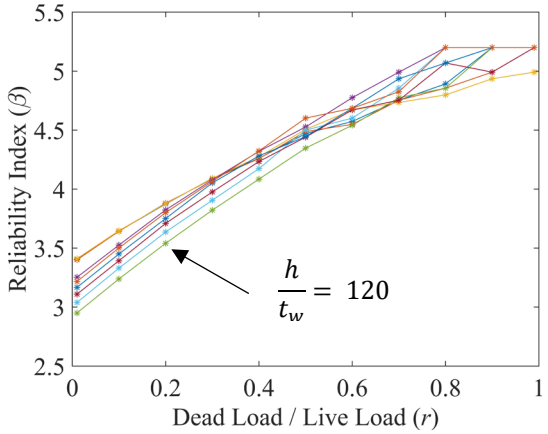
1.0	4.53	4.53	4.53	4.72	4.75	4.86	4.80	4.94	4.75
2.0	4.53	4.51	4.49	4.94	4.77	4.99	4.83	4.83	4.83
3.0	4.57	4.51	4.51	4.80	4.54	4.65	4.75	4.99	4.94



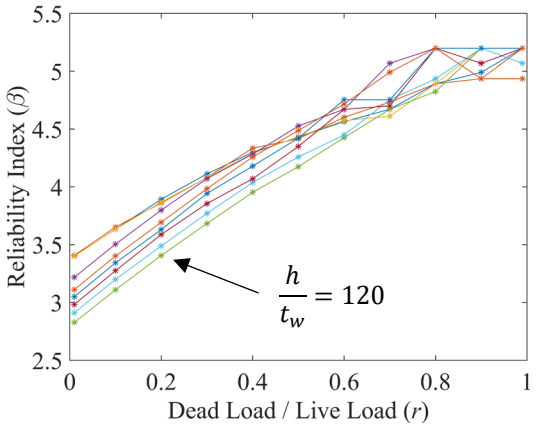
(a) Panel width / Panel height ($^a/_h = 0.5$)



(b) Panel width / Panel height ($^a/_h = 1$)



(c) Panel width / Panel height ($^a/_h = 2$)



(d) Panel width / Panel height ($^a/_h = 3$)

Fig. 3. Reliability index of panel beams` shear capacity with ASD design method

C. Minimum Reliability of LRDF and ASD Methods

The minimum reliability index of the common practical dead to live load ratios, from 0.2 to 0.8, were selected from the analysis result, and plotted in Fig. 4 and 5 for the LRFD and ASD methods, respectively. Both methods showed that the critical panel aspect ratio is 3 and the critical panel slenderness is 120 in shear design of panel beams. The minimum reliability index, β, value of 3.41 is obtained with the ASD method, however, the LRFD method produces the minimum reliability index, β, value of 3.66, which is about 7% difference and can be negligible considering the design uncertainties.

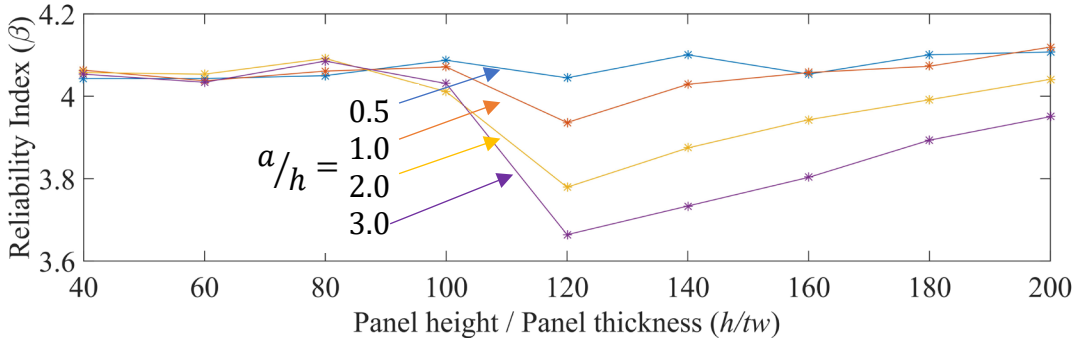


Fig. 4. The minimum reliability index of panel beams between the ratio dead to live load of 0.2 and 0.8 for the LRFD method

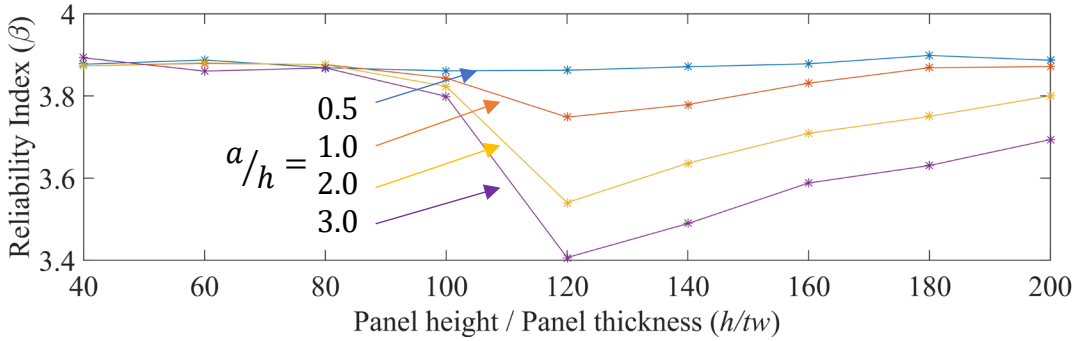


Fig. 5. The minimum reliability index of panel beams between the ratio dead to live load of 0.2 and 0.8 for the ASD method

IV. CONCLUSIONS

The design of shear capacity of the transversely stiffened beams by welded steel stiffeners was investigated in this study. Tension field action of the panel beams were also considered using the design methodology of the current design guide for steel structures in Turkey. Two different design methods, ASD and LRFD exist in that design guide, and their reliability differences were investigated with different dead to live load participations. Additionally, different panel slenderness and panel aspect ratios were considered during the reliability assessment of these girders. The minimum reliability index 3.41 was calculated using the ASD method, and this is slightly less than AASHTO`s target reliability of 3.50. However, LRFD method provides 3.66 reliability for the shear capacity of the panel beams. Both ASD and LRFD showed that the critical slenderness ratio at 120 for the least reliability index. When the relative percentage of live load is increased in total design load, the expected reliability of the shear design will be reduced. The design code allows to consider tension field action for the panel beams when the panel aspect ratio equals or less than 3. This study showed that the increase in the panel aspect ratio caused larger probability of failure, and beyond the ratio of 3 will yield lower reliability index values which will be below the target reliability value of 3.50 given in AASHTO LRFD bridge design specification. As result, the limiting panel aspect ratio of 3 for the allowance of the tension field action is in good agreement with the AASHTO`s suggested minimum target reliability index, and the ASD and LRFD design methods do not show significant difference in reliability index assessment of the panel beam design including tension field action.

ACKNOWLEDGMENT

The author states that there is no conflict of interest for this study. No financial support

received from other parties.

REFERENCES

[1] ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete," Farmington Hills, MI, 2019.
[2] AISC 360, "Specification for Structural Steel Buildings," American Institute of Steel Construction, 2016.
[3] A.M. Okeil, S. El-Tawil, and M. Shahawy, "Flexural reliability of reinforced concrete bridge girders strengthened with carbon fiber-reinforced polymer laminates," vol. 7, no. 5, pp. 290-299, September 2002.
[4] F.K. Fırat and M.S. Yücemen, "Betonarme Yapı Elemanları için Güvenilirliğe Dayalı Yeni Yük ve Dayanım Katsayılarının Belirlenmesi", Teknik Dergi, vol. 25, no. 123, April 2014.
[5] A.M. Okeil, A. Belarbi, and .A.D. Kuchma, "Reliability Assessment of FRP-Strengthened Concrete Bridge Girders in Shear," J. Compos. Constr., vol. 17, no. 1, pp. 91–100, Feb. 2013.
[6] D.J.L. Kennedy and M.G. Aly, "Limit states design of steel structures—performance factors," Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 7, no. 1, pp. 45-77, 1980.
[7] B.J. Schmidt and F.M. Bartlett, "Review of resistance factor for steel: data collection," Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 29, no 1, pp. 98-108, 2002.
[8] L. Kun, and Z. Qilin, "Research for Calibration and Resistant Factors of LRFD Design of Steel Bridge in China," Journal of Performance of Constructed Facilities, vol. 26, no. 2, pp. 212-219, 2012.
[9] T.R. Norton, M. Mohseni, and M. Lashgari, "Reliability evaluation of axially loaded steel members design criteria in AASHTO LRFD bridge design code," Reliability Engineering & System Safety, vol. 116 no. 0, pp. 1-7, 2013.
[10] A.T. Beck, W.L.A.d. Oliveira, S.D. Nardim, and A.L. ElDebs, "Reliability-based evaluation of design code provisions for circular concrete-filled steel columns," Engineering Structures, vol. 31, no. 10, pp. 2299-2308, 2009.
[11] ÇYYTK 2018, "Çelik yapıların yapım ve tasarım kuralları," Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2018.
[12] AASHTO 2017, "AASHTO LRFD bridge design specifications," American Association of State Highway and Transportation Officials, 8th ed., September 2017.

Sürücüsüz Metrolarda Dijital Dönüşüme İlişkin Yolcuların Beklentilerinin Analizi

Analysis of Passengers' Expectations for Digital Transformation in DriverlessMetros

Meryem Şehitoğlu[1], Meryem Koçer[2], Hasan Şahin[3*], Ömer Faruk Efe[4]

[*] 0000-0002-8915-000X, h.sahin@btu.edu.tr
[1]*Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislikve Doğa BilimleriFakültesi, Bursa, Türkiye*
[2]*Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislikve Doğa BilimleriFakültesi, Bursa, Türkiye*
[3]*Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislikve Doğa BilimleriFakültesi, Bursa, Türkiye*
[4]*Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislikve Doğa BilimleriFakültesi, Bursa, Türkiye*

Özet: Günümüzde ulaşım, ekonomik ve sosyal açıdan insanlar ve toplum için önemli bir rol oynamaktadır. Dijital sistemlerin adaptasyonu ile ulaşımın verimli kullanılması mümkündür. Diğer ulaşım sektörlerinde olduğu gibi raylı sistemde de dijital sistemler kullanılmayave hızla büyümeye devam etmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte iletişim, ulaşım, kontrol ve güvenlik sistemlerinin dijitalleşmesi kayda değer şekilde artmıştır. Dijital teknolojinin gelişmesi ve ulaşım sektörünü etkileyecek akıllı demiryolu ve ulaşım sistemlerinin gelişmesi, her türlü kontrol edilebilir araç sistemlerinin ve istasyonun fiziksel ve sanal bağlantılarla kontrol edilmesini mümkün kılmıştır. Bu sistemlerin belli merkezden kontrol edilmesi olası kazalara, arızalara, veri kayıplarına, zaman ve gelir kaybına karşı korunmaya yardımcı olur ve kazanılan deneyim ile tasarım ve yapıları daha tutarlı ve etkin hale getirir. Bu teknolojik gelişmeler dünyada sürücüsüz metrolara geçişi başlatmıştır. Bu çalışmada raylı sistem sektöründe geliştirilen dijital uygulamalar araştırılmış ve bir anket çalışması ile dijitalleşmenin güzel bir örneği olan sürücüsüz demiryollarına karşı kamuoyunun ülkemizdeki hali hazırda kullanılan raylı sistemdeki tutumuincelenmiştir. Yapılan çalışma ilgili sektörlere bilgi sağlaması ve daha fazla araştırma yapılması için katkı sağlamaktadır. Ayrıcaotomatik ve sürücüsüz trenler otuz yılı aşkın bir süredir faaliyette olmasına rağmen, halkın sürücüsüz metro (UTO) 'ya yönelik tutumları ve algıları üzerine yapılan bilimsel çalışma oldukça sınırlı kalmıştır. İnsanların sürücüsüz tren algısının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamak için çalışmada 304 kişiye UTO hakkındaki görüşlerine başvurulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre sürücüsüz metrolar hakkında ne kadar az farkındalığın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada sürücüsüz metrolar sürdürülebilirliğin artmasına yardımcı olması için farkındalığın artırılmasının önemi vurgulanmıştır. Çalışmanın son kısmında sürücüsüz metrolar hakkında genel bir değerlendirme yapılarak öneriler verilmiştir.

AnahtarKelimeler: *Sürücüsüz Metro, Otomatik Tren İşletme (ATO), Raylı Sistem, Sürücüsüz Tren İşletme, Ulaşım*

Abstract: Today transportation plays an important role for people and society from an economic and social point of view. With the adaptation of digital systems, it is possible to use transportation efficiently. As in other transportation sectors, digital systems continue to be used and grow rapidly in the rail system. With the development of technology, the digitization of communication, transportation, control and security systems has increased significantly. The development of digital technology and the development of smart railway and transportation systems that will affect the transportation sector have made it possible to control all kinds of

controllable vehicle systems and stations with physical and virtual connections. Controlling these systems from a certain center helps to protect against possible accidents, malfunctions, data loss, loss of time and income, and makes the design and structures more consistent and effective with the experience gained. These technological developments have started the transition to driverless subways in the world.In this study, the digital applications developed in the rail system sector were investigated and evaluated with a survey study and the attitude of the public towards driverless railways, which is a good example of digitalization, was evaluated in the already used rail system in our country. The study provides information to the relevant sectors and contributes to further research. In the study conducted; although automated and driverless trains have been in operation for more than three decades, there are not many published scientific research studies on public attitudes and perceptions towards the driverless metro (UTO). In order to contribute to a better understanding of people's perception of driverless trains, the results of a survey in which 304 people were asked their views on UTO were provided in this statement. According to the results obtained, it has been determined how little awareness there is about driverless subways. In addition, the importance of raising awareness has been emphasized if driverless subways will help increase sustainability. In the last part of the study, a general assessment of driverless subways was made and recommendations were given.

Keywords: *Driverless Metro, Automatic Train Operation (ATO), Rail System, Driverless Train Operation, Transport*

1. GİRİŞ

20. yüzyılın sonlarına doğru başlayan ve 2000'li senelerde hız kazanan, dijitalleşme sürecinin çoğu alanında kurumsal yapı ve iş gerçekleştirme biçimlerinde köklü değişikliklere uğradığı gözlemlenmiştir.Dijital teknoloji ürünleri; akıllı sistemler, elektronik ticaret, sosyal medya, e-devlet, robotik, mobil iletişim benzeri uygulamalarla; imalat, medya ve bankacılığın yanı sıra, sağlık tesisleri ve ulaşım gibi hizmet sektörünün çeşitli alanlarında da büyük değişiklikler oldu**.**Teknolojinin kazandırdığı işleri daha pratik, verimli ve daha az maliyetle yapabilmeye ilave olarak, verinin anlık kayıt altına alınabilmesi, çok çabuk kaydedilmesi ve aktarılması ve karar proseslerinde yararlanılması söz konusu değişim ve dönüşümün temelini oluşturmaktadır. Bu noktaya gelmek için dijitalleşme süreci çok önemlidir. Dijitalleşmenin gelişimi tek faktörlü olmayıp, kuruluşlar otomasyonlarını her zaman yeni teknolojilerle daha verimli hale getirebilir ve kuruluşlarında dijital teknolojilerin deneyimini iyileştirebilir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte iletişim, ulaşım, kontrol ve güvenlik sistemlerinin dijitalleşmesi kayda değer şekilde artmıştır. Dijital teknolojinin gelişmesi ve ulaşım sektörünü etkileyecek akıllı demiryolu ve ulaşım sistemlerinin gelişmesi, her türlü kontrol edilebilir araç sistemlerinin ve istasyonun fiziksel ve sanal bağlantılarla kontrol edilmesini mümkün kılmıştır. Bu sistemlerin belli merkezden kontrol edilmesi olası kazalara, arızalara, veri kayıplarına, zaman ve gelir kaybına karşı korunmaya yardımcı olur ve kazanılan deneyim ile tasarım ve yapıları daha tutarlı ve etkin hale getirir. Bu teknolojik gelişmeler dünyada sürücüsüz metrolara geçişi başlatmıştır.

Sürücüsüz metro, trenlerin sürücüsüz çalıştığı bir ulaşım sistemidir. Sürücüsüz metrolar için UTO, insansız tren işletmesi kavramı kullanılmaktadır. Metrolarda ATP (sinyal korumalı), ATO (yarı otomatik), DTO (denetimli tam otomatik), UTO (denetimsiz tam otomatik) olmak üzere 4otomasyon sistemi bulunmaktadır. Bu otomasyon derecelerine göre tren işletimiyapılmaktadır [17].

Servis, hizmet ve teknik açılardan UTO işletimli metrolar sürücülü metrolara göre daha iyidir. Bu durumun nedeni meydana gelen yanlışların ve servis arızalarının çoğunun sürücüden kaynaklanmasıdır, yolcu sayısında anlık artma veya azalmaya müdahale bulunma sürücü

sayısına bağlı olduğundan, işletme esneklik seviyesi daha kötüdür. Sürücülü metrolardaki işletme maliyetleri sürücüsüz metrolardan daha fazladır. Fakat UTO işletimli metrolarda herhangi bir acil anda yolcu tahliyesi problemdir. İnsanlar güvensizlik ve şüphe duyabilir [19].

Bu çalışmada, raylı sistemlerde djital dönüşüm üzerine araştırma yapılmış olup, sürücüsüz metrolarda kullanılan teknolojilerden bahsedilmiştir.Uygulama olarak, sürücüsüz metrolarla ilgili halkın tutumunu değerlendirmek amacıyla anket çalışması yapılmıştır.

2. RAYLI SİSTEMLERDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

1990'lı yıllarda enerji, telekomünikasyon ve ulaşım alanlarında kullanılmaya başlanan dijital dönüşüm, kısa sürede tüm sektörleri etkisi altına alarak günümüze kadar hızla gelişmeye devam etmiştir. Dijitalleşmeyi mümkün kılan tüm alanlarda olduğu gibi raylı ulaşım sistemleri de akıllı sistemleri kullanmakta ve bu sistemleri geliştirmektedir. Raylı sistemlerde dijitalleşme çalışmalarının yapıldığı alanlar içerişimde demiryolu hatları, tren araç üstü ekipmanları, merkezi yönetim sistemleri, demiryolu istasyonları vardır.

Dijitalleşmenin raylı ulaşım sisteminin gelişimi için çok önemli olduğu günümüzde yaygın olarakkabul edilmektedir. Dijital dönüşüm üretim, operasyon, kaynak kullanımı ve bakım gibi süreçleri geliştirdiğinden, raylı sistem şirketleri ve altyapı işletmecilerince verimliliklerini ve yönetim becerilerini artırmak, işletme maliyetlerini azaltmak ve diğer ulaşım yöntemleriyle aralarındaki rekabeti artırmak için bir araç olarak değerlendirilmektedir. Operasyonlarında dijital çözümler geliştirmek maksadıyla, raylı sistem şirketleri ve tedarik şirketleri, yeni yatırımlar yapmakta ve start-up şirketler oluşturmaktadır. Yakın gelecekte dijital dönüşümün raylı sistemler sektörüne yeni imkanlar getirmesi ve yeni oyuncular kazandırması beklenmektedir. Demiryolu firmaları dijital teknolojiyi kullanarak işlerini daha basit hale getirebilir, süreçlerini daha da otmatik hale getirebilir, hizmet ve uygulamaları gerçekleştirebilir.

Dijital dönüşümün kazandırdığıfaydalar raylı ulaşım sistemleri bağlamında bir fırsat olarak görülmekle birlikte aynı zamanda birtakım sıkıntıları da beraberinde getirmektedir. Çünkü bunun için işletme zihniyetinde köklü değişimler yapılması ve siber tehditlerle başa çıkmak maksadıyla finansal yatırımlar ve yeni emniyet taktikleri geliştirilmesi gerekmektedir. Bütün zorluklarına karşın dijital teknolojilerin, yakın zamanda raylı sistem sektörünün etkinliğini ve rekabetçiliğini çoğaltmasıbeklenmektedir [3].

2.1. Raylı Sistemlerde Dijital Dönüşüm

Dijitaldönüşümünraylısistemsektöründeetkileridörtgruptaelealınabilir;

- Shift2Rail Programı
- ERTMS Sistemi
- Trenlerinİnterneti
- SürücüsüzTrenİşletmeciliği

2.1.1. Shift2Rail Programı

Shift2Rail, kamu ve özel sektör ortaklarının katılımıyla geleceğin raylı sistemlerini oluşturmaya odaklanan raylı sisteme entegre araştırma ve yenilik faaileyetlerini düzenleyen 2014 yılında kurulmuş bir Avrupa Birliği platformudur[3].Kablosuz iletişim teknolojisini kullanarak trenleri birbirine bağlama ve ayırma dahil güvenilir, ortadan kaldıracak tasarım kaynakta, yolcuda, yükte ve şehirde gürültü enerji tasarruflu sistemlerin tasarımı tren işletimi için kalite, programın ana hedeflerinden biridir[1].

2.1.2. ERTMS

ERTMS, günümüzde demiryolu endüstrisinde kullanılan en son sinyalizasyon teknolojisidir. ERTMS isminden de anlaşılacağı gibi, tren trafiğinin verimli ve etkili yönetimini içine alangenel bir sinyalizasyon sistemidir. Birincisi demiryolu trafiğinde iletişimin güvenli sağlanması, ikincisi var olan hattın kapasitesinin artırılması ve demiryolu trafik yönetiminin yönetilmesi olmak üzere iki ana amacı bulunmaktadır [4,6]. ERTMS 'yi bileşenlerden oluşan bir platform gibi düşünürsek bu bileşenler ETCS ve GSM-R olarak adlandırılabilir.

ETCS insan hatasından kaynaklanabilecek sorunları en aza indirerek güvenli ulaşım için trenleri uzaktan kontrol edebilme boşluğunu doldurmak için geliştirilmiştir.GSM-R sistemi küçük alanlı vericiler (baz istasyonları) aracılığıyla radyo dalgalarının coğrafi engeller nedeniyle ulaşamadığı alanlara, yerleşim yerlerindeki oluşumlara veya yüksek binalara erişim sağlayarak, mevcut coğrafi alanda nerede olursanız olun kesintisiz dijital iletişim sağlar [5].

2.1.3. Trenlerin İnterneti

Raylı sistemlerde dijitalleşme ile trenlerin interneti, yolcu ve eşya bilgi hizmetleri, akıllı altyapı , kamera sistemi, , güvenlik sistemi, sinyal ve kontrol sistemleri ,otomatik trenler gibi yeni çözümlerle operasyonel verimliliği yükselterek müşterilere daha sorunsuz ve güvenli hizmet sunulmaktadır[3]

2.1.4. Sürücüsüz Tren İşletimi

Otomatik tren işletim sistemi (ATO), aracın sürüş sorumluluğunu sürücüden alaraktren kontrol sistemine aktarmaktadır [3].

2.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti, düşünülebilecek herhangi bir nesnenin internete erişimi ve diğer cihazlarla iletişim kurmasıdır [7]. Demiryolu taşımacılığında lokomotifler ve vagonlar üzerinde bulunan sensörlerle coğrafi konum bilgilerinden taşınan yük ve yolcular hakkında çeşitli önemli bilgiler elde edilirken, araç gereçlerin kullanım ve durum bilgisi de alınabilmektedir. Bu bilgiler kullanılarak, söz konusu araç gereçlerin mevcut durumu ortaya çıkarılabilir ve bu verilerin uzun vadede analizi sayesinde bir bakım planı çıkarılabilmektedir [8].

2.2.1. Tren Kapıları İçin Bakım Planlama

Kapılara yerleştirilen sensörler tarafından okunan bilgileri analiz ederek ve geçmiş verilere dayanarak yorumlayıp, kapıların arızalanacağı anı saptamak ve operatörü bakım yapması için önceden uyarmak mümkün olmaktadır. Bundan dolayı sensörler kullanılarak kapıların açılma ve kapanma sürelerini sürekli olarak ölçüp ve bu ölçümlerdeki ufak değişiklikleri matematiksel modeller kullanarak analiz edip, kapıda ne zaman arıza olabileceğini tahmin etmek mümkündür[8].

2.2.2. Tren Tekerleği Bakım Planlaması

Çalışma ortamı ile ilgili hava koşulları, taşınan yük, trafik bilgisi ve tekerleklerin durum bilgisi araç üzerine yerleştirilen sensörler sayesinde ölçülebilmektedir. Bu ölçümlerin, arızalanma vakitleri ve sıklığı ile birlikte analiz edilmesiyle öğrenme modelleri geliştirilebilir. Bu modeller sayesinde sensörlerden gelen verilere bakarak bir sonraki arıza zamanını öngörmek mümkündür [8].

2.2.3. Görüntü İşleme

2.2.3.1. Hemzemin Geçit Kontrolü

Hemzemin geçit alanından trenin durma mesafesiyle orantılı bir mesafeye ayarlanmış kameradan alınan görüntü üzerinde değişik görüntü işleme yöntemleri kullanılarak, hemzemin geçite yaklaşıp veya hemzemin geçitten uzaklaşan bir trenin varlığı sunulan görüntüleme sistemiyle saptanmaktadır[9].

2.3. Sürücüsüz Metrolar

Son yüz yılın ikinci yarısında, sürücüsüz metroların ana hattını meydana getiren otomatik tren denetiminin (ATP) ve otomatik tren işletmesinin (ATO) tren sinyal sistemi çalışmaları başlamıştır[1]. ATO, birçok şehir içi raylı sistemlerde iletişim, kontrol ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle geleneksel manuel sürüşün yerini alan yeni bir teknoloji olarak görülmüştür. Otomatik tren işletmesi (ATO), demiryolu trafiği işlemlerinin verimliliğini geliştirmek için optimize edilmiş tren hızlandırma, kayma ve frenleme komutlarının gerçek zamanlı kararlarını otomatik olarak oluşturmuştur.

Klasik metrolarda trenin kontrolü bir sürücüye bağlı olduğundan çalışma sistemi esnek değildir. Sürücünün hastalanması, işe geç kalması, grevler, tren seferlerinin iptal edilmesi gibi problemler sürücüden dolayı olmaktadır. Bu gibi problemleri ortadan kaldırmak ve işletme maliyetlerini azaltmak için dünyada sürücüsüz metrolara geçişi başlatmaktadır [16].

Günümüzde, sürücüsüz araçlar kentsel raylı sistemler için yeni bir teknoloji değildir. Demiryolu Postanesi 1927'de kurulan, tren üzerinde herhangi bir görevliye ihtiyaç olmadan Londra'nın merkezinde bulunan kolileri ve mektupları taşıyan tam otomatik dar hatlı yeraltı demiryolu ağıdır. Londra Yeraltı Victoria Hattı ise 1968 senesindeoluşturulan bir sürücü bulunmasınakarşın işletmenin denetlenmesi ve tren kapılarının çalıştırılması için trenin otomatik olarak yönlendirilebileceğini kanıtlayan ilk yolcu taşıma hattıdır.Bu gelişmelerden sonra, 1981 senesinde hizmete giren Japonya'daki Kobe Liman Adası Hattı, gözetimsiz tren işletimi (UTO) olarak tanımlanan, sürücü bulunmayan metroda yolcu taşıyan ilk metro olarak kabul edilmektedir [25].Sürücüsüz metro sistemi günümüze kadar gelişmiş sinyalizasyon ve otomasyon sistemleriyle günden güne göre gelişim göstererek güvenlik, esneklik, dakiklik, maliyet verimliliği ve genel yolcu memnuniyeti konularında iyi değerlere sahip olmaktadır.

Uluslararası Toplu Taşıma Birliği (UITP), dünyadaki sürücüsüz metroların toplam 1000 kilometreyi geçmiş olduğunu duyurmaktadır. Bu noktaya gelinmesinde Çin'de bulunan Puijang Hattı'nın açılmasının önemi fazladır. Dünyada 19 ülkede 42 şehirde 63 tam otomatik sürücüsüz metro hattı bulunmaktadır. Yirmi dokuz sene boyunca hatların ilk 500 km'si yapılmaktadır ve bu teknolojinin sürdürülebilir olduğu anlaşıldıktan sonra bugün bulunduğumuz noktaya bu sayılar ikiye katlanarak gelmektedir. UITP onaylanmış projeleri baz alarak 2025 senesine kadar tam otomatik metro hatlarının 2300 km'yi geçeceğini ifade etmektedir [19].

2.3.1. Metrolardaki Otomasyon Dereceleri

Sürücüsüz metro tren sisteminde, dört tür otomasyon seviyesi mevcuttur. Tüm seviyeler farklı özelliklere sahiptir [20]. Genel olarak, seviyenin sayısı, personelin tren operasyonunun temel işlevlerine katılımına bağlıdır. Bu otomatikleştirilmiş işlevler, treni harekete geçirmek, treni durdurmak, kapının kapanması ve bozulma durumunda çalıştırmasıdır [21].

2.3.1.1. Otomasyon Derecesi 1

Otomasyon seviyesi 1 otomatik tren koruma (ATP) sistemine sahiptir. Bu sistem trenlerin sinyaller ve tren hızı açısından güvenli olmayan hareketlerini engeller. Kabinde, yol kenarı veya kabin sinyaline göre trenleri sürmekten, kapıyı açıp kapatmaktan, kılavuzu gözlemlemekten ve

acil durumlarda trenleri durdurmaktan sorumlu bir sürücü vardır. Tüm bunlar manuel olarak gerçekleştirilmektedir [22]. Birinci derece otomasyona göre yapılan Aksaray-Havalimanı metro hattıdır [17].

2.3.1.2. Otomasyon Derecesi 2

Yarı otomatik sürücülü metro, otomatik tren koruma (ATP) ve otomatik tren işletme(ATO) sistemlerine sahiptir. ATO sistemi, hızlanma ve yavaşlama komutlarıyla tren hareketini control eder. Trenin hareketi ATP sistemi tarafından denetlenir. Kabindeki sürücü, kılavuzu gözlemler ve tehlikeli bir durumda treni durdurur. Kapıların açılması otomatik kapanması sürücü tarafından manuel olarak gerçekleştirilir [22]. Metronun harekete geçirilmesi için ATO START butonuna basılır. Bu seviye için M2 Yenikapı-Hacıosman, M3 Kirazlı-Başakşehir ve M6 Levent-Hisarüstü metroları örnek olarak verilebilir [17].

2.3.1.3. Otomasyon Derecesi 3

Makinist bulunmamaktadır. Metro işletimi ile ilgili tüm sorumluluk sinyal sistemi idaresindedir. Metro kapılarının kapatılması ve metronun perondan sorunsuz bir şekilde ayrılması tren personeli ile gerçekleştirilmektedir. M4 Kadıköy-Kaynarca hattı bu seviye için uygundur [20].

2.3.1.4. Otomasyon Derecesi 4

Tamamen sürücüsüz tren operasyonu veya gözetimsiz tren operasyonu (UTO) olarak da adlandırılır. Metronun operasyonlarını gerçekleştirmek için herhangi bir sürücü veya tren görevlisi şartı aranmaz [20]. Metronun hızlanma, hızlı seyir, tahriksiz gitme, hız kesme, durma, kapı açma ve kapama fonksiyonları otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. UTO sistemi, kılavuz yol izinsiz giriş algılama, platform ve yerleşik CCTV, vb. tanıtarak tehlikeli koşulları ve acil durumları algılayabilir ve yönetebilir [22]. M5 Üsküdar-Çekmeköy ve M7 Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro hattı 4. derecede otomasyona göre yapılmıştır [24]. Planlanan projeler, İstanbul, M7 Kabataş- Esenyurt 2. Etap -- Mahmutbey- Esenyurt 3. Etap,M11 Gayrettepe-İstanbul Havalimanı,M12 Göztepe Ümraniye Metrosu, Kocaeli Havalimanı-Gebze-Darıca Metrosu, İzmir Buca Metrosu, Ankara Havalimanı metrosu ve Konya Metrosu' dur [23].

2.3.2. Sürücüsüz Metrolarda İlave Sistemler
2.3.2.1. Yangın Algılama Sistemi

Sinyalizasyon sistemi, trenlerde bulunan yangın algılama ve ihbar sistemine iletim alt yapısı ve ara yüz sağlar. Bu ara yüzle, ilgili tren bilgileri Trafik Kontrol Merkezi (TCC)'nde ki trafik operatörü sayesinde temin edilir ve yangın senaryolarına göre tren işletiminin çalışması sağlanır.

2.3.2.2. Engel Algılama Sistemi

Tren hareket halindeyken raylara düşen nesneleri algılayarak, trene iletir. Bu sistemden alınan bilgiler sayesinde tren nesneye vurmadan durur.

2.3.2.3. Trenin Durum, Alarm Bilgisinin Tren Kontrol Merkezine (TCC) İletilmesi

Sürücüsüz sistemlerde meydana gelen tüm olumsuzluk ya da arızaları Telsiz Veri Haberleşme Sistemi (CBTC) ile TCC'ye iletmektedir.

2.3.2.4. Acil Durum Freni (EB)

Metrolar, herhangi bir olayda ya da sorunda acil durdurma yapabilir. Bir sürücü ya da kurtarma treni göndermeden hemen hemen tüm olaylarda metroların tekrar başlatılmasını sağlamak için kullanılır.

2.3.2.5. Kritik Cihaz Yedekliği

Bir dizideki aktif araç üstü sinyalizasyon kontrolörü bozulduğunda diğer araç üstü sinyalizasyon kontrolörüne otomatik geçiş yaparak tüm fonksiyonları gerçekleştirilir. Araç üstü kontrolörler birbirinin tam yedeği vardır ve bir aksama treni durdurmadan, hemen diğerine yedek sisteme geçiş yapmaktadır.

2.3.2.6. Kapıların Yönetimi (Yolcu tahliyesi)

Bütün acil durumlarda metro tünelde beklerken sistem kontrol merkezinden yürüme yolu taraftaki tren kapısını açma işlemini sağlar.

2.3.2.7. Otomatik Canlandırma ve Test

Trenlerin batarya tüketimini azaltmak için sürücüsüz metrolar depo sahasında uyku modunda park edilir. Sürücüsüz metrolar tarife ve trafik kontrolörünün komutu sayesinde otomatik olarak uyanabilmekte ve hareket edebilmektedir. Harekete geçmek için hazırlık testleriyle uygunluğunu anlayabilir. Güvenlikle ilgili önemli bir test başarısız olursa, sürücüsüz sürüş moduna izin verilmemektedir. Güvenlikle ilgili olmayan önemli bir test başarısız olduğunda, tren kontrol merkezine bir bildirim gider, metronun durumu detaylı bir şekilde ATS çalışma istasyonun gösterilir, operatör, arızanın durumuna ve işletme kurallarına göre metroyu servise gönderip göndermeyeceğine karar verir.

2.3.2.8. Platform Kapılar (PSD)

Platform kapılar, yolcuların ray hattına düşmesi, intihar teşebbüsü gibi kazaları önler. Bu kapıların klima özellikleri de mevcuttur.

2.3.2.9. Otomatik Araç Yıkama

Metrolar, tarifeye göre yıkama işlemini gerçekleştirmek için otomatik olarak gider ve yıkama ünitesini çalıştırır.

2.3.2.10. Araç Üstü Kapalı Devre Televizyon (CCTV) Sistemi

Kontrol merkezinde bulunan araç operatörleri, acil durumlarda kamera sistemleri sayesinde trenin içini izler ve görüntüler vasıtasıyla müdahalede bulunabilir.

2.3.2.11. Araç Üstü Çift Yönlü Telefon Haberleşme Sistemi

Araçlarda bulunan çift yönlü haberleşme alt yapısı sayesinde, yolcular ve TCC karşılıklı telefon görüşmesi yapabilmektedir. Metroda bulunan çağrı noktasındaki kırmızı buton acil aramalar, sarı buton bilgi aramaları için kullanılır [19].

2.3.2.12. Merkezi Telsiz Kontrol Sistemi

Kontrol Merkezinden istenilen araçlara veya tümüne uzak anons yapılabilir. Kontrol Merkezinden ortam dinlemesi sayesinde konuşmalar ve bilgi alışverişi kayıt altına alınabilir. İnsanlara kritik durumlarda anons yapılabilir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan çalışma raylı sistemlerde dijital dönüşümü konu edindiği için bu bölümde yapılacak olan literatür araştırmasında, raylı sistemdeki dijital dönüşümün uygulanabilirliği üzerine daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenecektir.

Karaduman (2020), "raylı sistemlerde bilgisayarlı görme ve nesnelerin interneti kullanılarak kestirimci bakım yöntemlerinin geliştirilmesi "tez çalışmasında raylı sistem ekipmanlarındakimeydana gelen arızalar ele alarak, meydana gelen veya gelebilecek olan arıza ve aşınmaların tespit edilmesi için bilgisayarlı görme, yapay zekâ ve akıllı hesaplama teknikleri kullanılarak kestirimci bakım yöntemleri geliştirmeyi amaçlamış ve bu yöntemleri detaylı olarak anlatmıştır. Çalışmanın sonucunda geleneksel bakım çalışmalarının kestirimci bakıma göre daha verimsiz olduğu, daha çok kestirimci bakım çalışmalarının yapılacağı saptanmıştır.

Wang, Zhang, Ma, Zhou (2016), "Kentsel raylı ulaşım sistemleri için sürücüsüz tren işletmeciliği araştırması" adlı makalesinde sürücüsüz tren sistemlerinin tarihi ve gelecekteki eğilimine değinmiştir. Ayrıca, güvenlik sorunları, tren kontrol teknolojisi ve acil durumlar gibi sürücüsüz tren sistemlerinin karşılaştığı zorlukları analiz etmişlerdir. Operasyon kontrol merkezi sadece trenlerin işleyişini izlemek ve kontrol etmekle kalmadığı, aynı zamanda meydana gelen acil durumları da ele aldığı için operasyon kontrol merkezinin otomasyon düzeyini geliştirmek ve sevk görevlilerinin karar vermesine yardımcı olmak için yeni teknolojiler ve algoritmalar kullanmanın önemli olduğu varsayımına varılmıştır.

Çekerek ve Demir(2021), "İstanbul metrolarında yolcu konforunun arttırılması: sinyalizasyon sistemi ile otomatik anons kontrol uygulaması" adlı çalışmada M5 Üsküdar-Ümraniye-Çekmeköy sürücüsüz metrosunda yolcuların yoğun olduğu saatlerde veya bu saatler dışında kalan zamanlarda metrodan inip ve metroya binen yolculardan kaynaklı karmaşanın önüne geçip ,son zamanlardaki Covid-19 salgın hastalığındaki sosyal mesafenin korunması amacıyla kullanılan SCADA sistemi yazılım entegreli otomatik anons sistemi yapısını anlatmıştır.Sürücüsüz metrolarda yolcuların metroya binip inerken yaşanan karmaşanın önlenmesi, yolcuların karşılıklı hakların korunması ve son zamanlardaki Covid-19 salgın hastalığındaki sosyal mesafenin korunması için bu işlemler faydalı olmuştur.

Çelik (2020), "Demiryolu ray ve kusurlarını tespit etmek için geliştirilen iki yeni yöntem" makalesinde demiryolu hatlarında bulunan raylarda en çok meydana gelen kusurlar incelerek bu kusurların saptanması için mevcut çalışmaları yorumlamıştır. İnsanlar tarafından yapıldığından dolayı görsel muayene yöntemi oldukça yavaş ve az güvenilirdir. Akıllı bir görüntü işleme sistemi aracılığıyla bilgisayar destekli kontrol yapmak hızlı ve güvenilir olacağıiçin tercih sebebi olmalıdır

Gündüz, Akın, Yakışır (2016), "Hemzemin geçit bölgeleri için görüntüleme sistemi ile güvenlik kontrolü" adlı çalışmada hemzemin geçit bölgelerinde belirlenen alanlara kurulacak kameralarla görüntüler alınıp, bu görüntüler üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleri kullanarak görüntüdeki ray üzerinde tren bulunup bulunmadığının saptanması işlemini açıklamıştır. Ortamdaki gürültü tren varlığının tespitinde önemli bir problem olarak yapılan deneysel çalışmalar aracılığıyla saptanmıştır. Bu sebepten dolayı filtreleme, morfolojik işlemlerle görüntülerin temizlenerek tren tespiti sağlanmıştır.

Powell ve ark. (2016), metro ağı üzerinde sürücüsüz trenleri çalıştırmaya başlayabilmek için mevcut sistemde yapılması gereken olası değişiklikleri araştırmak için bir altyapı değerlendirmesi ve otomatik tren operasyonunun ağ içindeki tren hareketlerine etkisini incelemek için bir simülasyon çalışması yapmaktır. Bu çalışmanın sonucunda Tyne and Wear Metrosunun otomatik tren işletiminin yeniden sinyalizasyon ile birlikte uygulandığında kapasitede önemli artışlar sağlayabileceğini göstermiştir.

Arlı (2013), metrolarda kullanılan otomasyon sistemlerinin tarihsel gelişimi, tanımlanması, teknik özelliklerinin, hizmet özelliklerinin, servis özelliklerinin karşılaştırılması ve sürücüsüz metrolardaki ilave sistemlerin avantajlarının açıklanmasını amaçlamıştır. İncelemeler

sonucunda bu sistemlerin yüksek performans düzeyi, yüksek güvenilirlik ve düşük sefer aralıkları, düşük işletme maliyeti sürücüsüz, yolcu taleplerine daha iyi yanıt verebilmesi sürücüsüz metroları daha avantajlı kıldığı anlaşılmıştır.

Fraszczyk ve diğerleri (2017), insanların sürücüsüz tren algıları ile yeni ulaşım sistemine ve daha genel olarak toplu taşımaya yönelik tutumları üzerine bir araştırma yaparak yeni Sidney Metro hizmetine ilişkin kamuoyunu araştırmak amacıyla anket çalışması yapmışlardır. Halkın sürücüsüz bir tren sistemi çalışırken bu sorunların üstesinden gelmek için ne yapılacağı konusunda net olmadığı için insan hataları bölümünde daha fazla araştırmanın gerekli olduğunu ve sürücüsüz metrolarla ilgili farkındalığın az olduğu sonucuna varılmıştır.

Ali Öztürk ve Mustafa Günay (2018), Tam otomatik metro sistemlerinin avantaj ve dezavantajları, güvenlik bakım maliyetleri, hizmet kalitesi ve enerji tüketimi yönünden diğer raylı sistemlerle karşılaştırmışlardır. Çeşitli araştırmalar neticesinde tren/metro işletme maliyetlerinin azaldığı ve bu sistemin avantajlı olduğu kanıtlanmış olup, eski sürücülü raylı sistemlerin modernizasyonunun yapılarak yeni sistemlere dönüşümün yapılabileceğini belirtilmişlerdir.

Kaka ve ark. (2018), bu çalışmayı, Almanya, Japonya ve Fransa gibi bazı gelişmiş ülkeler tarafından kullanılan sürücüsüz metro tren sisteminde kullanılan teknolojiyi anlamak için geliştirmişlerdir. Tam otomatik sürücüsüz çalışma, daha az seyahat süresi, daha az elektrik tüketimi, duman algılama vb. gibi benzersiz özellikler sunmaktadır. Sürücüsüz metro sistemi, daha kaliteli hizmetler ve trenin geliş ve gidiş saatlerinin tam olarak alınmasını sağlar. Sistemin genel işletme maliyetini düşürür ve güneş panellerinin kullanılması trenin güç tüketimini de azalttığı sonucuna varmışlardır.

4. UYGULAMA

4.1. Metadoloji

Bu çalışmada veri toplama yöntemi olarak online olarak oluşturulmuş bir anket kullanılmıştır. Anket yöntemi, veri toplama ve analizi için gereken en kısa zaman ölçeği ve gereken en düşük bütçe açısından çalışma için en iyisi olarak seçilmiştir.

4.2. Anket Tasarımı

Araştırmada kullanılan anket, kullanıcıların otomatik tren algısına yönelik tutumunu değerlendirmeye yönelik tasarlanmıştır. Çalışmada, sürücüsüz metrolarla ilgili yapılmış olan çalışmalarda kullanılan ölçeklerden ve anket sorularından faydalanılmıştır [10-12-24]. Anket, ilk bölüm katılımcı hakkında bilgi talep eden, ikinci ve önemli bölüm, otomatik trenlere yönelik tutumlar ve algılar hakkında bilgi edinmeyi amaçlayan iki bölüme ayrılmıştır. Ankete katılanların demografik profili ile ilgili veri ve analizler Tablo2'de ve anket soruları sunulmuştur.Sorular belirli cevaplar içermektedir ve katılımcılardan soru başına yalnızca bir yanıt işaretlemeleri istenmiştir. Genel olarak, anket sürücüsüz tren teknolojisi hakkında bilgi, sürücüsüz trene yönelik tutum ve algılar hakkında 12 soru ve yanıtlayanın cinsiyeti, medeni durum, yaş aralığı,eğitimi, bulunduğu şehri soran beş kişisel sorudan oluşmaktadır.

4.3. Veri toplama

Anket 13 Haziran-20 Haziran 2022 tarihleri arası yapılmıştır ve hem sürücüsüz metroyu kullananhem de kullanmayan farklı şehirlerde bulunan katılımcılar tarafından yanıtlanmıştır.

Tablo1. Ankete Katılanların Demografik Profili

		N	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	200	65,8
	Erkek	104	34,2
Medeni Durum	Bekar	184	60,5

	Evli	120	39,5
Yaş Aralığı	17'denküçük	11	3,6
	18-24	92	30,3
	25-34	138	45,4
	35-44	45	14,8
	45-54	13	4,3
	55-64	5	1,6
	65+	0	0,0
EğitimSeviyesi	İlk/Ortaöğretim	17	5,6
	Lise	32	10,5
	Lisans	219	72,0
	Yüksek Lisans	32	10,5
	Doktora	4	1,3
Şehir	Bursa	134	44,1
	İstanbul	87	28,6
	Ankara	53	17,4
	İzmir	7	2,3
	Kocaeli	3	1,0
	Eskişehir	4	1,3
	Artvin	2	0,7
	Çanakkale	2	0,7
	Kütahya	2	0,7
	Rize	1	0,3
	Sakarya	1	0,3
	Balıkesir	2	0,7
	Sivas	1	0,3
	Adana	1	0,3
	Aydın	1	0,3
	Adıyaman	1	0,3
	Ordu	1	0,3
	Hatay	1	0,3

Anket 18 farklı şehirden 304 kişi tarafında yanıtlanmıştır. Örneklem içindeki yaş aralığı, %79,3'ü 35 yaşın altında olmak üzere ağırlık 25-34 arasında ve cinsiyet ayrımı 200 kadın ve 104 erkekten oluşmaktadır.%60,5 'i bekar ,%72'i lisans mezunudur.

5. BULGULAR

Anketi yanıtlayan 304 katılımcı Türkiye'nin değişik illerinden kişilerde oluşmaktadır. Ankettekayıp veri bulunmamaktadır. Tüm cevaplar değerlendirilmeye alınmıştır. Katılımcıların sadece %4,6(14 kişi) hiç metro kullanmamıştır. Katılımcıların, %34,9'i (106 kişi) sürücüsüz metroları daha önce hiç duymamış ve %53,6'u (163kişi)sürücüsüz metrolara yönelik bilgisi olmadığını ("Hiçbir bilgim yok" ve "Bilgim yok" diyenler) göstermişlerdir. Katılımcıların, %60,2'si (183 kişi) ise sürücüsüz metroları daha önce duyduğunu ifade etmiş olmasına rağmen sadece %18,8'i (57 kişi) sürücüsüz metrolarla alakalı bilgi sahibi olduğunu ("Bilgiliyim" ve "Çok bilgiliyim") bildirmiştir. Katılımcıların sürücüsüz metrolarla ilgili genel olarak bilgi düzeylerinin pek olmadığı söylenebilir. Anketten elde edilen sonuçlara ilişkin bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Anketin amacı, halkın sürücüsüz tren algısını araştırmak olduğundan, katılımcılara sürücüsüz metro açılırsa kullanıp kullanmayacağı sorusu yöneltilmiştir. Ankete katılanların, %72,4 sürücüsüz metro açılırsa kullanabileceğini belirtmiştir. Cevaplayanların sadece %9,2'i sürücüsüz metrolara yönelik olumsuz (olumsuz ve çok olumsuz) görüşe sahip iken % 39,9' u olumlu (olumlu ve çok olumlu) bir değerlendirme yapmaktadır. Genel olarak bakıldığında sürücüsüz metrolara karşı olumlu bir görüş olduğu söylenebilir. Tam otonom sürüş teknolojilerine yönelik kaygıları değerlendirildiğinde katılımcıların %38,1'inin kaygısız (hiç kaygılandırmaz ve kaygılandırmaz) %28,7'sinin kaygılı (kaygılandırır ve çok kaygılandırır) olduğu anlaşılmıştır. Katılımcıların kaygılanmama seviyelerinin orta derecede olduğu görülmektedir. Katılımcılara sürücü ve sürücü kabini önemine yönelik soru sorulmuştur. Katılımcıların %58,2 'si metroda sürücülerin önemli(önemli ve çok önemli) olduğu görüşündedir.45,4'ü sürücü kabininin metroya dahil edilmesinin önemli (önemli ve çok önemli) olduğunu düşünmektedir. Anketi katılanlara sürücüsüz araçların güvenlikleri üzerine de sorular yöneltilmiştir. Katılımcıların %32,6 sürücülü metroyu sürücüsüz metroya göre daha güvenli bulmuştur. Buna karşın %24'ü sürücüsüz metronun kaza oranını düşüreceği görüşüne varmıştır. %59,2'si seyahat süresinin kısalmasının sürücüsüz metro kullanımına katkıda bulunacağını düşünmektedir. Sürücüsüz tren uygulamaları sürücü işsizliğinin artmasına neden olacağı konusunda katılımcıların %73 gibi büyük oranı hemfikirdir.

Tablo2. Anket Soruları

Sorular	Cevaplar	N	Yüzde
Ne sıklıkla metro kullanıyorsunuz?	Hiç	14	4,6
	Nadiren	77	25,3
	Arasıra	87	28,6
	Sık sık	55	18,1
	Her zaman	71	23,4
Sürücüsüz metroları daha önce duydunuz mu?	Evet	183	60,2
	Hayır	106	34,9
	Emin değilim	15	4,9
Sürücüsüz metrolarla ilgili ne kadar bilgi sahibisiniz?	Hiçbir bilgim yok	69	22,7
	Bilgim yok	94	30,9
	Emin değilim	84	27,6
	Bilgiliyim	56	18,4
	Çok bilgiliyim	1	0,4
Sürücüsüz metrolarla ilgili genel görüşünüz nedir?	Çok olumsuz	5	1,6
	Olumsuz	23	7,6
	Ne olumlu neolumsuz	158	52
	Olumlu	99	32,6
	Çok olumlu	19	6,3
Sürücüsüz metro açıldığında kullanır mısınız?	Evet	220	72,4
	Hayır	9	2,9
	Emin değilim	75	24,7
Sürücüsüz metronun sizi kaygılandırma derecesi nedir?	Hiç kaygılandırmaz	42	13,8
	Kaygılandırmaz	74	24,3
	Nötr	101	33,2
	Kaygılandırır	82	27
	Çok kaygılandırır	5	1,7
Bir trende sürücünün öneminedir?	Hiçönemli değil	7	2,4
	Önemsiz	22	7,2
	Nötr	98	32,2
	Önemli	134	44,1
	Çokönemli	43	14,1
Sürücüsüz bir trende sürücü kabininindahil edilmesi önemli midir?	Hiçönemli değil	23	7,6
	Önemsiz	50	16,4
	Nötr	93	30,6
	Önemli	109	35,9
	Çokönemli	29	9,5
Sürücülü metrolar sürücüsüz metrolara göre daha güvenli midir?	Evet	99	32,6
	Hayır	55	18,1
	Emin değilim	150	49,3
Sürücüsüz metro kullanımıkaza oranını azaltır mı?	Evet	73	24
	Hayır	58	19,1
	Emin değilim	173	56,9
Seyahat süresinin kısalması sürücüsüz metro kullanımına katkı sağlar mı?	Evet	179,968	59,2
	Hayır	40,128	13,2
	Emin değilim	83,904	27,6
Sürücüsüz tren uygulamaları sürücü işsizliğinin artmasına neden olacak mı?	Evet	221,92	73
	Hayır	34,048	11,2
	Emin değilim	48,032	15,8

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Otomatik ve sürücüsüz trenler otuz yılı aşkın bir süredir faaliyette olmasına rağmen, halkın UTO 'ya yönelik tutumları ve algıları üzerine yayınlanmış çok sayıda bilimsel araştırma çalışması bulunmamaktadır. İnsanların sürücüsüz tren algısının daha iyi anlaşılmasına katkıda

bulunmak için bu makale, 304 kişiye UTO hakkındaki görüşlerinin sorulduğu bir anketin sonuçlarını sunmuştur.

Çalışmada sunulan sonuçlar üç tematik alanda gruplandırılabilir: tren tipi tercihleri ve sürücüsüz trenler hakkındaki görüşler, trende sürücünün önemi ve işsizlik sorunları ve insan hatası sorunu.

İlk olarak katılımcıların sadece %2.9'u sürücüsüz tren kullanmayı tercih etmediklerini belirtmişlerdir. Bu sonuç, katılımcıların büyük çoğunluğunun sürücüsüz tren tipinden rahatsız olmayacaklarını göstermektedir. Ayrıca, sürücüsüz teknolojiyle ilgili halkın genel görüşleri az bir çoğunluk olarak %9.2'si "olumsuz" ve "çok olumsuz" teknoloji olarak değerlendiriliyor. Bu, genel olarak katılımcıların UTO 'ya olumsuz olmadıklarını ve teknolojiye güvenme konusunda bir sorun yaşamadıklarını gösteriyor. İkinci olarak, bir trende sürücünün önemi, sürücünün sistemin önemli bir bileşeni olarak algılanmasını vurgulayan katılımcıların çoğunluğu tarafından "Önemli" veya "Çok Önemli" olarak derecelendirilmiştir. Ayrıca, örneklemin %45.4'ü trende bir sürücü odası olması gerektiğini düşünmektedir, ki bu, sürücüsüz bir teknoloji durumunda gerekli değildir. Üçüncüsü, çalışmada sunulan sonuçlar, katılımcıların %73'ü sürücüsüz metro uygulamalarının işsizliğe neden olacağını düşünmektedirler. Ancak, işsizlik sorusunun takibi yapılmadığından, katılımcıların sürücüsüz trenlerin tren sürücülerinin istihdamını etkileyeceği fikrine "lehinde" veya "karşısında" olma nedenlerini anlamak güçtür. Dördüncüsü, sonuçlar, katılımcıların genel olarak sürücüsüz bir trende meydana gelen insan hatasından endişe etmediklerini ortaya koymaktadır. Ayrıca, katılımcıların çoğunluğu UTO 'nun kaza oranında bir azalış sağlayıp sağlamayacağı konusunda bir fikir beyan etmemişlerdir.

Genel olarak, literatüre bakıldığında Türkiye'de bu konu üzerinde çalışma yapılmadığı gözükmektedir. Bu boşluğunda doldurulması amacıyla ilgili sektörlere bilgi sağlaması amaçlanmıştır. Bu çalışma sürücüsüz trenler hakkındaki tartışmaya da katkıda bulunur. Ancak halkın UTO 'ya yönelik algılarını ve tutumlarını tam olarak anlamak ve izlemek için çok daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu anket, sürücüsüz trenler hakkında ne kadar az farkındalığın olduğunu tespit etmiştir. Sürücüsüz trenler sürdürülebilirliğin artmasına yardımcı olacaksa, farkındalığın artırılması önemlidir. Bu yüzden halkı, sürücüsüz metrolar hakkında bilgilendirmek amacıyla çalışmalar yapılabilir. Sidney'de yapılan bir çalışma[12] incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu da, anketin başka yerlerde tekrar edilmesi durumunda genel bir sonuç elde edileceği anlamına gelmesi mümkündür.

KAYNAKÇA

[1] Y. Sarıkavak, "Demiryolu endüstrisinde akıllı ulaştırma sistemleri ve Türkiye'deki uygulama örnekleri," Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi 1.2 (2018): pp. 22-32.

[2] F. B. Yankın, "Dijital dönüşüm sürecinde çalışma yaşamı," Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 7.2 (2019), pp.1-38.

[3] İ., Pektaş, "Raylı sistemlerde digital dönüşüm," https://www.railwayturkey.com/160rayli-sistemlerde-digital-d246n252s252m/, Erişim Tarihi: 17.09.2020

[4] A. A. Mert, "Farklı seviye ERTMS/ETCS sinyalizasyon sistemleri ile yüksek hızlı tren hatlarında hat kapasitesi optimizasyonu", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016, Ankara.

[5] S., Koçak, "Genel Özellikleri ile ERTMS/ETCS ve GSM-R", https://www.endustri40.com/demiryolu-ulasiminda-yeni-bir-standart-ertms/, Erişim Tarihi: 10.08.2022.

[6] K, Vinck, "ERTMS Work Plan of the European Coordinator", Belgium, 2015, https://vayla.fi/documents/25230764/0/ERTMS+WP_1.pdf/c61dd07f-861f-4dd3-a3f8-b4c6d2bbfea9 Erişim Tarihi: 10.08.2022
[7] S. N. Bıçakçı, "Nesnelerin interneti," Takvim-i Vekayi 7.1 (2019), pp.24-36.
[8] D., Derici, T., Doğan, "Demiryolu Taşımacılığı'nda "Akıllı" Bakım", https://www.linkedin.com/pulse/demiryolu-ta%C5%9F%C4%B1mac%C4%B1l%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda-ak%C4%B1ll%C4%B1-bak%C4%B1m-devrim-derici?trk=public_profile_article_view, Erişim Tarihi: 17.03.2022
[9] B., Gündüz, M., Akın, M., Yakışır, Ü., Çiğdem Turhal, "Hemzemin geçit bölgeleri için görüntüleme sistemi ile güvenlik kontrolü", 1st International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 2013, Sakarya https://www.isites.info/PastConferences/ISITES2013/ISITES2013/papers/B-ISITES13049.pdf Erişim Tarihi: 10.08.2022
[10] A., Frasczyk, P., Brown, S., Duan "Public perception of driverless trains", Urban Rail Transit, 1(2), pp.78–86, 2015.
[11] C., Özarpa, İ., Avcı, B. F., Kınacı, "Akıllı raylı sistemlerde kullanılan alt sistemlerin kritik seviye analizi," Demiryolu Mühendisliği 14 (2021), pp.143-153.
[12] A., Fraszczyk, C. Mulley, "Public perception of and attitude to driverlesstrain: a case study of Sydney, Australia", Urban Rail Transit, 3(2), pp.100-111, 2017.
[13] A. Çelik, "Demiryolu Ray ve Kusurlarını Tespit Etmek İçin Geliştirilen İki Yeni Yöntem", Demiryolu Mühendisliği, (12), pp. 52-63, 2020.
[14] E., Çekerek, M. Demir, "İstanbul Metrolarında Yolcu Konforunun Arttırılması Sinyalizasyon Sistemi ile Otomatik Anons Kontrol Uygulaması", Demiryolu Mühendisliği, (14), pp.110-121, 2021.
[15] G., Karaduman, "Raylı Sistemlerde Bilgisayarlı Görme ve Nesnelerin İnterneti Kullanarak Kestirimci Bakım Yöntemlerinin Geliştirilmesi", Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2020.
[16] S., Atalay, "Sürücülü ve Sürücüsüz Metroların Performans ve Maliyet Yönünden Karşılaştırılması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
[17] V. Arlı, "Otomatik metro sistemleri", 2. Uluslar arası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu (ISERSE'13), 9-11 Ekim 2013, Karabük, Türkiye
[18] J., Powell, A., Fraszczyk, C., Cheong, H., Yeung, "Potential benefits and obstacles of ımplementing driverless train operation on the Tyne and Wear Metro: A Simulation Exercise", Urban Rail Transit, 2(3–4), pp.114–127, 2016.
[19] A., Öztürk, M. Günay, "Raylı Sistemlerde Sürücüsüz Metro Sistemleri", International Symposium on Railway System Engineering (ISERSE), pp.715-714, 2018.
[20] D., Kaka, H., Sonawane, H., Jani, A. Patel, "Driverless metro train", International Research Journal of Engineering and Technology, 5(3), pp. 2013-2016, 2018.
[21] A., Fraszczyk, P., Brown, S. Duan, "Public perception of driverlesstrains", Urban Rail Transit, 1(2), pp.78-86, 2015.
[22] Y., Wang, M., Zhang, J., Ma, X. Zhou, "Survey on driverlesstrainoperation for urban rail transit systems", Urban Rail Transit, 2(3), pp.106-113, 2016.
[23] İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Metro İstanbul, https://www.metro.istanbul/Home, Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2022.
[24] S., Nasır, S. Özçelik, "Sürücüsüz Araçlara Yönelik Tüketici Tutumları", Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 4(12), pp. 590-603, 2017.

Interactive Knowledge Base Integrated with the Interactive Voice Response for Call Centers

Mesut Tartuk[1*], Furkan Taha Nurdağ[1], Hakan Sinanoğlu[1], Hilal Tek[1]
Z. Sude Sarı[2], Mehmet Fatih Akay[2]

*mfakay@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0780-0679
[1]Comdata Teknoloji ve Müşteri Hizmetleri A.Ş., İstanbul, Türkiye
[2]Çukurova Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Abstract: The call center is defined as a department established to receive the requests of enterprises and institutions transmitted over the phone and forward them to the relevant units. Businesses and institutions create communication management systems by managing people, technology, and business processes through their call center departments. Call centers are always filled with the most up-to-date information from these companies. This information should always be delivered to customer service representatives in the fastest and most accurate way. The Knowledge Base project is designed to ensure that customer service representatives receive the most accurate and up-to-date information when customers call for assistance. There are four active role definitions in the system. These roles can be edited by the admin and new roles can be added as needed. The system proceeds in the form of; the information submitted by the company are entered into the system by the company representatives, and this information is requested for approval. After the information is approved, the day to share the information is selected and the customer service representatives are notified. If the customer service representative can get the most accurate information in the fastest way possible during the call, it saves a lot of time. By managing the information accurately and quickly, the best service is provided to customers. In this regard, programs supported by artificial intelligence study the conversation in question and make assumptions that solve the customer's problem, so that the customer's problem is solved in a very short time. In addition, this study provides less time spent on scheduled training for newly hired employees.

Keywords: *Knowledgebase, Library, Interactive Voice Response, Redirect*

I. INTRODUCTION

The first reason to call a call center is to obtain information. Obtaining information through personal efforts can sometimes take a long time. At this point, it is defined as a negative effect that customers wait on the phone for a long time. However, with help of artificial intelligence systems, it is possible to access all the necessary information in a few seconds.

The Knowledge Base project aims to ensure that customer service representatives receive the most accurate and up-to-date information when customers ask for help. At the same time, the solutions offered to customers who have been contacted in the past can be accessed through the developed system. In this way, the customer service representative can anticipate the customer's next question and provide a quick response to ensure customer satisfaction.

Keyword extraction according to the content and presenting prominent and meaningful keywords that match the content help to provide quick and easy access to queries. Considering the user's search and click behavior among the articles, provides the opportunity to act quickly by suggesting the appropriate article for their behavior.

This system will increase customer satisfaction and reduce the burden of customer service. Artificial intelligence helps in the process of solving the problems that arise during employee conversations with customers. In this context, programs supported by artificial intelligence study the conversation in question and make assumptions that solve the customer's problem, so that the customer's problem is solved in a very short time. In addition, less time is spent on scheduled training for newly hired employees.

This paper is structured as follows: Section 2 presents related literature in this field. Section 3 provides information about the application. Section 4 presents discussion. Section 5 concludes the paper.

II. LITERATURE REVIEW

In recent years, various studies have been conducted on the current and correct transmission of information in call centers. The goal of the call center is to provide relevant information to the customer accurately and quickly. [1] focused on the five main roles of knowledge (acquisition, use, adaptation, dissemination, and production) for correct information management. A case study approach was used with the dataset of the call centers of the two largest automobile manufacturers in Iran. The call centers of the participating companies were shown how they manage their organizational information, what was supported by the audit and what was not. [2] described the relationship between knowledge management and traditional measures of organizational performance, such as innovation in the marketplace, internal efficiency, and profitability. Some basic models for understanding how knowledge were embedded and distributed in organizations were explained. The effectiveness of Knowledge Management Capability (KMC) depends on whether an organization used information resources effectively or not. [3] examined the relationship between KMC, customer relationship management, and service quality. Customer service representatives should be able to access the items accurately and quickly they were looking for. It became possible to access articles quickly and easily with keywords. [4] found that the user had an idea of the content to be added and more appropriate keywords could be extracted if the keyword suggestions were based on the added content. [5] found that 19% of the keywords assigned by the author in the studies were not included in the article. For this reason, it was found that automatic data extraction, a subfield of data mining, was become increasingly important. This problem was solved with algorithms for automatic keyword extraction. [6] conducted studies to identify keywords on the data of an information system in that complaints, acknowledgments, opinions, and suggestions could be written about the institution used in a college and these messages could be answered by the corresponding institution. The dataset contained 3961 messages and was preprocessed using text mining techniques. Keywords were selected using statistical methods to detect important words in the texts obtained after preprocessing. [7] aimed to recommend articles that consider both keyword and content similarities by combining similarity, clustering, and keyword extraction. For this, articles with high similarity were suggested to users based on their search queries. [8] used daily query data from a commercial search engine to measure the difficulty children of different ages face on the internet and to characterize the topics they search for. They also established a relationship between the reading level of the pages clicked on and the characteristics of the users, such as age and educational level. [9] investigated deep learning methods for extracting keywords and keyword phrases. [10] developed a new approach for modeling user clicks that considered user search queries and document click behavior to determine user-perceived relevance. In general, user profile-specific recommender systems

were not useful for new researchers. For this reason, [11] presented a recommender system that only considers the content of the article entered by the user.

II. APPLICATIONS

A. *Roles and Permissions*

There are 4 active role definitions in the system. These roles can be edited by the admin and new roles can be added if needed.

- Agent: He/she can only access the user interface and see the active articles defined in the system. He/she can perform operations such as liking articles, adding questions, and viewing announcements.
- Customer: He/she can access the admin panel. When the approval mechanism is open in the system, the article can be approved or rejected. He/she can also answer questions added to the article.
- Editor: The editor has access to the admin panel. He/she has the authority to add articles, answer questions, and add announcements to the system.
- Admin: All operations that the above roles can perform can be performed by the user with admin privileges. He/she also has access to the "Settings" menu.

B. *Admin Panel*

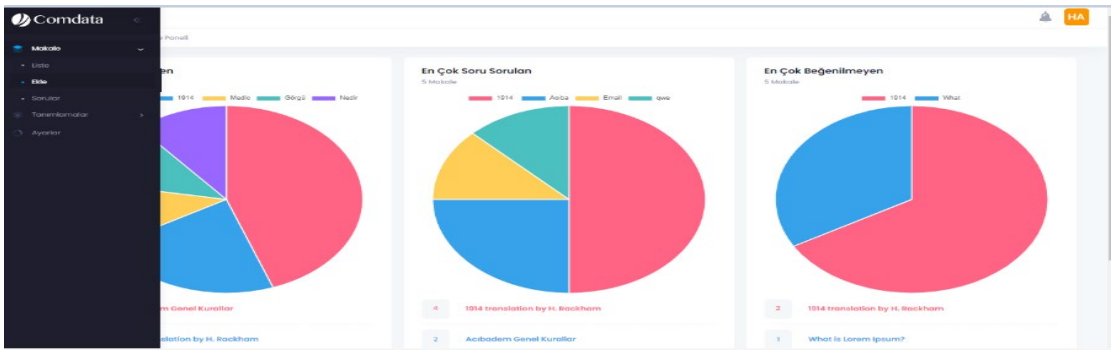


Fig. 1. Admin Panel

This is the page that users with Admin, Editor and Customer roles have access to. Reports for specific items are displayed. The example image of the Admin panel is shown in Fig. 1.

a. *Adding Article*

Articles are added in progressive form, as shown in Fig. 2.

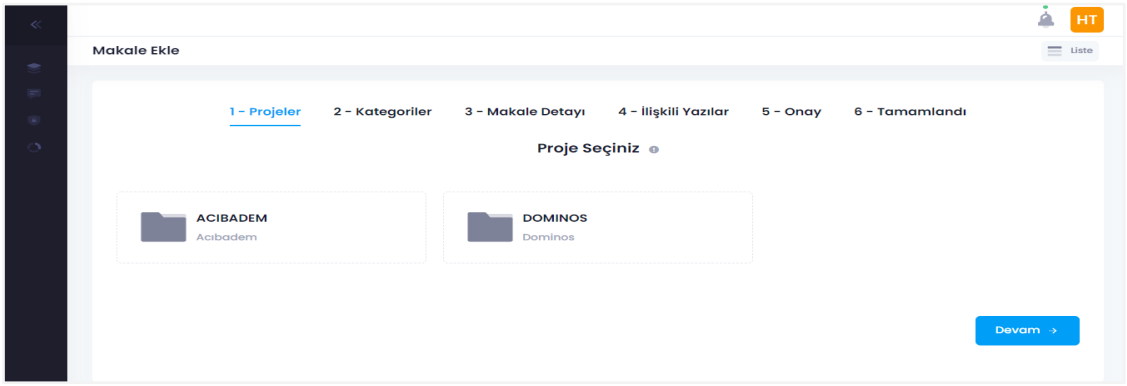


Fig. 2. Adding Article Page

An article is entered by selecting the category of the approved project to be written. When entering the article, the tag information is requested from the user which is used for searching and linking to other articles. Label suggestions are made according to the article entered here.

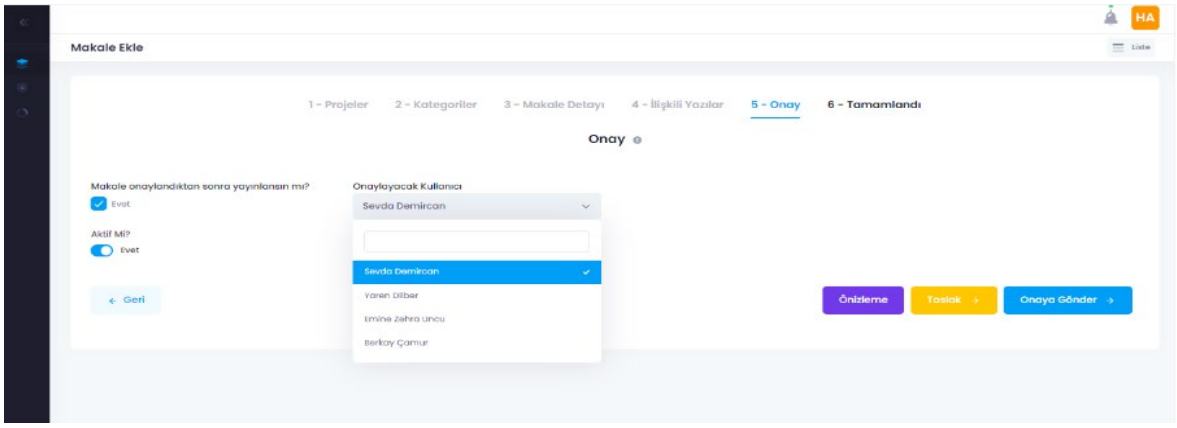


Fig. 3. Approval Mechanism for the Articles

If desired, the approval mechanism can be used when adding articles. The approval mechanism is based on the approval of the article by the other user with the customer role, if the user is in the admin or editor role and submits the article for approval. If the user with the customer role cannot act quickly, the approval process can also be done through the admin or editor role in the system settings to ensure quick progress of the event. The approval mechanism works on a project-by-project basis. If the "Approval Mechanism" option is enabled in the "Project Settings" section, the article will work with the approval mechanism. The sample image of adding an article process is shown in Fig. 3.

When the user with customer permission goes to the item details in the item list, he/she can perform the Approve - Reject operation on the page shown in Fig. 4.

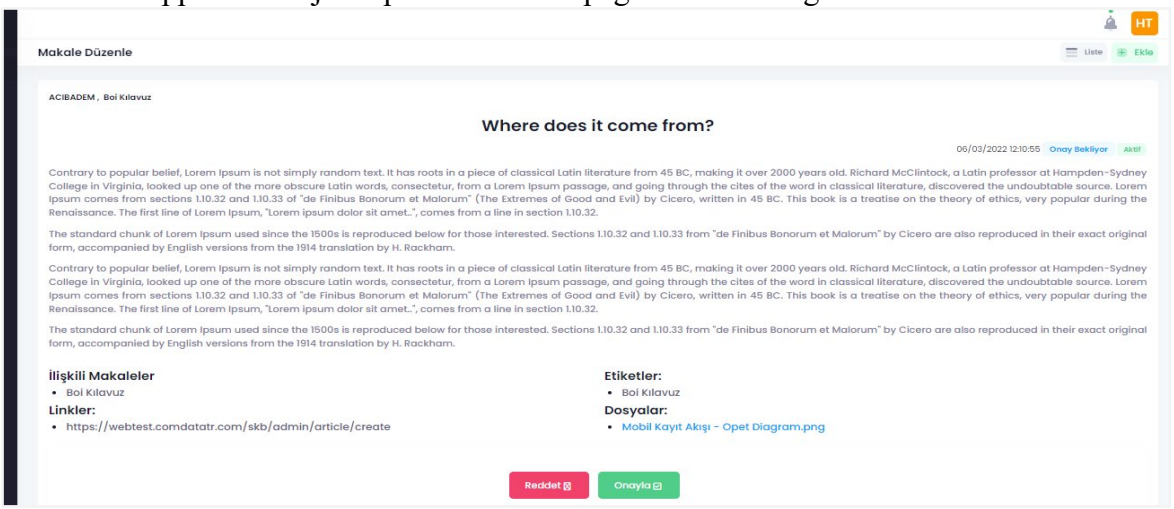


Fig. 4. Evaluating the Article

b. List of Articles

After the article is approved, the article will be listed in the article list. Filtering operations, editing, and viewing details can be performed according to the fields shown in Fig. 5.

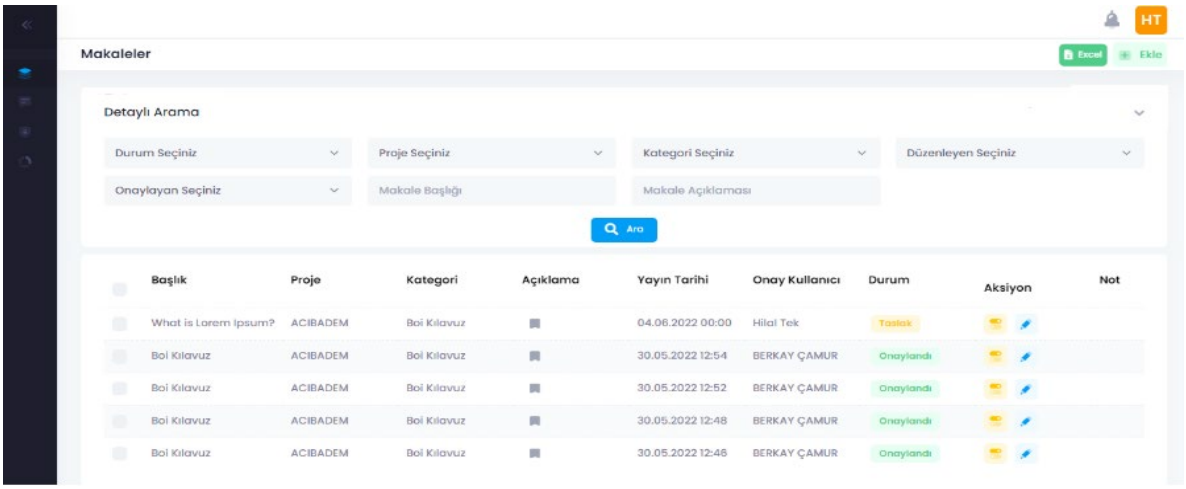


Fig. 5. List of Articles

c. Article - Question Module

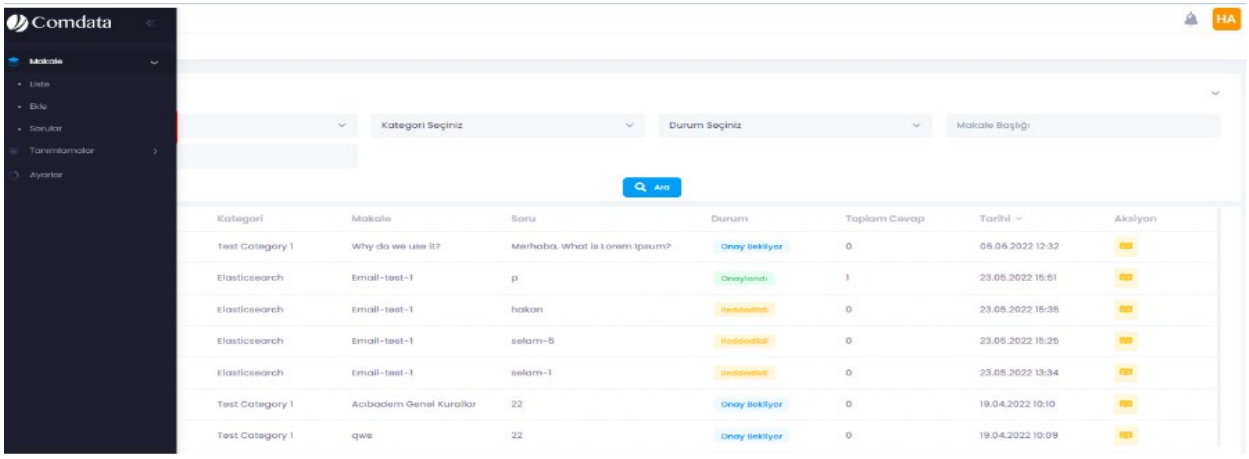


Fig. 6. List of Questions

The status of the questions can be tracked on the page. Filtering by the fields shown in Fig. 6 and editing can be done using the button in the action area of the table. In case of an incomprehensible point related to the added article, the user with the Agent role can send a question. The user with the Admin, Editor or Customer role can approve, answer, or reject the incoming questions as needed.

C. Admin Panel - Definitions

Users with admin privileges can see the definition menu. Projects, categories and announcements can be managed in this module. Roles and users can be edited in the "User Management" module under the same menu.

a. Announcement Module

Announcements can be shared on a project-by-project or company-wide basis. Filtering by the fields shown in Fig. 7 and editing and displaying the details is done using the buttons in the action area of the table.

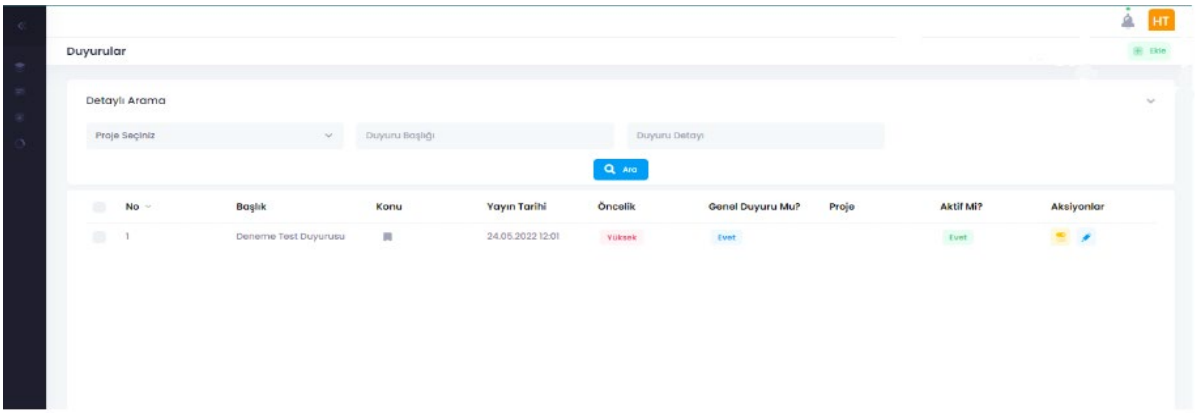


Fig. 7. List of Announcements

b. Project Definition

All projects defined in the system are listed in this field. In the project list shown in Fig. 8, filtering and editing can be done with the button in the action area of the table.

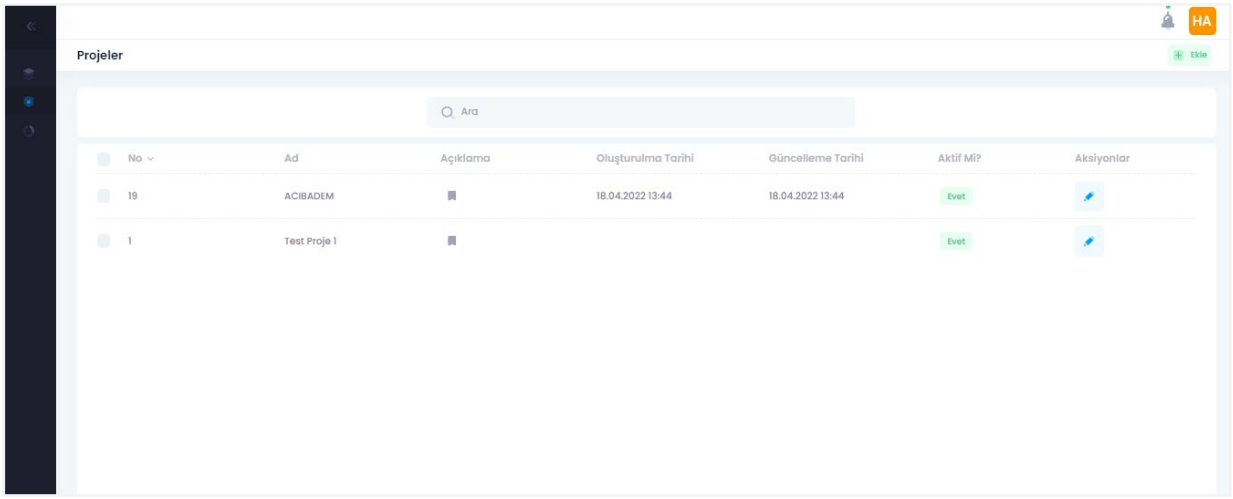


Fig. 8. Admin Panel - List of Projects

c. Category Definition

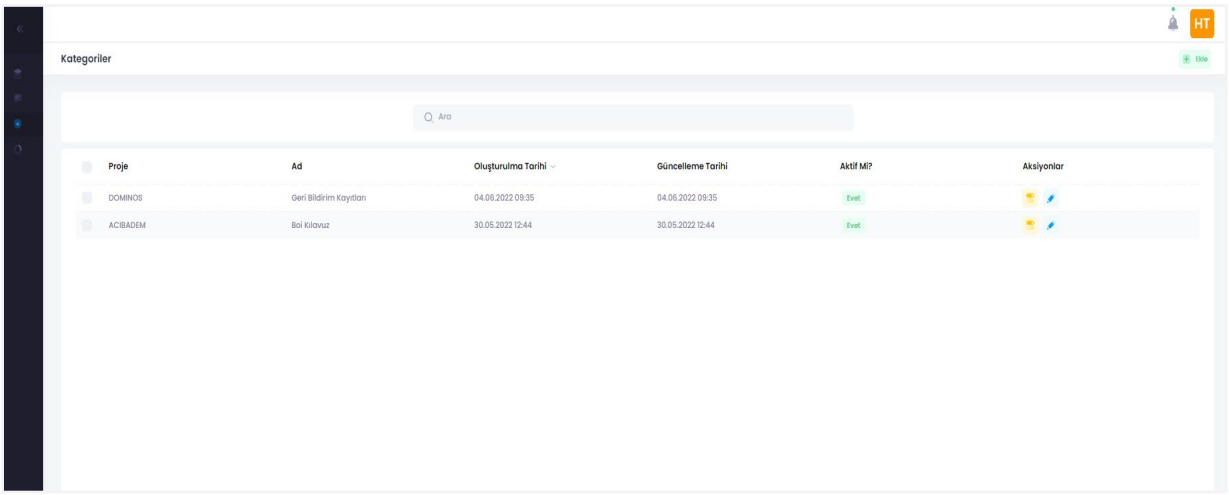


Fig. 9. Admin Panel - Category Page

All categories defined in the system are listed in this field. In the category list shown in Fig. 9, editing and viewing details can be done using the buttons in the table's action area. Since there may be subcategories, a category dependent on the category can be added to the detail page. An edit option is also available in this section.

d. User Management

The user management page lists all users logged into the system and automatically added by doing active directory integration. Filtering in the user list shown in Fig. 10 and editing can be done using the button in the action area of the table. The definition of role and authorization can also be done in this module.

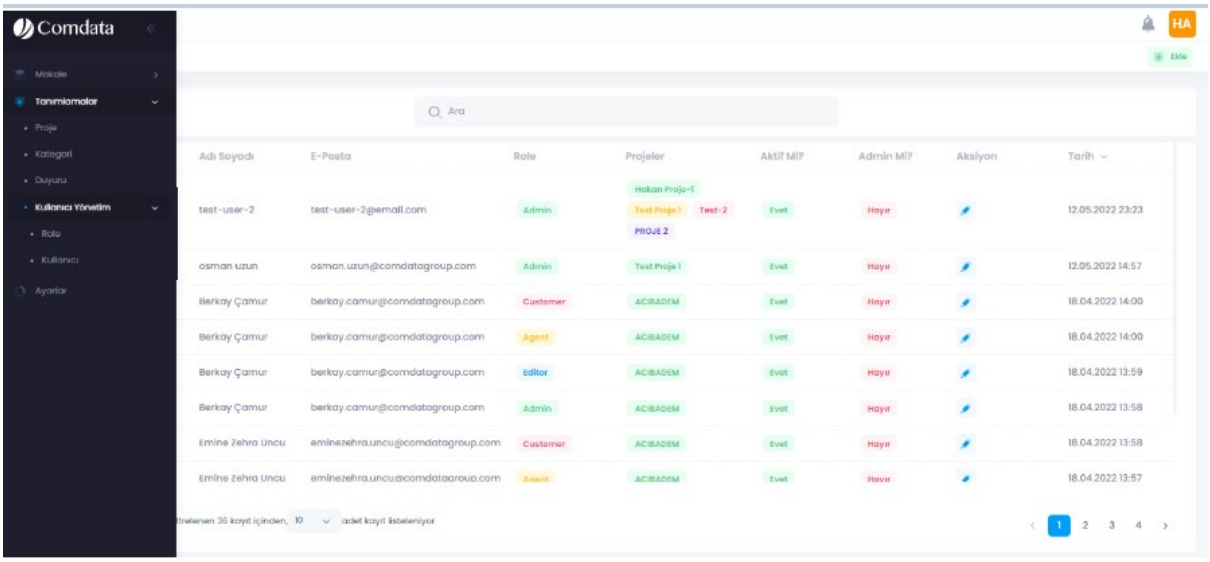


Fig. 10. Admin Panel - User Menu

i. Role Definition

This page defines which modules the user will have access to in the application. Filtering in the role list shown in Fig. 11 and editing can be done using the button in the action area of the table. There are 4 active role definitions (Agent-Customer-Editor-Admin) in the system. These roles can be edited by the admin and new roles can be added if needed.

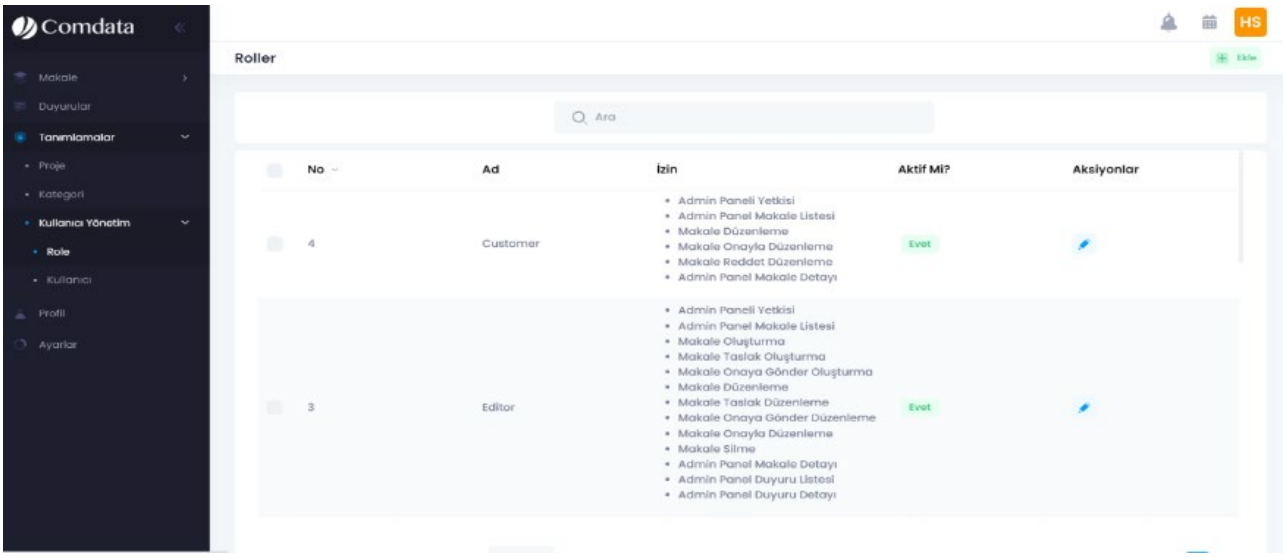


Fig. 11. Admin Panel - Role Pages

ii. User Page

All registered users in the application are listed on this page. Filtering of the user list shown in Fig. 12 and editing can be done using the button in the action area of the table.

Once the user is registered in the system, the user will be logged in automatically. By clicking the button in the action area, the user with the admin role must set the project and role for the newly added user. On the same page, admin authority can be given to the user.

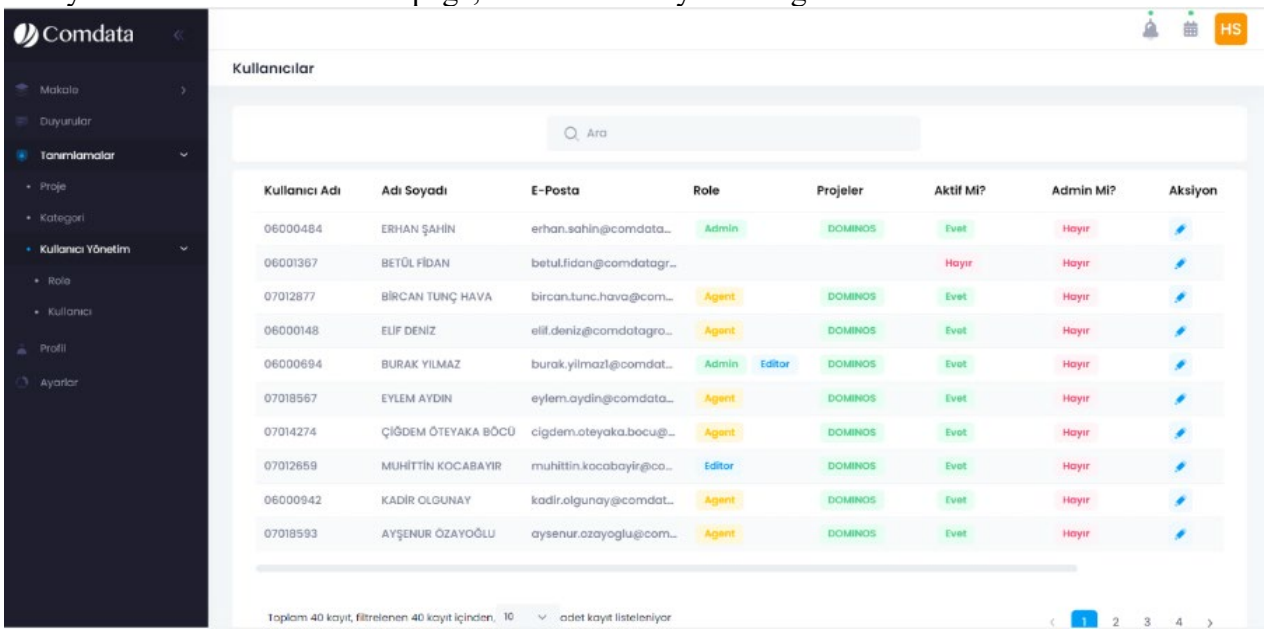


Fig. 12. Admin Panel - List of Users

D. User Panel

When the user logs into the application, the user encounters the screen shown in Fig. 13. The projects are listed on the left side of the screen. When the user clicks on a project, the categories defined in that project are listed. At the same time, when the project category is selected, the articles defined in that project category are displayed on the page.

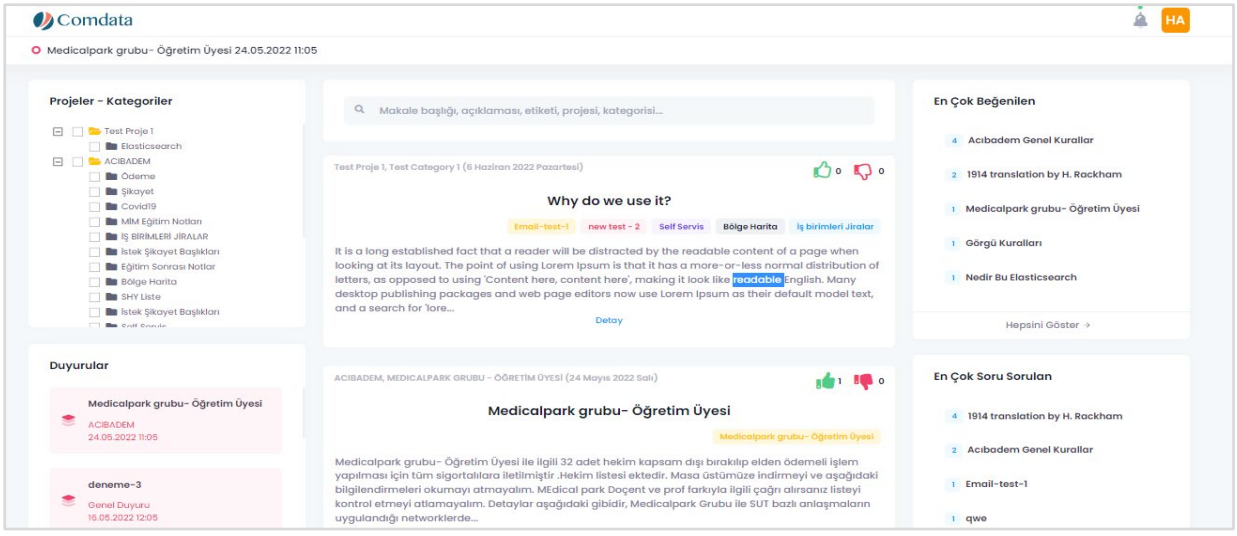


Fig. 13. Dashboard Screen for Users

The approved and published articles are listed in the middle of the page. With the search engine, it is possible to search by article title, content, tag, project - category name.

a. Details of the Articles

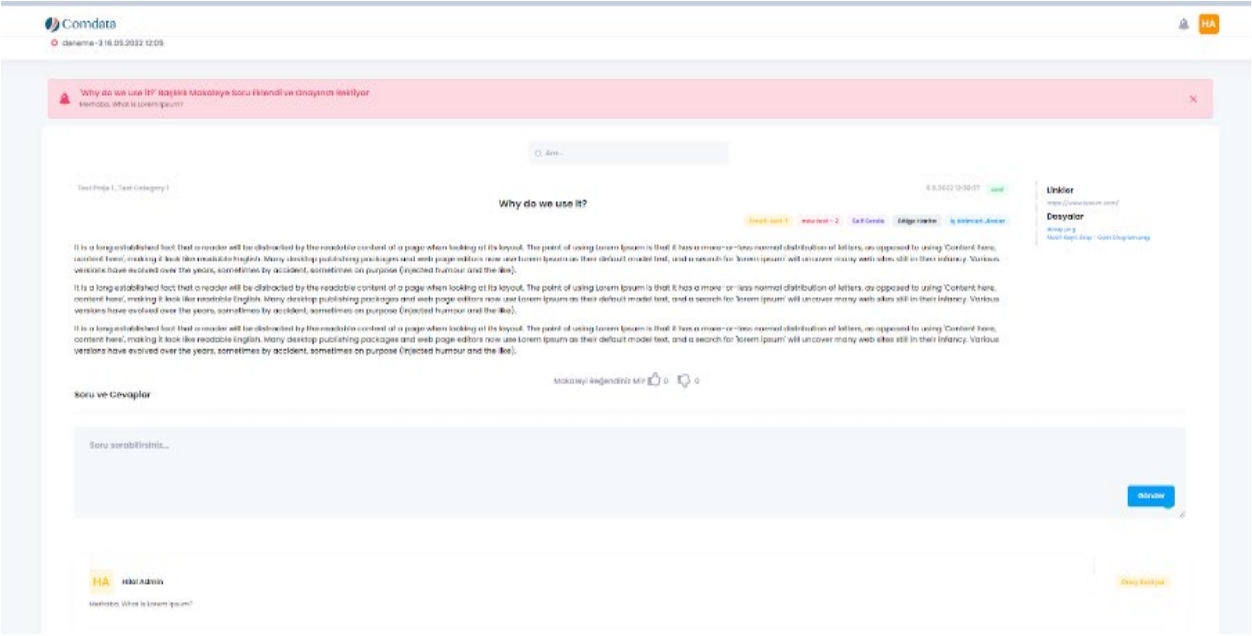


Fig. 14. User Panel - Article Details

The data entered when adding the article on the detail page is shown in Fig. 14.

The question below the article description, "Did you like the article?" is used to query whether the article is useful or not. Feedback on the article can only be given once.

On the same page, the user also has the option to ask a question about the article.

III. DISCUSSION

With this study;

- Best service is provided to customers by accurate and fast management of the information.
- Quick and easy access to articles is provided by suggesting appropriate keywords for the entered text content.
- Articles with high similarity are recommended based on the customer service representative search and click behavior.
- It is ensured that the customer service representative is aware of the subject by making predictions about the subject of the next call.
- During the call, it is ensured that the articles related to the customer's subject are suggested to the customer service representative and that action is taken quickly.
- Advanced technologies are used to search the application so that the most relevant articles are provided quickly.
- The onboarding process of newly hired employees will be easier and less costly.

IV. CONCLUSION

Call centers work at a fast pace with many employees. Every second spent on operations and teams working at this volume makes a significant difference when viewed on an annual basis.

The most important factor in determining the library application that one wants to develop is time management and a rapid response system. If the customer service representative can get the most accurate information in the fastest way possible during the call. It will save a lot of time for the whole operation and supports access to the right information.

REFERENCES

[1] P. Rasooli, "Knowledge management in call centres," 2006.
[2] M. Demarest, "Understanding knowledge management," Lng. Rg. Plan., vol. 30, pp. 374-384, 1997.
[3] S.M. Tseng, "Knowledge management capability, customer relationship management, and service quality," J. Ent. Info. Mgmt., 2016.
[4] A.S. Birdevrim, "Keyword extraction from scientific publications (Bilimsel yayınlardan anahtar kelime çıkarımı)," (Master's Thesis), 2018.
[5] S.A. Birdevrim, A. Boyacı, and D.A.S. Al Thani, "Improved automatic keyword extraction brake (İyileştirilmiş otomatik anahtar kelime çıkarımı brake)," İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler J., vol. 1, pp. 11-19, 2018.
[6] O. Yıldız, "Keyword selection in text mining, a university example (Metin madenciliğinde anahtar kelime seçimi, bir üniversite örneği)," Yönetim Bilişim Sistemleri J., vol. 2, pp. 29-50, 2017.
[7] E. Gündoğan, and M. Kaya, "Article recommendation system based on topic similarity (Konu benzerliğine dayalı makale tavsiye sistemi)," 5th Int. Artif. Intell. and Data Proc. Sym., Computer Science, pp. 175-183, 2021.
[8] S. Duarte Torres, I. Weber, and D. Hiemstra, "Analysis of search and browsing behaviour of young users on the web," ACM Txn. the Web (TWEB), vol. 8, pp. 1-54, 2014.
[9] Ö. Ünlü, and A. Çetin, "A Survey on Keyword and Key Phrase Extraction with Deep Learning," in 2019 3rd Int. Sym. Multidiscip. St. and Innov. Tech. (ISMSIT), IEEE, pp. 1-6, October 2019.
[10] Y. Zhang, W. Chen, D. Wang, and Q. Yang, "User-click modelling for understanding and predicting search-behaviour," in Proc. the 17th ACM SIGKDD Int. Conf. Knwl. Discov. and Data Min., pp. 1388-1396, August 2011.
[11] E. Gündoğan, and M. Kaya, "A content-based approach to scholarly journal recommendation (Bilimsel dergi tavsiyesi için içerik tabanlı bir yaklaşım)," 5th Int. Artif. Intell. and Data Proc. Sym., Computer Science, pp. 41-47, 2021.

Use of Air Bubble Barrier for Oil Containment: A Literature Review

Canberk HAZAR[1], Ali Cemal TOZ[2]

*canberk.hazar@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6138-4181
[1]*Department of marine engineering, Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey*
[2]*Department of marine transportation engineering, Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey*

Abstract: It is well known that tackling oil pollution in coastal waters arouses great public interest. This has prompted ongoing efforts to enhance methods for reducing oil contamination. Conventional oil barriers are frequently used as part of the chosen pollution reduction technique to confine floating oil. In the event of an oil spill into the sea, a rapid and effective response to pollution is of vital importance for environmental safety. The effectiveness of the conventional barriers used today in the response to oil pollution at sea is very low. Air bubble barrier has been developed to eliminate the inefficiency of conventional oil containment barriers and used as a new type of oil containment barrier. Air bubble barriers are created by the release of air bubbles underwater; air bubbles rise to the surface, forming a bubble cloud. This plume creates an upward flow by dragging water with it. A surface current is created when the water's upward flow changes direction as it approaches the surface. As a result, convection-dominated oil spills can be avoided, and spilled oil is anticipated to be contained in a specific area. In this study, studies on air bubble barriers have been compiled based on features such as purpose/main topic, analysis type, dimension of numerical analysis, size of the experimental setup and numerical model, aperture size, aperture separation interval, pipes submerged depth and pipe arrangement. It has been found that the air bubble barrier is mainly investigated for oil spill situations and wave dissipating performance. Additionally, we might infer that an experimental setup is required to assess how well the air bubble barrier controls the oil pollution spread. However, it may be said that only numerical simulation is enough to determine how well the wave dissipating performance of the air bubble barrier.

Keywords: *Oil Spill, Conventional Barrier, Air Bubble Barrier, Numerical Simulation*

I. INTRODUCTION

The air bubble barrier was first used by Brasher in 1907 as a type of mobile breakwater. Many experts and scientists have conducted experimental and analytical studies to test the use of the air bubble barrier for various purposes [1]. The air bubble barrier was first studied as a type of breakwater. By the 1960s, it was researched for its use at the confluence of rivers and seas to prevent saltwater and freshwater mixing. It has also been investigated for use in winter to keep harbors free of ice and to prevent sediment accumulation in critical areas. After the 1970s, it began to be investigated as an oil containment barrier, and the effectiveness of the air bubble barrier in retaining oil spills was investigated. In later years, its effectiveness in protecting ports from oil spills was investigated [2].

Pneumatic oil barrier or air bubble barrier is a system used for waters or port facilities. It creates a barrier to anything floating in the water, especially retaining floating oil, oil, and shipwreck. In this system, permanently installed hoses or pipes with special nozzle openings are connected to the seafloor. The compressed air produced in the compressed air system is pushed into the nozzle pipe. The air coming out of the nozzle produces a vertical stream that transforms the water surface into two horizontal streams of water as seen in Fig. 1. These horizontal currents

trap floating oil and other returned matter [3]. Typically, air barriers are installed entirely underwater. The oil barrier employing an air barrier is, therefore, less impacted by environmental wind and wave conditions and generally has no impact on navigation during operations compared to conventional oil barriers built on the sea surface [4].

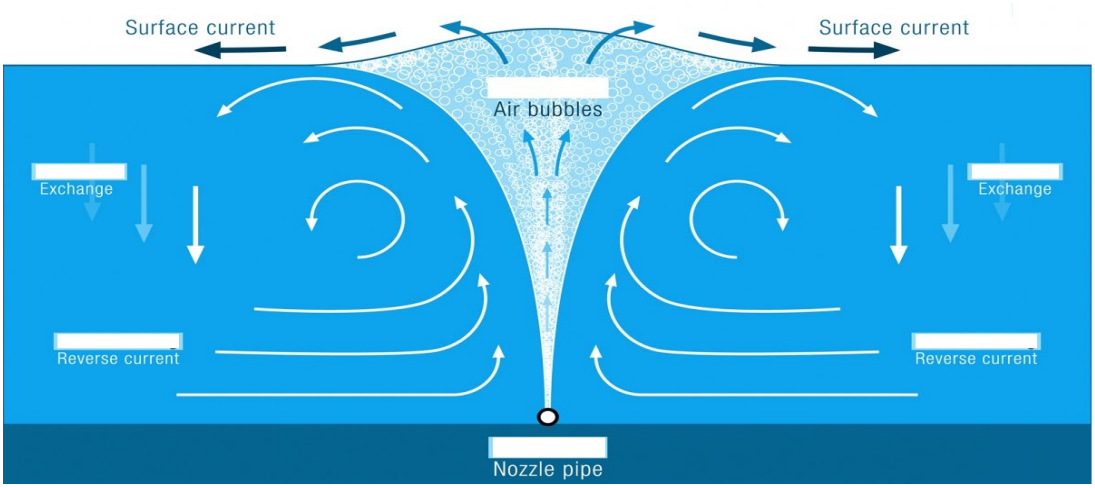


Fig. 1. Flow diagram of a pneumatic bubble barrier [3]

Fig. 2 depicts two different failure scenarios for the air-bubble barrier that controls the movement of an oil slick [5]. When the air discharge is insufficient to stop the oil layer's advective current velocity at the water's surface, counter-current failure happens. When the air discharge rate is increased to enhance the counter current at the surface, droplet shedding failure may happen. Oil droplets from the slick are entrained as a result of the higher circulation velocity and pass through the air-bubble barrier below the surface. Delvigne (1984) discovered that despite the oil's surface not moving downstream of air-bubble barriers, submerged oil droplets can travel through them.

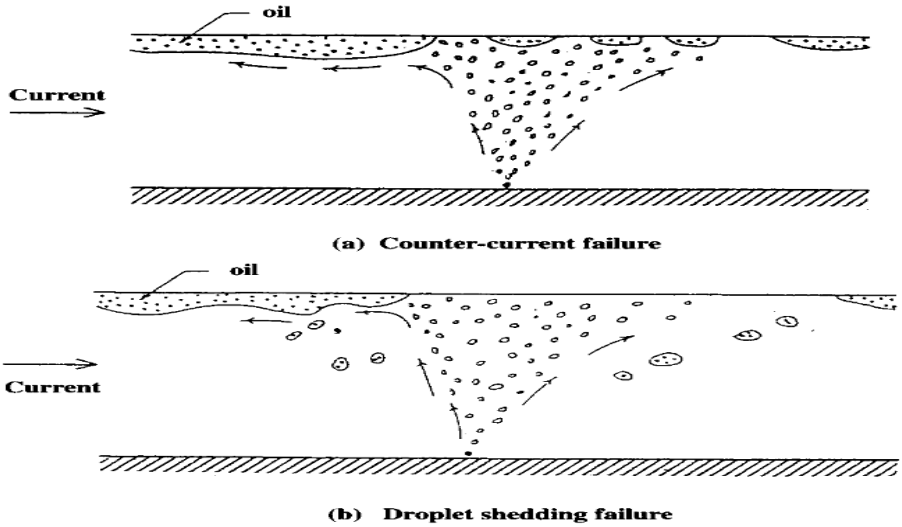


Fig. 2. Failure of air bubble barriers in preventing oil-slick movement [5]

This paper presents a literature review that helps researchers and engineers to identify, evaluate, and interpret the most relevant research publications on air bubble barriers. More specifically, it aims to determine for what purposes the air bubble barrier can be used and how to design the air bubble barrier. It also helps readers understand how to apply numerical analysis to the air bubble barrier.

The rest of this paper is organized as follows. In Section 2, a background and literature review are given. Section 3 describes the research methodology used for the literature review. In Section 4, the results obtained from the studies on the air bubble barrier are briefly summarized. Finally, conclusions are drawn in Section 5.

II. BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW

The first large-scale experiments with the air bubble barrier in homogeneous water were made by Bulson (1961). He found the relationship between the added airflow (q) and the surface velocity (v) created by the bubble, expressed in equation 1:

$$v = k.\left[\frac{gq}{1+D/H_0}\right]^{1/3} \quad (1)$$

Where, q is the volume flow of air added per meter of pipe, g is the acceleration of gravity, k is the proportionality coefficient, D is the depth of the air pipe, and H_0 is the water height equivalent to atmospheric pressure. Bulson's experiments gave a k-value of 1.46 when the surface velocity was measured at a distance from the air pipe equal to the depth (D) of the pipe [6].

Results from laboratory experiments and general pneumatics understanding show that the construction of an air bubble barrier is based on some basic principles. These principles are given below in order [7].

1) The total area of the holes must be less than the cross-sectional area of the pipes to obtain excessive pressure in the air pipes.

2) To allow the individual bubble plumes to coalesce before rising to the surface, the distance between the holes should be less than 0.1 D, where D is the pipe depth.

Eidnes et al. (2013) [7] measured and evaluated the potential of large bubble barriers as a precaution in the event of oil pollution. Field testing has shown that the barrier can retain an oil spill even in strong currents. One of the results from these experiments is that a distributed bubble source is more effective at holding a floating oil slick than a single line source. Lu et al (2015) [4] present systematic research on the reliability of air barriers in oil containment, using both laboratory experiments and numerical simulations. The aperture size, the aperture separation interval, the pipe submerged depth, pipes arrangement, and the air mass flow rate has been shown to play important roles in the effectiveness of the air bubble barrier. McClimans et al (2013) [8] reviewed the oil barrier failure mechanisms as well as the principles governing air bubble barrier dynamics and kinematics for both bubble curtains and bubble rafts. They found that the oil containment rate of the dual pipe air bubble barrier was significantly higher than that predicted for the single pipe bubble barrier with increasing air mass flow rate. The performance of the air bubble barrier also turned out to be better for emulsions with higher viscosity (slower diffusion velocity) than for pure petroleum. Lo (1997) [2] carried out his laboratory work on the protection of water inlets and ports against oil spills in various current, wind, and wave conditions at the Hydraulics Laboratory of the Kuwait Scientific Research Institute Hydraulics and Coastal Engineering Department. He found that the air bubble barrier could not completely block the movement of the oil slick to the water inlets and port entrances when the current velocity is greater than 0.06 m/s. He said the results mean that the use of an air bubble barrier alone cannot completely contain an oil slick. Basco (1971) [9] presented key laboratory results for Phase One of the US Coast Guard Oil Spill Containment Program for the unique application of a pneumatic system to contain oil. He got that the velocity created by the bubbles decreases approximately linearly with water depth and is maximum at the surface. He found that the maximum surface current produced was proportional to the airflow velocity at

one-third power. For protected areas with low (below 1.0 knots) currents, he recommended the use of a pneumatic barrier to prevent oil spills into the water.

Xu et al. (2019) [10] made numerical simulations to analyze the hydrodynamic performance of the pneumatic breakwater. The results showed that the airflow rate, wave period, and wave height have significant effects on the wave dissipating capacity of the pneumatic breakwater. Zang and Bai (2012) [1] presented a numerical simulation of the bubble breakwater. As a result, airflow rate and incident wave periods are found to be essential elements for wave damping in the bubble breakwater system. When the amount of air is large and the incoming wave period is short, the effects of wave damping were seen to be more effective, and it was found that low-frequency waves could not be effectively damped by the bubble breakwater. Zang (2013) [11] presented the numerical simulation of the air bubble breakwater and obtained the effect of submerged pipe depth on the wave dissipating performance of the air bubble breakwater. As a result, it was found that the larger the submerged pipe depth D, the better the wave dissipating performance of the bubble breakwater. Zang (2014) [12] presented a numerical simulation of a dual pipe air bubble breakwater and obtained its effect on wave dissipating performance. As a result, it was found that the wave dissipating performance of the dual pipe air bubble breakwater cannot be improved compared to the single pipe air bubble breakwater, especially when the spacing of the dual air discharge pipes is large if the total amount of air is equal. He said that it would be a good choice to use a single air discharge pipe structure instead of a dual air discharge pipe structure.

In spite of those experimental and numerical research done in past years, owing to the complexity of the interactions between air bubbles and water, the air bubble barrier remains a topic of study and practical application data are very much in demand [13].

III. METHODOLOGY

We chose to conduct the search within the title, abstract, and keywords in ScienceDirect and Google Scholar since a full-text search would produce a significant number of unrelated studies that merely mention one of the terms (e.g., air bubble barrier, air barrier, air bubble, bubble curtain, oil containment barrier, air bubble breakwater, pneumatic breakwater) without being a central aspect of the studies. We decided to perform the search within the title, abstract, and keywords in ScienceDirect and Google Scholar. We verified our search string by manually identifying a set of relevant publications and confirming that the search returned these publications as part of the result set in either one of the two chosen bibliographic sources.

We searched for this set of keyword combinations in the title, abstract, and keywords of articles and conference papers belonging to the ScienceDirect and Google Scholar databases. The initial search resulted in 40 publications. We narrowed them to 13 based on the scope of the article. We excluded publications not written in English and publications not related to the use of the air bubble barrier in the marine sector. In some studies, the characteristics of the study were not given clearly, so these studies were excluded from the study.

The characteristics of the articles such as aim/main topic, analysis type (experimental, numerical, or both), dimension of numerical analysis (2D, 3D, or both), size of experimental setup or numerical model (LxWxD (m)), aperture size (mm), aperture separation interval (cm), pipes submerged depth (m), and pipe arrangement (single or dual) are listed. The characteristics of the articles are given in Table 1.

Table 1. Studies on air bubble barrier

Article citation	Aim/main topic	Analysis type	Dimension of numerical analysis	Size (LxWxD) (m)	Aperture size (mm)	Aperture separation interval (cm)	Pipes submerged depth (m)	Pipe arrangement
Eidness et al. (2013)	Oil spill situation	Experimental (Bubble raft)	3D	12x1.5x2.4 m	1.5	10	1-2.4	Five pipes
Lu et al. (2015)	Oil spill situation	Experimental and numerical	3D	2x1x1	1-1.5-2	1-1.5-2	0.3-0.4-0.5	Single-Dual
Lo (1997)	Oil spill situation	Experimental	3D	50x0.6x1.2	1.5	2	1.2	Single
Fujita (2016) [14]	Oil spill situation	Experimental and numerical	2D-3D	30x6x2.5	-	-	0.9-1-1.13-1.5-1.93-2-2.3	Single
Wang et al. (2019) [15]	Wave damping effect	Experimental and numerical	2D	25x1x1.2	1	1.5	0.4-0.45-0.5	Single
Xu et al. (2019)	Wave dissipating performance	Numerical	2D	20x-x0.5	-	-	0.3	Single-Dual
Zhang, Wang, Wang and Yu (2010)	Wave dissipating performance	Experimental and numerical	2D	69x-x2	0.8	0.0001	1.8	Single-Dual
Zhang (2014)	Wave dissipating performance	Numerical	2D	330x-x15	-	-	12	Dual
Zhang (2013)	Wave dissipating performance	Numerical	2D	330x-x15	-	-	6-8-12	Single
Zhang and Bai (2012)	Wave dissipating performance	Numerical	2D	330x-x15	-	-	12	Single
Grace and Sowyrda (1970) [16]	Oil spill situation	Experimental	3D	18.28x4.57x4.57	1-1.5-2	-	1.52-3.05-4.26	Multi
Yin, Wang and Jia (2020) [17]	Wave attenuation performance	Experimental and numerical	2D	30x1x1.2	1	1	0.4	Single
Paprota (2014) [18]	Wave damping performance	Experimental and numerical	2D	64x0.6x0.4	-	-	0.2-0.3-0.4	Single

IV.RESULTS AND DISCUSSION

The air bubble barrier has so far been used to wave dissipation, prevent the mixing of saltwater and freshwater at the confluence of rivers and seas, keep ports ice-free, prevent sediment build-up in critical areas, and prevent oil pollution spread. Although the air bubble barrier has been investigated for a wide variety of purposes so far, it has been mainly studied

for purpose of wave dissipation and prevention of oil pollution spread, as can be seen from Table 1.

The assessment of the reliability of the air bubble (pneumatic) barrier has been largely based on numerical studies on its effects on the flow field surrounding the air bubble barrier. As can be seen in Table 1, studies evaluating the reliability of the air bubble (pneumatic) barrier on oil containment are found to be largely based on experimental studies. However, it is found that the studies evaluating the reliability of the air bubble (pneumatic) barrier in wave dissipating performance were mostly based on numerical studies.

From this, we can deduce that an experimental setup is needed to evaluate the performance of the air bubble barrier in preventing the spread of oil pollution. However, it can be said that only numerical analysis is sufficient to evaluate the wave dissipating performance of the air bubble barrier. At the same time, it was considered sufficient to work in 2 dimensions in numerical analysis, and 3D analysis was not required. From this, we can conclude that 2D analyzes are sufficient to obtain accurate results.

When we look at the sizes of the experimental setup in the studies or the sizes of the numerical model in the numerical analysis as length x width x depth (LxWxD), it is understood that there is no correlation between them. When we look at the air aperture size in the studies, generally 1-, 1.5-, and 2-mm dimensions are encountered. When we look at the aperture separation intervals in the studies, it is seen that the design rule "The distance between the holes should be less than 0.1 Depth to allow the individual bubble hairs to coalesce before coming to the surface" is complied. In addition, we should note that there are no air aperture size and aperture separation intervals in 2-dimensional studies.

In addition, it is understood that a parametric analysis is made by changing the pipes submerged depth in most of the studies. When we look at the pipe arrangement in the studies, it is seen that the single pipe arrangement is generally studied. It is understood that conflicting results have been obtained on the effect of the air bubble barrier on the effectiveness of the articles in which the single and double pipe arrangement has been studied.

V.CONCLUSION

It is well known that tackling oil pollution in coastal waters arouses great public interest. This has led to continued efforts to improve oil pollution reduction strategies. The preferred pollution reduction strategy often uses conventional oil barriers to contain floating oil. A different approach to controlling oil pollution, namely the pneumatic barrier, is a method of controlling oil spills. It is also called bubble curtain and air curtain. In this article, we thoroughly reviewed 13 research articles and tried to determine what features stand out in air bubble barrier studies, whether there are common features between studies, and what common features, if any, stand out. The characteristics of the articles such as aim/main topic, analysis type (experimental, numerical, or both), dimension of numerical analysis (2D, 3D, or both), size of experimental setup or numerical model (LxWxD (m)), aperture size (mm), aperture separation interval (cm), pipes submerged depth (m), and pipe arrangement (single or dual) are examined. Our study makes the following contributions that can help scholars.

- It is understood that air bubble barriers are generally carried out for the purpose of preventing the spread of oil pollution and dissipating the wave although it has been studied for many different purposes.
- It is seen that 2-dimensional analysis is preferred especially in studies where only numerical analysis is performed.
- It has not been determined from the studies that there is any correlation between the dimensions of the experimental setup or the dimensions of the numerical model.

- It is understood that conflicting results have been obtained on the effect of the air bubble barrier on the effectiveness of the articles in which the single and double pipe arrangement has been studied.

We hope that our results and suggestions will contribute to further progress in the area and reveal other scholars to work to fill the gaps identified. This study ensures attractive investigation roads for scholars or practitioners who want to discover the air bubble barrier. Overall, we believe that our study provides an incentive for researchers and practitioners to further investigate the air bubble barrier.

REFERENCES

[1] Zang, C., and Bai, L. (2012). Numerical simulation study on the air amount scale of air bubbles breakwater. Applied Mechanics and Materials, 170-173, 2298-2302.

[2] Lo, J. M. (1997). The effect of air-bubble barriers in containing oil-slick movement. Ocean Engineering, 24 (7), 645- 663.

[3] Hydrotechnik Lübeck (2020). Oil weir-pneumatic oil barrier. Access: 26.07.2022, http://www.hydrotechnik-luebeck.de/en/oil-weir/pneumatic-oil-barrier/.

[4] Lu, J., Xu, Z., Xu, S., Xie, S.,Wu, H., Yang, Z. and Liu, X. (2015). Experimental and numerical investigations on reliability of air barrier on oil containment in flowing water. Marine Pollution Bulletin, 95, 200-206.

[5] Delvigne, D. A. L. (1984). Laboratory experiments on oil spill protection of a water intake. Delft Hydraulics Laboratory, Publication No. 328, Delft, Netherlands.

[6] Bulson, P.S. (1961). Current produced by an air curtain in deep water. The Dock and Harbour Authority, Vol 42, pp 15-22.

[7] Eidnes, G., Leirvik, F., McClimans, T.A., Gjosund, S.H. and Grimaldo, E. (2013). Containing oil spills by use of air bubbles. The International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE).

[8] McClimans, T., Leifer, I., Gjosund, S.H., Grimaldo, E., Daling, P. and Leirvik, F. (2013). Pneumatic oil barriers: The promise of area bubble plumes. Engineering for The Maritime Environment. 227, 22-38.

[9] Basco, D. R. (1971). Pneumatic barriers for oil containment under wind, wave, and current conditions. International Oil Spill Conference Proceedings, 381–391.

[10] Xu, T. J., Wang, X. R., Guo, W. J., Dong, G. H., and Bi, C. W. (2019). Numerical simulation of the hydrodynamic behavior of a pneumatic breakwater. *Ocean Engineering,* 180, 108-118.

[11] Zang, C. (2013). Numerical simulation study on the submerged pipe depth of air bubbles breakwater. Applied Mechanics and Materials, 353-356, 2732-2735.

[12] Zang, C. (2014). Numerical simulation on the wave dissipating performance of air bubbles breakwater with double air discharged pipes. Applied Mechanics and Materials, 501-504, 2112-2115.

[13] Zhang, C., Wang, Y., and Yu, L. (2010). Wave dissipating performance of air bubble breakwaters with different layouts. Journal of Hydrodynamics, 22(5), 671-680.

[14] Fujita, I. (2016). Bubble curtain for blocking spilled oil on water surface. 2016 Techno-Ocean, pp. 354-359.

[15] Wang, Y., Yin, Z., Liu, Y., Yu, N., and Zou, W. (2019). Numerical investigation on combined wave damping effect of pneumatic breakwater and submerged breakwater. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 11, 314-328.

[16] Grace, J., and Sowyrda, A. (1970). The development and evaluation of a pneumatic barrier for restraining surface oils in a river. Journal (Water Pollution Control Federation), 42(12), 2074-2093.

[17] Yin, Z., Wang, Y., and Jia, Q. (2020). Hydrodynamic characteristics of a pneumatic breakwater with combined wave-current actions: A numerical investigation. Journal of Coastal Research, 36(1), 196-203.
[18] Paprota, M. (2014). PIV measurements of air bubble breakwater kinematics. 3rd IAHR Europe Congress, Book of Proceedings, 978-989.

Determination of Navigation Speeds in a Planing Hull Model Using the Optimum Power Calculation: A Case Study for a Training Boat

Burak GÖKSU[*,1], Onur YÜKSEL[1], Murat BAYRAKTAR[1]

[*]burakgoksu@beun.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6152-0208
[1] *Zonguldak Bülent Ecevit University, Maritime Faculty, Zonguldak, Turkey*

Abstract: The determination of the optimal operational profile of a ship through the modification of its sailing speed may lead to significant savings in the effort to maximize the exploitation of energy resources by commercial ships. The method proposes with the use of Speed–Power curves, which are commonly employed in Naval Architecture, by employing a multiple linear regression model that makes use of the navigation data that is typically available on modern ships. This procedure can be used to warn a shipping company's technical management against excessive fuel consumption and to measure the reduction in fuel consumption associated with any particular policy adopted to improve energy efficiency, or it can be used on a "training boat" as in this study.
The objective of this study is to develop a "training boat" model with a total passenger capacity of 12. It is undergoing research to become one of the examples of boats powered by an electric motor, which is one of the most contentious topics of the present day. In determining the capacity of the engine and battery pack, it is necessary to define the effective service speeds of this vessel in order to achieve energy efficiency. The effect of the water flow regime on the hull's resistance is revealed in the study using experimentally determined formulas in the literature.

Keywords: *Planing hull, Ship resistance, Savitsky method, Wyman method*

I. INTRODUCTION

THE ability to ship large quantities of goods between continents cost-effectively has made maritime transport an integral part of international commercial transport from the beginning [1]. However, the need to optimize energy efficiency is emphasized, especially with regards to minimizing fuel consumption, because of fuel price fluctuations, taxes and fees spent on the installation of new machinery equipment required to comply with new regulations on pollutants and greenhouse gas emissions from ships [2].

According to the International Maritime Organization (IMO), for 2007, ships emitted approximately 1046 million metric tons of carbon dioxide (CO_2), accounting for about 3.3% of global emissions [3]. The tripling of global trade is expected to increase shipping emissions by 50-250 percent by 2050 if no action is taken [4]. A number of contemporary research activities are focused on estimating global marine emissions and developing mitigation strategies to address the problem, as there is a strong demand for ships to reduce emissions [3], [5], [6]. Moreover, rising and volatile fuel prices are a significant problem for shipping companies, as fuel accounts for sixty percent of ship operating expenses [7].
In 2011, the Marine Environment Protection Committee (MEPC) of the IMO adopted as a new chapter the amendments to Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) (Chapter 4) [8]. On January 1, 2013, the Energy Efficiency

Design Index (EEDI) for new ships and the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) for all ships became mandated [9]. While EEDI facilitates the technical measures by design to meet carbon emission limits for new ships, SEEMP aims to increase energy efficiency via operational practices developed utilizing existing ship technologies, crew awareness, and energy efficiency training [4]. As a result, shipping companies are adopting energy-efficient procedures to reduce energy consumption and maintain their competitive position on the market while mitigating negative environmental impacts [10]. Reducing the closed volume and weight that is lost due to the section assigned to the energy source required by the propulsion system is a further reason for attempting to improve the energy efficiency of ships [11]. Due to the change in hull form, minimizing propulsion is currently one of the most important research topics in ship structural design [12]. In addition, researchers are concentrating on the development of more efficient propeller designs [13]. Increasing the thermal efficiency of propulsion machines is a common effort to improve propulsion efficiency [14]. Nonetheless, a variety of operational measures exist to address the problem. Alternative methods include applications that optimize ship speed by factoring in navigational weather conditions [15]. In addition, the navigation route plan alteration can be used to reduce the amount of energy required by the propulsion system [16].

The vast majority of motorboats are currently equipped with conventional propulsion systems based on an internal combustion engine [17]; however, research into sustainable transportation has revealed new ways to conceive of on-board propulsion and power systems. On the one hand, electric propulsion is the optimal method for reducing exhaust emissions, vibrations, and noises [11]; on the other hand, autonomy and speed/acceleration values (referred to as performance) decrease, while the price increases [13]. Modern energy storage technologies cannot provide the same performance as traditional solutions for "all-electric" boats in terms of high values of speed, acceleration, and autonomy due to weight and space constraints [11]. So, electric propulsion is described the new frontier in ship technology research for the future. Various hybrid configurations necessitate component sizing criteria and related control methods that are optimized to maximize various objective functions, including on-board weight and space reduction, fuel economy, pollution reduction, and optimized efficiencies [14], [17].

The size of the propulsion system, which is influenced by the type of ship (length, width, hull profile, etc.), the cargo to be transported (passenger ship, pleasure craft, etc.), the navigational environment (canal, lake, water park, sea, etc.), and the reference load cycle (frequency and magnitude of accelerations, stopping time, distances to be covered, etc.), has a substantial effect on the power flow optimization, control, and management strategy [1].

In addition to the widely acknowledged advantages of electric boats in terms of reducing the environmental impact of maritime transport, increasing energy efficiency, and reducing noise, the desired mobility limit of marine vehicles is still constrained by the availability of charging stations and battery capacity. Although selecting battery capacity according to the ship's navigation plan is required, the current state of the charging infrastructure necessitates public and private sector investments [18]. For these reasons, electric boats are now utilized in tourist ships, small-scale passenger and cargo transportation systems.

In this direction, a "training boat" is being designed for use in the context of seafarers' practical training received as part of their education, as the working areas and dimensions of electric boats are still subject to certain mandatory restrictions. The resistance-power values of the hull are used to estimate the amount of fuel required for cruising in conventional boats and to calculate the battery capacity of the electric boat envisioned for this study. Moreover, by observing the fixed and well-defined navigational route, it is possible to determine the boat's energy needs and design a suitable electric boat and its energy storage/management system.

II. MATERIAL

Ships are divided into various classes based on their intended purpose. The length of the vessel designed for this study classifies it as a "motorboat" [19]. Motorboats serve a variety of functions, including cruising, fishing, swimming, deep diving, water skiing, recreational sport, shore protection, tugboats, and racing [20]. In general, "motor yachts" are defined as vessels with a hull length of 15 meters or more [19]. International regulations limit each non-commercial motorboat/yacht to a maximum of 12 passengers [21]. Furthermore, small vessels are categorized by their hull type, which can be displacement, semi-planing, or planing [3]. The vessel used in this study is a "training boat" of the motorboat class that can carry up to 12 passengers and has a planing hull form, given the aforementioned details. The mentioned boat form is depicted in Fig. 1.

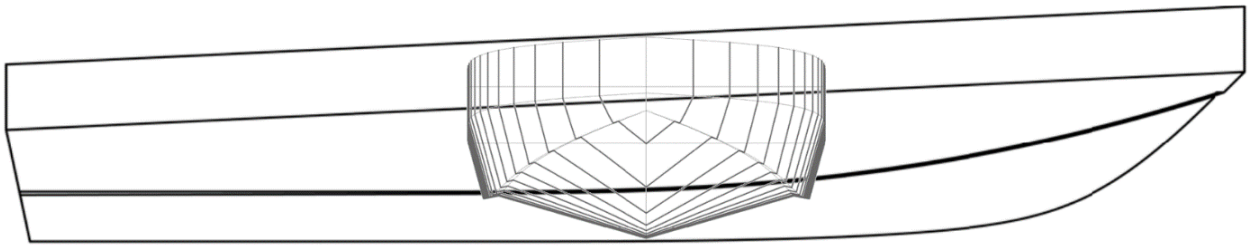


Fig. 1. The "training boat" model hull lines

The transom section of the planing hull has a deadrise angle of 16 degrees. At a design draft of 0.45 meters, the displacement tonnage is calculated to be 4.754 tons when the density of seawater is assumed to be 1025 kg/m^3. In calculating the hull resistance value, the length of the waterline is considered. In the design draft, the waterline length is 8.395 meters (27.543 feet) at even keel. It was determined that the speed range should be between 7 and 12 knots, as this boat will be used for a variety of training exercises and the energy stored in the battery pack will be transferred to the electric motor. With a planing hull design, this reduces the required engine-battery capacity and prevents dangerously high speeds.

Table 1 provides the dimensional characteristics of the model depicted in Fig. 1 and the hydrostatic values of the boat at various draft values.

Table 1. Dimensions and hydrostatic values of the hull

Measurement	Values					Units
	Draft (0.35 m)	Draft (0.40 m)	Draft (0.45 m)	Draft (0.50 m)	Draft (0.55 m)	
Length overall (Loa)	9.500	9.500	***9.500***	9.500	9.500	m
Breadth (moulded)	3.200	3.200	***3.200***	3.200	3.200	m
Depth	1.792	1.792	***1.792***	1.792	1.792	m
Displacement	2.810	3.737	***4.754***	5.815	6.912	t
Volume (displaced)	2.742	3.646	***4.638***	5.674	6.743	m^3
WL Length	8.192	8.304	***8.395***	8.486	8.574	m
Beam max extents on WL	2.441	2.956	***2.983***	3.010	3.037	m
Wetted Area	17.515	21.120	***22.713***	24.125	25.454	m^2
Max sect. area	0.427	0.567	***0.715***	0.864	1.015	m^2
Waterpl. Area	16.288	19.351	***20.331***	21.068	21.687	m^2
Prismatic coeff. (Cp)	0.783	0.775	***0.773***	0.773	0.775	
Block coeff. (Cb)	0.392	0.371	***0.412***	0.444	0.471	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.500	0.480	***0.533***	0.575	0.609	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.814	0.788	***0.812***	0.825	0.833	

LCB length	3.347	3.366	***3.396***	3.431	3.468	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	3.455	3.447	***3.550***	3.627	3.691	from zero pt. (+ve fwd) m

III. METHODOLOGY

One of the most important tasks in ship design is determining the required power to reach a certain speed or the speed produced by the installed power. Regarding this, numerous methods are employed. Towing tank tests on hull models provide the most accurate estimation of required power [22]. Several standard series test results for various main hull shapes are also utilized to approximate resistance and power. Utilized are the Admiralty coefficient method, the Savitsky method, the Keith formula, the Crouch formula, and numerous others [23]. By selecting one of the approaches that accommodates the existing hull type and dimensions, it is possible to obtain reasonable results using these formulas.

The most fundamental distinction between hull types is between displacement hulls and planing hulls [22]. On the water's surface, displacement hulls do not move in an upward direction, the only way they can advance is by pushing the water aside [24]. Due to the design of their hulls, planing boats can and do skim across the surface of the water [23]. This greatly reduces resistance at high speeds, allowing these hulls to achieve higher speeds than displacement hulls [25]. The transition region referred to as "semi-displacement" or "semi-planing", which exists between displacement and planing speeds, poses some design challenges for hulls [26]. At low speeds, when hydrostatic pressure is the primary support for the hull, the frictional resistance dominates the total resistance [27]. For planing hulls, pressure resistance increases with speed, while wave resistance and friction resistance are predominately responsible for the hull's performance [14]. Because this distinction cannot be easily made in the transition region, the calculation becomes more complex and uncertain [25]. The method depicted in Fig. 2 for dividing the components of total resistance.

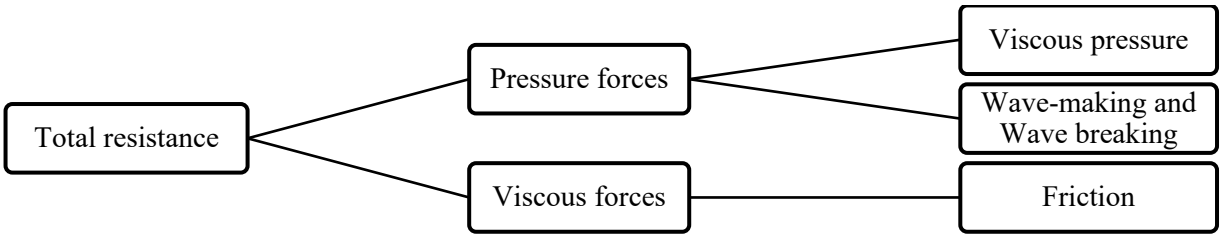


Fig. 2. Components of the total resistance force [27]

When the ratio of a vessel's speed V (knots) to its length Lwl (feet) exceeds 2 ($V/\sqrt{Lwl} > 2$), the vessel is considered "high-speed" [19]. This value is derived from the ratio of hydrostatic and hydrodynamic forces acting on the hull. When the SL ratio is below 2, hydrostatic forces trump hydrodynamic forces. In the second scenario, hydrodynamic forces predominate. However, a clear distinction cannot be made because there is a transitional phase between the two water flow regimes [28]. This situation is comparable to the assumption that planing motion begins when the Froude number ($Fn = V(m/s)/\sqrt{g(m/s^2 \times Lwl(m)}$) exceeds 0.4 [22]. In addition, according to [23], when the SL value is less than 1.34, the resistance value should be calculated as with displacement hulls. Table 2 displays the speed range of the designed vessel and the assumed motion types in the direction of the given hypotheses.

Table 2. Ship speed ranges and motion types

Speed		SL	Motion type
Knot	**m/s**		
7	3.60	1.33	Displacement
8	4.12	1.52	Semi-planing
9	4.63	1.71	Semi-planing
10	5.14	1.91	Semi-planing
11	5.66	2.10	Planing
12	6.17	2.29	Planing

The Savitsky, Radojcic, Blount-Fox, Lahtiharju, and Wyman methods are frequently used to calculate motorboat resistance values at present [13]. The Radojcic method was developed using the boat models Series 62 and Series 65, and its most remarkable application characteristics are that the deadrise angle must be greater than 13 degrees and $V/\sqrt{Lwl} > 3$ [22]. The Lahtiharju method is used to calculate the drag of a boat at planing speed [20], whereas the Blount-Fox method is a modified version of the Savitsky method [14]. From a regression analysis of extensive experimental data on prismatic planing hulls, formulas for lift, drag, and center of pressure coefficients were derived for the original Savitsky method [27]. At a given speed, the Savitsky method calculates trim, draft, wetted keel and chine lengths, and hydrodynamic resistance [29]. Blount and Fox (1976) modified the Savitsky method to predict the resistance of existing planing hulls with "non-monohedral" and "non-constant" beams and to define the "effective beam and deadrise" to be used in prismatic plate planing equations [12]. Wyman's formula is a universal formulation for hull resistance in both planing and displacement hulls, and is utilized in the resistance estimation method [23]. The engine power calculation test results of Wyman led to the development of this technique. Losses between generated and effective power are used to calculate overall efficiency. The Savitsky and Wyman models are anticipated to be more applicable for calculating the desired resistance values, given the boat model and navigational speeds to be used in this study.

The resistance value represents the thrust force that should be achieved in practice with the propeller [30]. It is the force that opposes the ship's motion when the ship is moving at a constant speed. The effective power (P_E) is the amount of thrust necessary to propel the ship at the desired speed [3]. When examining a conventional propulsion system, various mechanical losses are observed in order to transfer power from the main engine (P_B) to the propeller and convert it into propeller thrust [31]. Even if the thermal losses that occur during the combustion process of the main engine are disregarded for the purposes of this study, friction between machine parts still results in power loss [32]. In addition, there are mechanical losses at the output of the main engine, including the shaft and (if present) the gearbox [33]. The propeller operating in water, a fluid domain, causes the greatest losses in the final stage of the propulsion system [13].

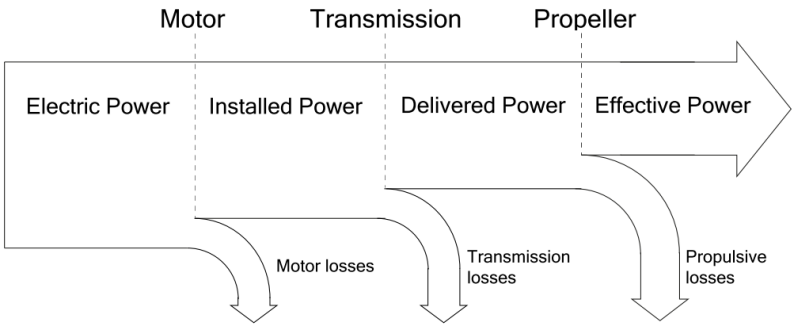


Fig. 3. Power losses on the electric propulsion system [14]

Taking into account all propulsion system losses, approximately sixty percent of the power produced by the main engine is lost due to various causes [13], [34], [35]. For this study, the total propulsion efficiency is assumed to be 40%. The propulsion system losses of a boat with an electric motor and battery pack can be expressed as depicted in Fig. 3.

IV. RESULTS

In this study, the speed-resistance and speed-power calculations of a "training boat" with a planing hull form and a displacement of 4.754 t at 9.2 m full length, 3.2 m width, and 0.45 m draft are performed using accepted methods that are commonly employed during the preliminary phase of ship design. Initially, the navigation speed range of the hull form produced with similar ship types was determined, and the resistance calculation methods were chosen in consideration of the flow conditions. As a result, the Savitsky and Wyman methods were deemed suitable, and resistance values for the calm water condition in Fig. 4 and Table 3 were obtained using the Maxsurf Resistance program.

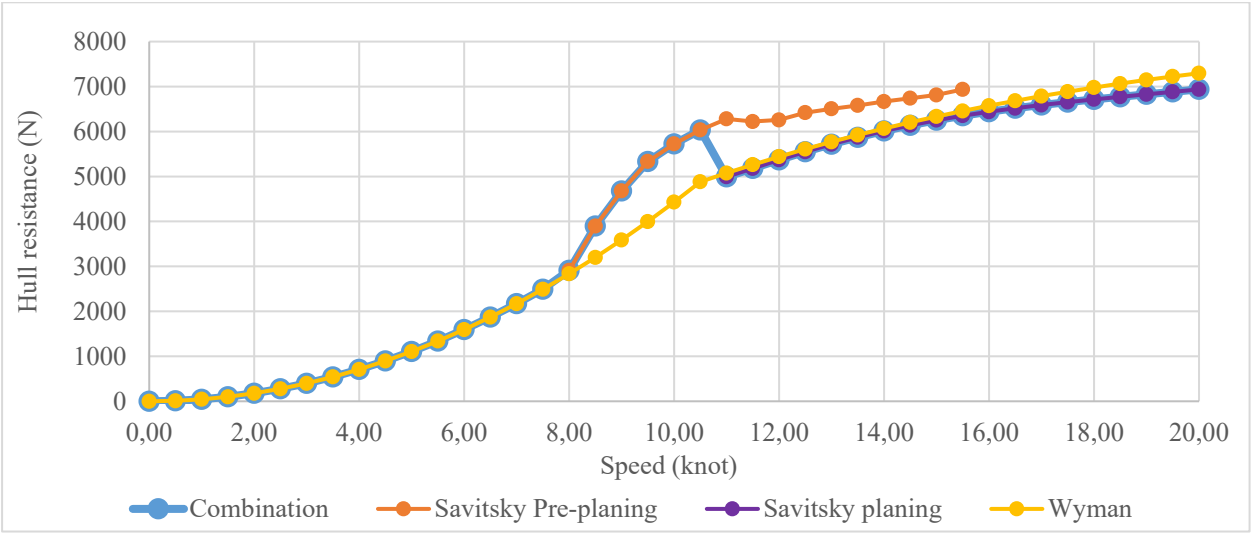


Fig. 4. The speed-total resistance diagram at calm water condition

Table 3. The speed-resistance values of the hull at design draft

No	Speed (knot)	Fn	Savitsky Pre-planing Resistance (N)	Savitsky Planing Res. (N)	Wyman Resistance (N)	No	Speed (knot)	Fn	Savitsky Pre-planing Resistance (N)	Savitsky Planing Resistance (N)	Wyman Resistance (N)

1	0	0	--	--	0	21	10	0.567	5726.35	--	4429.2
2	0.5	0.028	--	--	11.07	22	10.5	0.595	6035.97	--	4881.09
3	1	0.057	--	--	44.29	23	11	0.624	6280.67	4992.58	5076.37
4	1.5	0.085	--	--	99.66	24	11.5	0.652	6222.04	5179.74	5262.65
5	2	0.113	--	--	177.17	25	12	0.68	6258.35	5368.94	5440.14
6	2.5	0.142	--	--	276.83	26	12.5	0.709	6419.31	5548.87	5609.06
7	3	0.17	--	--	398.63	27	13	0.737	6504.43	5717.18	5769.67
8	3.5	0.198	--	--	542.58	28	13.5	0.765	6580.65	5872.17	5922.22
9	4	0.227	--	--	708.67	29	14	0.794	6667.5	6012.89	6067
10	4.5	0.255	--	--	896.91	30	14.5	0.822	6739.72	6139.19	6204.26
11	5	0.283	--	--	1107.3	31	15	0.85	6813.84	6251.61	6334.3
12	5.5	0.312	--	--	1339.83	32	15.5	0.879	6936.75	6351.25	6457.4
13	6	0.34	--	--	1594.51	33	16	0.907	--	6439.59	6573.83
14	6.5	0.369	--	--	1871.34	34	16.5	0.936	--	6518.34	6683.86
15	7	0.397	--	--	2170.31	35	17	0.964	--	6589.24	6787.75
16	7.5	0.425	--	--	2491.43	36	17.5	0.992	--	6654.02	6885.78
17	8	0.454	2912.42	--	2834.69	37	18	1.021	--	6714.31	6978.18
18	8.5	0.482	3897.74	--	3200.1	38	18.5	1.049	--	6771.58	7065.21
19	9	0.51	4678.28	--	3587.65	39	19	1.077	--	6827.14	7147.1
20	9.5	0.539	5333.39	--	3997.35	40	19.5	1.106	--	6882.13	7224.08

Finally, the required main engine powers under various navigation speeds were calculated using the accepted total propulsion efficiency (40%) and are presented in Fig. 5 and Table 4.

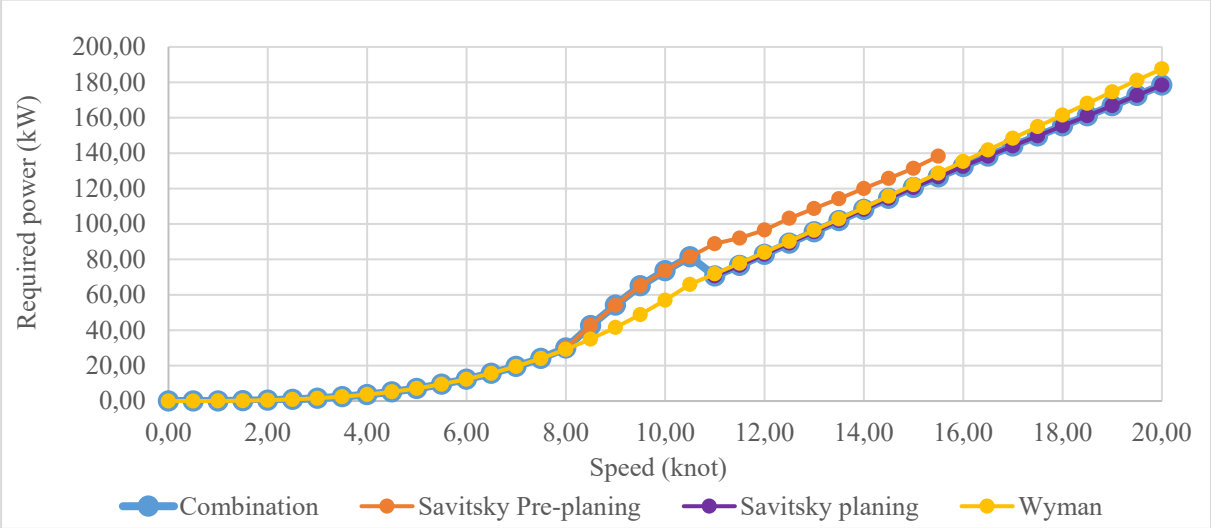


Fig. 5. The speed-required power diagram at calm water condition

Table 4. The speed-power values of the hull at design draft

No	Speed (knot)	Fn	Savitsky Pre-planing Power (W)	Savitsky Planing Power (W)	Wyman Power (W)	No	Speed (knot)	Fn	Savitsky Pre-planing Power (W)	Savitsky Planing Power (W)	Wyman Power (W)
1	0	0	--	--	***0***	21	10	0.567	***73647.18***	--	56964.46
2	0.5	0.028	--	--	***7.12***	22	10.5	0.595	***81510.81***	--	65915.06
3	1	0.057	--	--	***56.96***	23	11	0.624	88854.03	***70631.19***	71816.49
4	1.5	0.085	--	--	***192.26***	24	11.5	0.652	92025.66	***76609.73***	77836.06

5	2	0.113	--	--	***455.72***	25	12	0.68	96587.13	***82860.68***	83959.5
6	2.5	0.142	--	--	***890.07***	26	12.5	0.709	103199.33	***89205.72***	90173.5
7	3	0.17	--	--	***1538.04***	27	13	0.737	108750.48	***95588***	96465.7
8	3.5	0.198	--	--	***2442.35***	28	13.5	0.765	114256.53	***101955.47***	102824.62
9	4	0.227	--	--	***3645.73***	29	14	0.794	120052.13	***108265.41***	109239.63
10	4.5	0.255	--	--	***5190.89***	30	14.5	0.822	125686.36	***114487.32***	115700.88
11	5	0.283	--	--	***7120.56***	31	15	0.85	131450.26	***120603.91***	122199.29
12	5.5	0.312	--	--	***9477.46***	32	15.5	0.879	138282.2	***126610.37***	128726.49
13	6	0.34	--	--	***12304.32***	33	16	0.907	--	***132512.55***	135274.75
14	6.5	0.369	--	--	***15643.86***	34	16.5	0.936	--	***138324.57***	141836.98
15	7	0.397	--	--	***19538.81***	35	17	0.964	--	***144066.39***	148406.65
16	7.5	0.425	--	--	***24031.88***	36	17.5	0.992	--	***149761.75***	154977.78
17	8	0.454	***29965.54***	--	29165.8	37	18	1.021	--	***155436.34***	161544.88
18	8.5	0.482	***42609.85***	--	34983.3	38	18.5	1.049	--	***161116.58***	168102.94
19	9	0.51	***54151.15***	--	41527.09	39	19	1.077	--	***166828.68***	174647.36
20	9.5	0.539	***65163.63***	--	48839.9	40	19.5	1.106	--	***172597.99***	181173.96

V. CONCLUSION

There are a variety of empirical calculation methods for calculating the calm water resistance of small vessels such as motorboats and motor yachts, but each method has its own unique characteristics. In conditions that vary according to the size, hull form, and operating speed of boats, it is necessary to modify the resistance calculation method. The variation of these three characteristics differentiates ship motions. Specifically, the process of calculating hydrodynamic forces, which are highly influenced by ship speed and hull shape, is a topic that requires considerable effort. When the Froude number is less than 0.4 and the displacement type of ship motion is calculated, estimating the friction force due to hydrostatic pressure requires less effort when calculating the drag forces. In addition, the motions in the "transient region", which are encountered when moving from the zone of hydrostatic motion to the zone of hydrodynamic motion, are the most irregular. Particularly, the type of motion of the chined boat forms in this transition region is referred to as "semi-displacement", and it is desired to calculate the total resistance force and its components in this region through a number of experimental and numerical studies.

The hull of the vessel under consideration in this study has a chined shape and measures 9.5 meters overall in length. As previously stated, the ship's motions caused by its navigation speed affect the resistance value, and as a result, the main engine power requirement also varies. In addition to increasing the efficiency of the propulsion system, it becomes necessary to minimize the hull resistance force that causes dynamic motions and prevents the boat from moving forward, if considered the efficient use of the energy required for propulsion. Naval engineers calculate the resistance and power values for the operating speed limits of each ship hull form based on certain constraints. Consequently, the required engine power can be determined. Therefore, the fuel consumption of a conventional propulsion system or the electric motor/battery capacity of a propulsion system employing one of the alternative energy sources can be estimated. Regarding ships with an electric main engine, the most pressing issue at present is determining the total weight of the battery, which varies according to the battery pack's capacity and the ship's structural and operating characteristics. All of these issues to be resolved demonstrate once more the significance of efficiency.

Figures 4 and 5 reveal, as previously mentioned, a jump point in the propulsion force/power requirement in the beginning of the semi-planing region. This indicates that more energy is consumed when a boat is navigating in the transition zone. As illustrated by the graphs, it can

be defined as the transition zone between 8 and 11 knots, i.e. the region of semi-planing motion. When possible, it is not recommended to use a navigation speed between these two points. Accepting 11 knots as the speed at which the transition region ends and the planing motion begins, the resistance force at this speed corresponds to a speed approximately 9.5-10 knots. This demonstrates that in the event of semi-planing motion, less navigation speed will be achieved with the same engine power. In fact, this usage condition is not advised. In addition, when the increase ratio in resistance values between 0-4 knots and 4-8 knots is compared, it is found that the rate of resistance increase according to speed in the first section is less than that in the second section. In light of these calculations, it is recommended that the boat travel at speeds 8 and/or 11 knots. It should not be forgotten that, despite the fact that the rate of increase in resistance value relative to speed decreases after 11 knots due to the planing motion, the increase in total power demand continues to increase. As a result, it is necessary to increase both the required electric motor power and the battery pack capacity.

REFERENCES

[1] G. Tzortzis and G. Sakalis, "A dynamic ship speed optimization method with time horizon segmentation," Ocean Engineering, vol. 226, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.108840.

[2] D. Ma, W. Ma, S. Jin, and X. Ma, "Method for simultaneously optimizing ship route and speed with emission control areas," Ocean Engineering, vol. 202, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107170.

[3] R. Lu, O. Turan, E. Boulougouris, C. Banks, and A. Incecik, "A semi-empirical ship operational performance prediction model for voyage optimization towards energy efficient shipping," Ocean Engineering, vol. 110, pp. 18–28, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.07.042.

[4] E. Bal Beşikçi, O. Arslan, O. Turan, and A. I. Ölçer, "An artificial neural network based decision support system for energy efficient ship operations," Computers and Operations Research, vol. 66, pp. 393–401, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.cor.2015.04.004.

[5] K. Wang, X. Yan, Y. Yuan, and F. Li, "Real-time optimization of ship energy efficiency based on the prediction technology of working condition," Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 46, pp. 81–93, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.trd.2016.03.014.

[6] J. Campillo, J. A. Dominguez-Jimenez, and J. Cabrera, "Sustainable boat transportation throughout electrification of propulsion systems: Challenges and opportunities," May 2019. doi: 10.1109/ITSLATAM.2019.8721330.

[7] M. M. Golias, G. K. Saharidis, M. Boile, S. Theofanis, and M. G. Ierapetritou, "The berth allocation problem: Optimizing vessel arrival time," Maritime Economics and Logistics, vol. 11, no. 4, pp. 358–377, Dec. 2009, doi: 10.1057/mel.2009.12.

[8] MEPC, "AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO (Revised MARPOL Annex VI)," Amendments to MARPOL Annex VI., vol. 70, no. 18. 2008.

[9] P. Erto, A. Lepore, B. Palumbo, and L. Vitiello, "A Procedure for Predicting and Controlling the Ship Fuel Consumption: Its Implementation and Test," Quality and Reliability Engineering International, vol. 31, no. 7, pp. 1177–1184, Nov. 2015, doi: 10.1002/qre.1864.

[10] L. Zhang, L. Zhang, R. Peng, G. Li, and W. Zou, "Determination of the shortest time route based on the composite influence of multidynamic elements," Marine Geodesy, vol. 34, no. 2, pp. 108–118, Apr. 2011, doi: 10.1080/01490419.2011.571554.
[11] A. del Pizzo, R. M. Polito, R. Rizzo, and P. Tricoli, "Design criteria of on-board propulsion for hybrid electric boats," 2010. doi: 10.1109/ICELMACH.2010.5607817.
[12] E. Begovic and C. Bertorello, "Resistance assessment of warped hullform," Ocean Engineering, vol. 56, pp. 28–42, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.oceaneng.2012.08.004.
[13] J.-D. Mira, F. Mendoza, E. Betancur, T. Manrique, and R. Mejia-Gutierrez, "A Propulsion System Design Methodology Based on Overall Efficiency Optimization for Electrically Powered Vessels," IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 8, no. 1, pp. 239–250, Mar. 2022, doi: 10.1109/TTE.2021.3104763.
[14] E. Giraldo-Perez, G. Gaviria, E. Betancur, G. Osorio-Gomez, and R. Mejia-Gutierrez, "Influence of energy consumption on battery sizing of electric fluvial vessels: A Colombian Case Study," Sep. 2020. doi: 10.1109/EVER48776.2020.9243037.
[15] M. Gil, J. Montewka, P. Krata, T. Hinz, and S. Hirdaris, "Determination of the dynamic critical maneuvering area in an encounter between two vessels: Operation with negligible environmental disruption," Ocean Engineering, vol. 213, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107709.
[16] J. K. Panigrahi, C. P. Padhy, D. Sen, J. Swain, and O. Larsen, "Optimal ship tracking on a navigation route between two ports: A hydrodynamics approach," Journal of Marine Science and Technology, vol. 17, no. 1, pp. 59–67, Mar. 2012, doi: 10.1007/s00773-011-0116-3.
[17] M. Soleymani, A. Yoosofi, and M. Kandi-D, "Sizing and energy management of a medium hybrid electric boat," Journal of Marine Science and Technology (Japan), vol. 20, no. 4, pp. 739–751, Dec. 2015, doi: 10.1007/s00773-015-0327-0.
[18] W. Zhang, X. P. Yan, and D. Zhang, "Charging Station Location Optimization of Electric Ship Based on Backup Coverage Model," TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 11, no. 2, pp. 323–327, Jul. 2017, doi: 10.12716/1001.11.02.16.
[19] A. Kukner and A. M. Yasa, "High Speed Planing Hulls Resistance Prediction Methods and Comparasion," 2011. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/235698864
[20] A. Kükner and M. A. Kadıoğlu, "MOTORBOTLARIN DİRENCİNİ TAHMİN ETMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER," Gemi ve Deniz Teknolojisi, vol. 204, pp. 89–94, 2016.
[21] K. I. Øvergård, M. S. Tannum, and P. Haavardtun, "Observation and assessment of crossing situations between pleasure craft and a small passenger ferry," WMU Journal of Maritime Affairs, vol. 19, no. 3, pp. 337–355, Sep. 2020, doi: 10.1007/s13437-020-00211-1.
[22] D. Radojcic, A. Zgradic, M. Kalajdzic, and A. Simic, "Resistance prediction for hard chine hulls in the pre-planing regime," Polish Maritime Research, vol. 21, no. 2, pp. 9–26, Apr. 2014, doi: 10.2478/pomr-2014-0014.
[23] D. Gerr, "Practical Speed and Powering Calculations A Method for Determining Power and Speed in Boat Design," 2008.
[24] T. G. Tran, Q. van Huynh, and H. C. Kim, "Optimization strategy for planing hull design," International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2022.100471.
[25] G. Hassan and Y.-M. Su, "Determining the hydrodynamic forces on a planing hull in steady motion," Journal of Marine Science and Application, vol. 7, no. 3, pp. 147–156, Sep. 2008, doi: 10.1007/s11804-008-7057-1.

[26] S. Baso, L. Bochary, Rosmani, M. Hasbullah, A. D. E. Anggriani, and A. Ardianti, "Investigating the Performance Characteristics of a Semi-Planing Ship Hull at High Speed," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 875, no. 1, p. 012076, Jul. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/875/1/012076.
[27] E. Lindbergh and F. Ahlstrand, "Methods to Predict Hull Resistance in the Process of Designing Electric Boats," Stockholm, Sweden, 2020.
[28] R. Yousefi, R. Shafaghat, and M. Shakeri, "Hydrodynamic analysis techniques for high-speed planing hulls," Applied Ocean Research, vol. 42, pp. 105–113, Aug. 2013, doi: 10.1016/j.apor.2013.05.004.
[29] C. Bertorello and L. Oliviero, "Hydrodynamic resistance assessment of non-monohedral planing hull forms based on Savitsky's methodology," Australian Journal of Mechanical Engineering, vol. 4, no. 2, pp. 209–223, Jan. 2007, doi: 10.1080/14484846.2007.11464527.
[30] R. Reabroy, Y. Tiaple, S. Pongduang, T. Nantawong, and P. Iamraksa, "The Possibility of Using Electrical Motor for Boat Propulsion System," in Energy Procedia, Nov. 2015, vol. 79, pp. 1008–1014. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.601.
[31] M.-I. Roh, "Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption," International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, vol. 5, no. 2, pp. 246–262, Jun. 2013, doi: 10.2478/ijnaoe-2013-0130.
[32] N. Bialystocki and D. Konovessis, "On the estimation of ship's fuel consumption and speed curve: A statistical approach," Journal of Ocean Engineering and Science, vol. 1, no. 2, pp. 157–166, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.joes.2016.02.001.
[33] H. O. Kristensen and M. Lützen, "Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships," 2013.
[34] F. Zhao, W. Yang, W. W. Tan, S. K. Chou, and W. Yu, "An Overall Ship Propulsion Model for Fuel Efficiency Study," in Energy Procedia, 2015, vol. 75, pp. 813–818. doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.139.
[35] G. Theotokatos and V. Tzelepis, "A Computational study on the performance and emissions parameters mapping of a ship propulsion system," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, vol. 229, no. 1, pp. 58–76, 2015.

Geçmişten Bugüne Murgul Bakır Madenciliğinin Doğal Çevre Üzerindeki Etkisi Üzerine Sistematik Bir İnceleme

A Systematic Study on the Impact of Murgul Copper Mine on the Natural Environment from Past to Present

Zeynep AYDOĞAN

zeynep.aydogan@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5465-1605
Atatürk Üniversitesi, Narman Meslek Yüksek Okulu, Narman, Erzurum, Türkiye

Özet: Birleşmiş Milletler' in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG), herkes için daha iyi ve daha sürdürülebilir bir geleceğe sahip 17 birbiriyle bağlantılı küresel hedefi içeren evrensel eylem çağrısıdır ve 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi amaçlanır. Sağlıklı yaşam, biyoçeşitlilik ve doğal yaşam alanlarını korumak bu hedeflere ulaşmanın göstergelerinden bazılarıdır. Madencilik, çevresel bozulma tehditlerinden biridir. Madencilik sektörünün faydalarının aksine çevre ve insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Ağır metal kirliliği, özellikle maden alanlarında dünya çapında ciddi bir çevre sorunudur. Bu çalışmada, Murgul ilçesinde (Artvin) bulunan Murgul bakır madeninin tatlı su ekosistemlerindeki biyoçeşitlilik ve çevre kirliliğine olan etkisinin günümüze dek yapılan araştırmaların bir dökümünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla bölgede biyoçeşitlilik ve çevre kirliliği konusunda yapılan mevcut literatür değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Biyoçeşitlilik, Ekolojik, Ekosistem koruması, Kirlilik, Sağlık, Su, Temiz su.*

Abstract The United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) are a universal call to action that includes 17 interconnected global goals for a better and more sustainable future for all, and are intended to be achieved by 2030. Wellness, biodiversity and protecting natural habitats are some of the indicators of achieving these goals. Mining is one of the environmental degradation threats. Contrary to the benefits of the mining industry, it has many negative effects on the environment and human health. Heavy metal pollution is a serious environmental problem worldwide, especially in mining areas. In this study, it is aimed to examine the effects of Murgul copper mine on biodiversity and environmental pollution in freshwater ecosystems. For this purpose, the existing literature on biodiversity and environmental pollution in the region has been evaluated.

Keywords: *Biodiversity, Ecological, Ecosystem protection, Pollution, Health, Water, Clean water.*

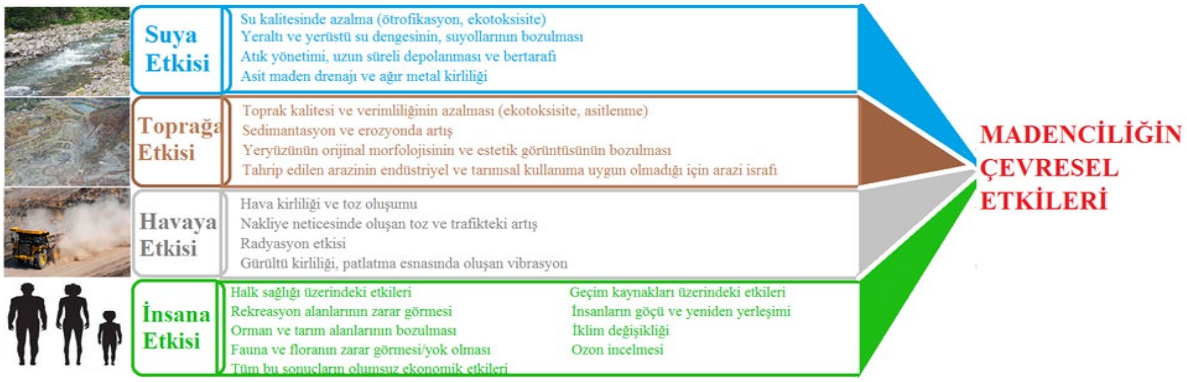
I. GİRİŞ

Madencilik ve Etkileri

Pek çok sektöre doğrudan hammadde sağlayan madencilik, önemli ekonomik faaliyetlerden biridir ve yeryüzünden değerli jeolojik malzemelerin çıkarılması olarak tanımlanır. Madencilik faaliyetleri her zaman, her ülke için ülkedeki mevcut kaynakları değerlendirerek ülke refahının artması ve ekonomik büyümeyi canlandırmak veya artırmak için önemli bir rol oynamıştır.

Teknolojideki ilerleme, dünya nüfusu ve modernleşmedeki artış her türlü elementin talebini ve dolayısıyla madencilik faaliyetlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Ancak ekonomiye katkısının aksine madencilik faaliyetleri gerek üretim aşamasında gerekse faaliyet bittikten sonra kontrolü yapılmazsa yeraltı ve yüzey su kaynakları, hava kirliliği, toprak kalitesi, doğal yaşam, geçim kaynaklarının zarar görmesi, halk sağlığı, sosyal, kültürel ve estetik değerler, iklim ve küresel ısınma, asit maden drenajı ve toksik metal salınımları, gürültü, titreşim ve civarındaki yapıların çökmesi gibi çeşitli çevresel ve sosyal kaynaklar üzerinde ciddi etkiler meydana getirmektedir.

Madencilik endüstrisinde, arazide fiziksel değişim ve arazi kalitesinde bozulma, kimyasal, biyolojik, estetik ve kültürel bozulma değişen derecelerde belirgindir. Madenciliğin etkisi, mineral zenginleştirme ile birlikte madencilik faaliyetlerinin türüne de bağlıdır. Madenciliğin yaygın olarak kullanılan iki yolu vardır: açık ocak/yüzey madenciliği ve yeraltı madenciliği. Bunlardan maliyet açısından işletme için hesaplı olan ancak ekosisteme en çok zarar vereni açık ocak işletmesidir. Madencilik genel olarak ulusal düzeyde ekonomiyi geliştirmeye yardımcı olur, ancak insanlar yerel düzeyde çevresel (tarım arazilerinin tahribi dâhil) ve sağlık sorunlarıyla karşı karşıyadır (Şekil 1).



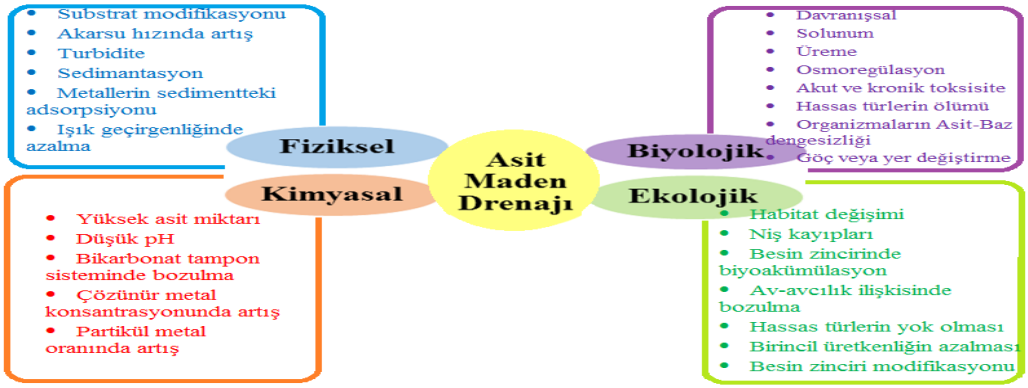
Şekil 1. Madenciliğin çevresel ve sosyal yönden etkileri

Asit Madeni Drenajı (AMD)

AMD faaliyet bakımından genel olarak gerekli tedbirler alınmadan yapılan aktif, kapalı ya da terkedilmiş, sülfür bakımından zengin maden sahalarında ciddi bir çevre sorunudur [1]. Özellikle başta pirit olmak üzere, sülfür içeren metalik cevherlerin (pirit, pirotit, kalkopirit, sfalerit, markasit, arsenopirit, galena vb.) genel olarak mikroorganizmaların katkısıyla, bazen de atmosferik şartlar altında hava ve su ile reaksiyona girerek okside olması, drenaj sularının asidik özellik göstermesine, yani asit maden drenajına yol açar [2]. Bu suların fizikokimyasal parametreleri bakımından dünyadaki benzerleri incelendiğinde genel olarak benzer su kalitesi özellikleri taşıdığı görülmektedir [1, 3, 4]. Bu durum genellikle yüksek asidite, düşük pH, yüksek elektriksel iletkenlik, askıda ve çözünmüş katı, yüksek konsantrasyonlarda sülfat ve çözünmüş ağır metaller ve metaloidler ile karakterize edilir [2].

Asit maden drenajı sadece su kirliliğine değil, çeşitli çevre sorunları ile birlikte büyük ekonomik kayıplara da neden olmaktadır ve bu durum madencilik sona erdikten çok sonra bile devam eder [1]. Ancak tüm madenlerde asit madeni drenaj sorunları yoktur, bazen insan faaliyetlerinin dışında tamamen doğal olarak da gelişebilir [2, 5]. Asit maden drenajının çevresel etkisini kimyasal, fiziksel, biyolojik ve ekolojik olmak üzere 4 kategoride incelemiştir [3] (Şekil 2). Bu nedenle sülfürlü mineralleri içeren bir maden alanında üretim yapılıyorsa, maden arama aşamasından maden kapatma ve sonrasına kadar gerekli tüm çevresel önlemler alınması ve izleme çalışmalarının yürütülmesi büyük önem arz etmektedir.

Madencilikte yürütülen her türlü işlem süreçleri gereği ekosisteme zarar vermeyen madencilik faaliyeti bulunmamaktadır. Bu etkileri başlıklar halinde sıralanırsa;



Şekil 2. Asit Maden Drenajının çevresel etkileri [3].

1. İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Literatüre göre madencilik, bu meslek ile ilişkili olarak meydana gelen yaralanmalar, kronik sağlık problemleri, can kayıpları açısından dünyanın en tehlikeli mesleklerinden biridir [6]. Ayrıca hava, su, toprak ve gürültü kirliliği gibi çevresel maruziyetleri ile bu kirliliğin kalıcı ve biyoakümülatif özellikleri nedeniyle bulunduğu ortamdaki insan dâhil tüm canlılar için de ciddi sağlık problemleri meydana getirir. Maden alanında çalışan işçiler yürüttükleri faaliyet neticesinde maruz kaldıkları partikül madde, toz ve toksik gazlar nedeniyle mesleki hastalık olarak bilinen çeşitli sağlık problemleri yaşamaktalar. Sağlık riskleri mineral cinsi ve madenciliğin faaliyet türüyle ilgilidir ve uzun vadeli etkiler arasında kanserler, akıl sağlığı sorunları, tüberküloz, pulmoner tüberküloz, pnömokonyoz, amfizem, asbestoz ve silikoz gibi solunum sorunları yer alır [7, 8].

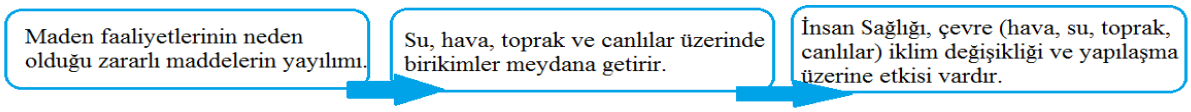
Bakır tüm ökaryotların replikasyonu ve gelişimleri için vazgeçilmez elementlerden biridir [9]. Beyin, karaciğer, kalp, böbrek ve saçta bulunan, hücresel respirasyonda, kırmızı kan hücrelerinin oluşmasında ve kemik sağlığının sürdürülmesinde görev alan, kardiyovasküler ve osteoporoz hastalıklarının önlenmesine yardımcı olan eser elementlerdendir [8]. Bakır metabolik süreçlerle üretilemeyeceği için beslenme ile alınması gereklidir. Karaciğer, bakırın vücuttaki ana deposudur ve bakırın kan dolaşımı ile periferik organlara taşınmasında veya safra yoluyla vücuttan atılmasına hizmet eder [10]. Hamilelik ve yenidoğan gelişim aşamalarında bakır gereksinimi oldukça fazladır [11]. Demir ve çinkodan sonra vücutta en çok bulunan bakır, yetişkin bir bireyde ortalama 50 ila 80 mg arasında bulunur, bu aralığın üzerindeki seviyeler toksik kabul edilir ve böbrek, beyin ve gözde birikime sebebiyet vererek olası hücre ölümleri, sinir dejenerasyonları, oksidatif strese neden olabilir [7]. Canlılarda, 6.6 µg/L'nin altındaki bakır seviyeleri yeterli ve güvenlidir [12]. Makroomurgasızların 25 µg/L'nin üzerindeki bakır seviyelerinden ciddi bir şekilde etkilendiğine dair çalışmalar mevcuttur [13].

Brezilya'da yapılan bir araştırmada, 100 bakır madencisinden 35'inde toz kaynaklı akciğer hastalığı teşhisi konduğunu ve bakır madencilerinde akciğer hastalığı riskinin daha yüksek olduğunu göstermiştir [14]. Murgul madeninde sosyolojik ve sağlık yönünden yapılan çalışmalara [15] bakıldığında gerek yoğun çalışma neticesinde gerekse maruz kalınan zehirli maddeler nedeniyle çalışanların sağlıklarının bozulduğu hatta ölümlerin meydana geldiğine dair veriler elde edilmiştir. Bakır maden işçilerinin kanlarındaki bakır seviyesini araştırıldığı çalışmada [16], bakır madenlerinde çalışan işçilerin kanlarındaki bakır seviyesi uluslararası standartların üzerinde olduğu belirtilmiştir. Bu farklılık çalışma alanlarına bağlı olarak

değişmektedir. Yer altında görev yapan işçilerin kan bakır seviyesi yer üstünde çalışan işçilere göre yüksek bulunmuştur. Yine maruziyet süresi arttıkça kan bakır seviyesini artış gösterdiği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada [17] Murgul bakır işletmelerinde çalışan 51 işçiden ve Borçka ilçesinde yaşayan 30 kontrol grubundan kan örneği alarak, glutatyon redüktaz enzim aktiviteleri ile serum Cu miktarları arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmasında, eritrosit glutatyon redüktaz enzim aktiviteleri ile serum bakır miktarları arasında pozitif anlamlı ($p<0.05$) bir ilişki elde ederek, Murgul Bakır İşletmelerinde çalışan işçilerin bakır kirliliğine maruz kaldıkları sonucuna varmıştır.

2. Ekosistem Üzerine Etkileri

Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel etkiler arasında hava, toprak, yüzey suyu ve yeraltı sularının kirlenmesi, asidifikasyon, oksidasyon, ötrofikasyon, erozyon, biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği sayılabilir (Şekil 3).



Şekil 3. Madencilik faaliyetlerinin ekosistem üzerine etkileri.

2.1. Su Kirliliği Üzerine Etkileri

Su, yaşamın devam edebilmesi için gereken önemli kaynaklardan biridir. Su, hava ve toprak bir bütündür ve çoğu kez toprak ve havanın kirlenmesi su kirlenmesine neden olur. Bir maden faaliyetinin en önemli etkisi, proje alanındaki su kalitesi ve su kaynaklarının devamlılığı üzerinedir. Madencilik faaliyetleri genellikle yüksek konsantrasyonlarda katı atık ve atık su açığa çıkarır [4]. Bu katı atık ve atık suyun ana bileşeni metaller ve metaloitlerdir ve bunlar toprağa, havaya, yer üstü ve yeraltı suyuna karışması ile besin zincirine girer, biyoakümülasyon ve biyomagnifikasyon ile zincirin en üst halkalarında artışına devam eder. Yüzey suyunun ve yeraltı suyunun kalitesi (fiziksel kalite (erozyon, sediment oluşumu), kimyasal kalitesi (yüzey suyu, yeraltı suyunun asit veya mineralize olması) ve suyun miktarı (su tablasının azalması veya değişen akış hızları/yönleri)) maden alanında etkili ıslah uygulamaları yapılmazsa olumsuz etkilenebilir [1, 5].

Altın, bakır, molibden, gümüş gibi cevherler genellikle sülfid kayaçlarında bulunur. Sülfid kayaçları çıkarılma esnasında su ve hava ile temas ederse sülfürik asit formu oluşur [18]. Cevher sülfür içeriyorsa, hava ve su temasıyla kimyasal reaksiyon oluşturarak genellikle asit maden drenajı olarak bilinen sülfürik asiti meydana getirir. Bu asitli su temas ettiği her kayaçtaki elementleri açığa çıkarma potansiyelindedir. Yani elementin mobilizasyonu ve çözünebilirliği su asitleştikçe artar [1]. Kontrol edilmezse yüzey ve yeraltı sularına sızabilir. Dolayısıyla asit maden drenajı, sülfidin hava ve su ile temas ettiği her alanda olabilir. Asit maden drenajı, madenciliğin su kaynakları üzerinde uzun vadeli yıkıcı etki potansiyeline sahip olması nedeniyle en ciddi tehditlerden biri olarak kabul edilir [5]. Asit kontaminasyonu madene dış kaynaklardan giren su ile artar. Artan asit miktarı suyun pH değerini düşürerek sucul canlıların yaşamını zorlaştırır, temas ettiği kayaçlardaki Cu, Al, Cd, As, Pb, Hg, SO_4^{-2}, NO^{-3} gibi toksik metal(oid)lerin ve bileşiklerin açığa çıkmasına neden olur. Sudaki yaşam üzerindeki etkileri, ani balık ölümleri, büyümeyi, davranışı veya üreme yeteneğini etkileyen etkilere kadar değişebilir [5]. Suyun kalitesi hakkında kesin fikir sahibi olmak için fiziko-kimyasal parametrelerle birlikte biyolojik öğelerdeki ağır metal ölçümleri de çok önemlidir.

2.2. Toprak kirliliği Üzerine Etkileri

Toprak kirliliği genel olarak tarımsal bir konu gibi düşünülse de canlıların barındığı yerdir ve birçok kirleticinin kaydını tutan nihai bir rezervuar olması nedeniyle izlenmesi gereken bir ortamdır. Madencilik, motorlu taşıtların egzoz gazları, evsel ve endüstriyel atıklar, kirlenmiş atmosfer, su, tarımsal gübre ve ilaçlar ağır metallerin toprağa ulaşmasının dolayısıyla toprak kirlenmesinin sebebidir. Antropojenik aktiviteler neticesinde meydana gelen çeşitli katı, sıvı, gaz, toz ve radyoaktif kirleticiler toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmasına neden olur. Her türlü madencilik faaliyetleri, dünya çapında önemli ölçüde ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğine yol açmaktadır. Toprak pH değeri ağır metallerin mobilitesinde önemli etkisi vardır ve kirlilik alanından uzaklaştıkça bu durum azalmaktadır. Toprak ve sediment numunelerinde madene olan mesafeye (madene 100, 250, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 ve 10000 m uzaklıkta) göre değişen ağır metal kirliğinin ölçüldüğü çalışmada [19], maden alanına yakın bölgelerde Cu, Zn, Pb değerlerinin limit değerler üzerinde olduğu, maden alanından uzaklaştıkça toprak asitliğinin azaldığını belirtmişlerdir. Toprak ve sedimentte ölçülen ağır metal değerleri ise sedimentin arşiv görevi görmesi nedeniyle farklılık gösterecektir. Ağır metaller kalıcı toksisiteleri, mutajeniteleri ve besin zincirlerinde birikimleri nedeniyle en sorunlu kirletici türlerinden biridir ve nihayetinde küresel gıda güvenliğini etkiler [20].

2.3. Hava Kirliliği Üzerine Etkileri

Maden faaliyetlerinin cevher arama, üretim, zenginleştirme, geliştirme, izabe tesisleri, inşaat, işletme, taşıma ve nakliye aşamalarındaki tüm işlemlerinde hava kalitesi çeşitli şekillerde etkilenebilmektedir. Özellikle patlatma, kazıma, kırma, yığma, taşıma gibi madencilik işlemlerinde oluşan toz, rüzgârın da etkisiyle çevre ve halk sağlığını olumsuz yönde etkileyen zararlı maddeler kolayca pedosfer, atmosfer, biyosfer ve hidrosfere dağılabilir [2, 21]. Bu madencilik aşamalarının her birinde değişik oranlarda ağır metal, karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen oksit, AMD gibi zararlı hava kirleticileri rüzgârla kolayca dağılır. Solunum ve fotosentezini güçleştiren tozlu hava, bitkilerin döllenme, çiçeklenme, gelişme, meyve oluşumunu etkileyerek verimsizleşmelerine neden olur [22, 23].

2.4. Biyoçeşitlilik Üzerine Etkileri

Bir bölgenin ekolojik sağlığı, biyolojik çeşitliliği ile doğru orantılıdır. Çoğu zaman, maden faaliyetlerinin biyoçeşitlilik üzerine en kötü etkileri maden süreci durduktan sonra görülür. Maden faaliyetleri durduktan sonra yapılan iyileştirme çabaları bölgenin biyolojik çeşitliliğinin her zaman geri kazanımını sağlamaz. Türler kalıcı olarak kaybolabilir. Maden faaliyetleri başlangıç aşamasında tüm bitki örtüsünün temizlenmesi ile burada yaşayan mikroorganizmalarından büyük memelilere kadar çok çeşitli canlıların habitatlarında değişimler (sıcaklık, pH, kirlilik) ya da habitat kayıplarına yol açar, neticede maden alanlarında biyoçeşitlilik kayıpları meydana gelir [13]. Bölgedeki fauna ve floraya ait endemik türler habitatlarındaki en ufak değişimlere karşı hassas oldukları için nesillerinin tükenmesi veya yok olması riskine neden olabileceğinden, en ciddi şekilde etkilenirler. Madencilik yoluyla salınan toz, gazlar, toksik elementler ve asit maden drenajı hassas türlerin tüm popülasyonlarını yok edebilir.

Madenciliğin çevreye yönelik bir diğer kritik etkisi de biyomagnifikasyondur. Besin zincirinin alt seviyelerinde bulunan ve maden alanlarının yakınında yaşayan, toksik elementlere maruz kalan ve tolere edemeyen canlılar yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalırken, tolere edebilen canlılar hayatta kalıp vücutlarında var olan birikimleri besleme ilişkisi yoluyla zincirin

en üst halkasına doğru iletecektir. Sucul omurgasızlar kaplıca suyu, akarsu, nehir ve durgun su kütleleri gibi hemen hemen her tür sucul habitatta bulunurlar. Antropojenik ve doğal çevresel değişkenliklere hemen yanıt verdikleri için bulundukları suyun kalitesi ve habitat durumu için önemli bir belirteçtir. Murgul akarsuyunun doğal faunasında *Salmo trutta macrostigma* (Dummeril,1858) bulunurken günümüzde gerek hidroelektrik regülatörleri gerekse maden faaliyetleri neticesinde artık görülmemektedir. Maden alanlarındaki ağır metallerin dağılımı üzerine çalışmalar oldukça fazladır [19, 24], ancak histopatolojik etkileri açısından yapılan çalışmalar oldukça azdır. Yapılan bir çalışmada [25] Murgul akarsuyu boyunca sadece Murgul akarsuyunun Borçka barajı ile birleşeceği bölgede *Alburnus chalcoides* ve *Gobio gobio* (Cyprinidae) türü balıklara rastlanıldığını, elde edilen bu balıkların histopatolojik analizlerinde ise patolojik anomalikler görüldüğünü belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmalarında [26] , sucul böcek faunasından sadece 12 türün (9 Hydrophilidae, 3 Dytiscidae) teşhis edildiğini bildirilmiştir. Ayrıca [27] Murgul'daki çeşitli lokasyonlarda (köy ve ilçeye uzak alanlar) ağaç, kaya ve toprak üzerinden topladıkları likenlerin, atmosferik kirlilik nedeniyle Murgul merkezde bulamadıklarını belirtmişlerdir. Yine Kabaca köyüne özgü olan bal üretimi de bölgedeki biyoçeşitliliğin azalmasıyla olumsuz etkileneceği aşikârdır.

2.5. İklim Değişikliği Üzerine Etkileri

İklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinden korunmak, küresel ortalama sıcaklık seviyesinin sanayi öncesi seviyelere göre 1,5 °C'nin altına düşürmek için antropojenik sera gazı emisyonları hızla ve önemli ölçüde azaltılmalıdır [28]. Hem doğal süreçte hem de insani faaliyetler neticesinde salınan sera gazlarının atmosferik konsantrasyonunun artması, sera etkisini arttırarak iklimi ısıtmaktadır. Madencilik sektörü, sera gazlarının oluşmasına direkt (enerji kullanımı) ve indirekt (arazi yapısının bozulması, ormansızlaşma) olarak önemli katkıları vardır. Yine ağır metal salınımının artmasında dolayısıyla asit maden drenajının oluşmasında iklim faktörleri (sıcaklık, yağış ve rüzgâr) önemli bir rol oynamaktadır [28, 29]. Araştırmalara göre bakır üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları, toplam emisyonların yaklaşık olarak %0,3'ünü oluşturmaktadır [21].

Topraklar da ormanlar gibi karbon yutağı işlevi görmektedir. Küresel ölçekte hesaplandığında toprakta tutulan karbon miktarı, atmosfer ve biyosferde tutulan karbon miktarından 3.3-4.5 kat daha fazla olduğu tahmin edilmektedir [29]. Yapılaşma, tarım uygulamaları ve her türlü madencilik faaliyeti karbonun atmosfere yayılımında etkindir ve özellikle bu faaliyetler toprağın karbon yutağı özelliğini kaybetmesine neden olmaktadır. Madencilik, arazinin tahribiyle birlikte bitki örtüsünün ve toprak organik yapısının yok edilmesi, zararlı gazlar ve toksik elementlerin havaya ve besin zincirine karışması, orman kaybına ilave olarak ağaçların solunum ve fotosentezini engelleyerek gelişimini ve verimini etkilemek suretiyle zarar vermektedir [28, 29]. Bu hasarın etkileri sera gazlarının yayılımı, karbon yutak alanlarının etkinliğinin azaltılması veya yok edilmesi, flora ve faunanın ölümü ve habitat erozyonu da dâhil olmak üzere, bir madenin kapatılmasından yıllar sonra da devam edebilir.

Murgul'da Madencilik Tarihi ve Etkileri

Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Trakya Türkiye'de önemli bakır rezervlerine sahiptir ve Artvin-Murgul, Türkiye'nin ana bakır üretim merkezlerindendir. Artvin metal bakımından polimetaldir ve Cu, Pb, Zn, Mn, Au ve Ag elementleri bakımından zengindir [30].

Murgul'da cevher araması için sistematik araştırmalar 1898 yılında başlamış olup, 1901 yılında "Caucasus Copper Company" işletme imtiyazını alarak bakır madeni faaliyetine 1907

yılında başlamıştır, ancak 1917 yılında faaliyetini durdurmuş, 1930 yılında şirket tasfiye edilip 1938 yılında Etibank tarafından devralınmış ve 1951 yılında tekrar kurulmuştur [23]. SO_2 emisyonunun artmasıyla birlikte [22] önerisiyle bölgede Murgul sülfürik asit fabrikası kurularak elde edilen ürün ziraatte ihtiyaç duyulan fosfatlı gübre malzemesi olarak kullanılmıştır [31]. Sülfürik asit fabrikası 1963-1975 yılları arasında işletilerek ve 1986-1999 yıllarında ekleme yapılarak SO_2 emisyonu azaltılmaya çalışılmıştır. 1951-1997 yılları arasındaki SO_2 emisyonu 795431 ton olduğu tahmin edilmiştir [32]. Yine 2010 yılında maden atık barajı inşa edilinceye kadar, maden çalışmaları neticesinde oluşan atık maddeler Murgul deresine deşarj edilmekteydi. Bu atıklar prit bakımından zengin olduğu için sülfid oksidasyonunun da göstergesidir.

Şekil 4. Murgul Bakır Madeni (Google Earth).

Murgul bakır madeni Karadeniz'e 50 km mesafede, Türkiye'nin en büyük bakır madenlerinden biridir. Murgul deresi Karadeniz'e dökülen Çoruh'un büyük bir kolu olmakla birlikte Lepüskür, Kabaca ve Damar dereleri Murgul'da bulunan diğer sürekli derelerdir. Damar ve Lepüskür dereleri, Murgul madeni atık depolama alanına yakın olup Damar yerleşimine yaklaşık 800 m mesafededir ve Murgul yerleşim alanından geçen Kabaca deresine karışır. Kabaca deresi Murgul deresi ile birleşip Murgul yerleşimini geçerek Çoruh nehrine karışır, Hopa sınırından Karadeniz'e dökülür (Şekil 4). Murgul bakır madeni ve beton işletmeleri bölgedeki başlıca antropojenik kirleticilerdir. Bununla birlikte Murgul deresi üzerinde çok sayıda hidroelektrik regülatörü bulunmaktadır.

Bu derleme çalışmasında, Murgul bakır madeni civarında, madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan çevre ve insan sağlığı konusundaki çalışmalar gözden geçirilerek, Murgul bakır madeninin tatlı su ekosistemlerindeki (Borçka Barajı, Murgul deresi ve kolları) biyoçeşitlilik ve çevre kirliliğine olan etkisi ve bölge ekosisteminin son durumu hakkında yapılan araştırmaların bir dökümünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla bölgede biyoçeşitlilik ve çevre kirliliği konusunda yapılan mevcut literatür değerlendirilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Murgul bakır madeni çalışmalarının çevreye ve insan sağlığına etkileri belirlenirken, Murgul deresi ve kolları üzerinde yapılmış İngilizce ve Türkçe yayımlanmış çalışmalar dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmalara bakıldığında açık ocak yöntemiyle çalışan Murgul bakır madeni, çalışma esnasında oluşan mineral tozları sebebiyle çevre kirliliğine neden olması ve canlılara zarar vermesi ile bu bölgede bilimsel çalışmalar başlatılmıştır. Bölgede madenin zararlı etkilerine ait ilk çalışma 1951 yılında [33] tarafından yürütülmüştür. 1951-2022 yılları arasındaki incelenen bu çalışmalar, çeşitli biyotik ve abiyotik öğelerin kullanılmasıyla madencilik faaliyetlerinin zararlı etkilerini belirlemeye çalışmışlardır.

III. BULGULAR

Murgul'da bakır madeninin neden olduğu çevresel ve insan sağlığı üzerine ilk çalışma Irmak ve Huş tarafından 1951 yılında yayımlanmıştır. 1951-2022 yılları arasında Murgul deresi ve kolları üzerinde yapılmış çevre kirliliği, biyoçeşitlilik, histopatoloji gibi konulardaki araştırmalara ait Türkçe ve İngilizce literatür incelendiğinde 8 yüksek Lisans tezi, 3 Doktora tezi, 14 SCI, 10 TR dizin ve 3 bildiri taranmıştır. Bu bilimsel çalışmalar 1951 yılında başlamış ve günümüze dek su, sediment, hava, toprak, bitki (kabuk, yaprak), liken, yosun, balık, kurbağa, böcek numuneleri kullanılarak kirliliğin takibi ve olası etkileri belirlenmiştir. Bu çalışmalarda Murgul yöresinde aşırı kirlenmenin Damar derede olduğu, bu kirlenmenin Çoruh nehrine kadar izlendiği belirtilmektedir [34]. Bu değerlerin bazılarına yıllara göre bakıldığında;

T (°C): Murgul deresi ve Borçka barajı üzerinde 2011-2013 yılları arasında yapılan çalışmada [35] ortalama T (°C) değeri 22.48 olarak belirtilmiştir. [36] 22 lokasyondan topladıkları su örneklerindeki en düşük ve en yüksek T (°C) değeri 20.9-25.4; Murgul deresinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği sıcaklık değerleri 17.3 ile 21.9 arasında; 2004-2017 yılları arasında yeraltı suyunda 10 ile 14.7, sızıntı suyunda 1 ile 4.6, Atık barajı yüzey suyunda 21.9, yüzey suyunda ise 10.2 ile 17,2 arasında ölçüm yapmıştır [38]. Yapılan bir başka çalışmada [39] Murgul deresi havzasına ait su sıcaklık değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri -0.1 ile 27.9; [40] Murgul deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri 2.8 ile 27 °C olarak belirlemişlerdir. Doğal sularda sıcaklık değerleri, su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre ≤25 olması gerekmektedir [41].

pH: Murgul deresi ve kolları üzerinde topladıkları su örnekleri içerisinde 7.59-9.70, Çoruh nehrinde 8.31, temiz suda 8.30, çeşme suyunda 7.64 değerlerini [42]; 2005-2006 yılları arasında maden sahası civarından topladığı ham su örneklerinde pH değeri 2,7-10,84 [43]; 2011-2013 yılları arasında ortalama pH değeri 7.87 [35]; 2014-2015 yılları arasında yapılan örneklemede Bakır madeni yukarısında 8.08, bakır madeni çıkışında 9.07, Kabaca deresinde 8.4, Borçka barajında 8.19 [44]; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek pH değeri 2.71-10.47 arasında; [37] Murgul deresinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında elde ettiği pH değerleri 5.9 ile 8.6 arasında; 2004-2017 yılları arasında yeraltı suyunda 7.77 ile 11.17, sızıntı suyunda 2.91 ile 7.2, atık barajı yüzey suyunda 7.17, yüzey suyunda ise 3.14 ile 8.19 [38]; bir başka çalışmada Murgul deresi havzasına ait su pH değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri 3.04 ile 8.60 [39]; 2015-2016 yılları arasında maden alanında yaptığı [24] ölçümlerde pH değerini Murgul deresinde 8.14-8.39, Borçka Barajında 8.11-9.10 arasında; Murgul deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek su pH değerleri 3.26 ile 8.32 [40], sediment pH değerleri 7.14 ile 7.46 arasında; [45] ise 4.13-7.64 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Doğal sularda pH değerleri, su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 6,5-8,5 arasında olması gerekmektedir [41].

İletkenlik (EC) (µS/cm): 2011-2013 yılları arasında yapılan çalışmada [35] ortalama EC değeri 32.53 µS/cm olarak belirtilmiştir. 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede Bakır madeni yukarısında 114, bakır madeni çıkışında 1170, Kabaca deresinde 490, Borçka barajında 283; 22 lokasyondan toplanılan [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek EC değeri 72-7110; Murgul deresinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında elde ettiği EC değerleri 158 ile 555 arasında [37]; 2004-2017 yılları arasında yeraltı suyunda 51.1 ile 1207, sızıntı suyunda 1885 ile 4397, atık barajı yüzey suyunda 1835, yüzey suyunda ise 190 ile 3060 arasında ölçüm yapılmıştır [38]. Yapılan başka çalışmada [39] Murgul deresi havzasına ait su EC değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri 30 ile 1187;

0.06-0.50 [45]; Murgul deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek su EC değerleri 20 ile 1638, sediment EC değerleri 16.87 ile 184.1 arasında değiştiğini belirtmiştir [40].

Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) (mg/L): 2011-2013 yılları arasında ortalama TDS değeri 223.56 mg/l olarak belirtilmiştir [35]; 2004-2017 yılları arasında yeraltı suyunda 26 ile 598, sızıntı suyunda 1089 ile 2313, atık barajı yüzey suyunda 922, yüzey suyunda ise 98 ile 1570 arasında ölçüm yapmıştır [38]. Yapılan başka çalışmada [39] Murgul deresi havzasına ait su TDS değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri 30 ile 1124; 2015-2016 yılları arasında maden alanında yaptığı ölçümlerde [24] TDS değerini Murgul deresinde 112-198, Borçka Barajında 157-333 arasında ölçmüştür. Murgul deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek TDS değerleri 40.3 ile 877.5 arasında değiştiğini belirtmiştir [40]. Doğal sularda TDS değerleri, su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 500 mg/l olması gerekmektedir [41].

Al: Murgul bakır madeni civarından toplanılan yosun ve toprak numunelerindeki Al (g/kg) seviyesi sırasıyla 4.40 ve 8.84; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise sırasıyla 1.546 ve toprak değeri dedeksiyon seviyesinin altında olarak ölçülmüştür [46]. 22 lokasyondan topladıkları su örneklerindeki en düşük ve en yüksek Al değeri 0.01 ve 52.734 (mg/l) [36]; Murgul deresinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında elde ettiği Al değerleri 28.7 ile 8751 (µg/l) arasında ölçmüşlerdir [37]. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 0.3 mg/l olması gerekmektedir [41].

Cu: Murgul çevresinden toplanan su örnekleri içerisinde Cu değeri 0.001 - 6.15 mg/l [34]; Murgul deresi ve kolları üzerinde toplanılan su örnekleri içerisinde Cu değeri 2.07-3.15 [42], Çoruh nehrinde 0.17, temiz suda 0.03, çeşme suyunda 0.01 değerlerini; Murgul'daki çeşitli lokasyonlarda (köy ve ilçeye uzak alanlar) ağaç, kaya ve toprak üzerinden toplanılan likenlerde ölçtükleri element çalışmasında, Murgul merkezde liken örneği bulamadıklarını, bu durumu likenlerin atmosferik kirleticilere karşı hassas olmaları nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. Cu konsantrasyonunu liken türlerinde 0.027±0.001 ile 0.117±0.006 (%), toprakta ise 0.117±0.006 (%) arasında ölçülmüştür [27]. Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Cu (mg/kg) seviyesi sırasıyla 524.30 ve 281.39; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye 122 ve 134 olarak ölçülmüştür. 2014-2015 yılları arasında yaptıkları örneklemede [44] Bakır (µg/L) madeni yukarısında 26, bakır madeni çıkışında 895, Kabaca deresinde ortalama 152.5, Borçka barajında 0.76; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek Cu değeri 0.0009 ve 291.090 (mg/l); Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Cu değerleri 4.3 ile 5477 (µg/l) arasında; Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Cu değerleri 0 ile 4657 [40]; 2015-2016 yılları arasında maden alanında yaptığı ölçümlerde [24] Cu (ppm) değerini Murgul deresinde 592.50 ile 801.30, Borçka Barajında 362.12 ile 563.67; toprakta 0.1-88.7 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir [45]. Toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Cu değeri sırasıyla 337.8 ile 3850.1 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 20 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Ti: Liken türlerinde Ti konsantrasyonunu 0.013±0.001 ile 0.262±0.013 (%) arasında ölçmüşlerdir [27].

V: Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki V (mg/kg) seviyesi sırasıyla 70.91 ve 76.17; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise sırasıyla 69.2 ve 70.5 olarak ölçülmüştür.

Cr: 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 2.02, bakır madeni çıkışında 1.32, Kabaca deresinde ortalama 1.19, Borçka barajında 0.09; Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Cr (mg/kg) seviyesi sırasıyla 43.47 ve 45.52; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise

sırasıyla 52 ve 45 olarak ölçülmüştür. Toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Cr değeri sırasıyla 14.5 ile 12.7 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 20 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Mn: Murgul çevresinden toplanan su örnekleri içerisinde Mn 0.003 - 4.53 mg/l arasında değişmektedir [34]. Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Mn (mg/kg) seviyesi sırasıyla 888.39 ve 1018.78; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye 1015.2 ile 1167 olarak ölçülmüştür. Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Mn değerleri 5.2 ile 3161 (µg/l) arasında; 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 64.2, bakır madeni çıkışında 402, Kabaca deresinde ortalama 211, Borçka barajında 7.4; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerleri 0.002 ile 56.610 (mg/l); Toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Mn değeri sırasıyla 719 ile 403.7 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 100 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Fe: Liken türlerinde Fe konsantrasyonunu 0.188±0.009 ile 38.544±1.927 (%) arasında [27]; Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde Fe 0.01 - 6.90 mg/l; Murgul deresi ve kolları üzerinde topladıkları [42] su örnekleri içerisinde Fe 0.69-4.88, Çoruh nehrinde 1.62, temiz suda 0.30, çeşme suyunda 0.01 değerlerini; Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Fe (g/kg) seviyesi sırasıyla 4.14 ve 5.41; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise sırasıyla 1.89 ve toprak değeri dedeksiyon seviyesinin altında olarak ölçülmüştür. Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Fe değerleri 6.3 ile 49.628 (µg/l) arasında; 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 1950, bakır madeni çıkışında 3140, Kabaca deresinde ortalama 1930, Borçka barajında 80.2; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerleri <0.01 ile 25.724 (mg/l); Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Fe değerleri 0 ile 60570 [40]; Toprakta yapılan ölçümlerde [45] 14-50 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 300 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Co: 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 0.91, bakır madeni çıkışında 6.51, Kabaca deresinde ortalama 2.005, Borçka barajında 17.20; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek Co değeri 0.14 ve 1252.58 (µg/l); Toprakta yapılan [45] ölçümlerin 0.0-0.4 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 10 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Ni: 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 3.9, bakır madeni çıkışında 6.4, Kabaca deresinde ortalama 14.25, Borçka barajında 2.5; Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Ni (mg/kg) seviyesi sırasıyla 25.34 ve 28.74; kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise sırasıyla 23.2 ve 26 olarak ölçülmüştür. 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerleri <0.2 ile 175.3 (µg/l); Toprakta 0.2-0.8 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir [45]. Başka bir çalışmada toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Mn değeri sırasıyla 15.5 ile 13 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 20 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Zn: Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde Zn 0.03- 4.76 mg/l; Murgul deresi ve kolları üzerinde topladıkları [42] su örnekleri içerisinde Zn 0.51-2.45, Çoruh nehrinde 0.04, temiz suda 0.01, çeşme suyunda 0.16 değerlerini; Murgul bakır madeni civarından topladıkları [46] yosun ve toprak numunelerindeki Zn (mg/kg) seviyesi sırasıyla 263.86 ve 152.95, kontrol alanındaki yosun ve toprakta en yüksek seviye ise 105 ve 134 olarak

ölçülmüştür. Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Zn değerleri 0.8 ile 6666 (µg/l) arasında; 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 46.8, bakır madeni çıkışında 537, Kabaca deresinde 135.6, Borçka barajında 13.8; Toprakta 4.0-20.3 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir [45]. 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerleri 0.006 ile 55.322 (mg/l); Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Zn değerleri 0 ile 1176 [40]; Toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Zn değeri sırasıyla 157.5 ile 1010.5 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 200 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

As: Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde As 0.04 -10.77 µg/l; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek As değeri <0.5 ve 189.2 (µg/l); Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği As değerleri 0.86 ile 36.4 (µg/l) arasında belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 20 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Sr: Liken türlerinde Sr konsantrasyonunu 0.012±0.001 ile 0.039±0.002 (%) arasında ölçmüşlerdir [27].

Ba: Likenlerde Ba konsantrasyonunu 0.019±0.001 ile 1.760±0.087 (%) arasında ölçmüşlerdir [27]. 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek Ba değeri 5.79 ve 423.36 (µg/l); Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Ba değerleri 23.7 ile 33.9 (µg/l) arasında belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 1000 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Cd: Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde Cd 2-89 µg/l; Murgul deresi ve kolları üzerinde topladıkları [42] su örnekleri içerisinde Cd 14.00-31.00, Çoruh nehrinde 6.80, temiz suda 6.00, çeşme suyunda 11.00 değerlerini; 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 0.63, bakır madeni çıkışında 2.88, Kabaca deresinde ortalama 1.055, Borçka barajında 0.33; Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Cd değerleri 0.02 ile 4.97 (µg/l) arasında iken, bu değer Murgul deresinin bazı noktalarında 49.0 olmaktadır. 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek Cd değeri <0.05 ve 265.71 (µg/l); Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Cd değerleri 0 ile 3.91 [40]; Başka bir çalışmada ise toprakta Cd değerini ölçümleyememişlerdir [45]. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 3 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Hg: Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde Hg 0.14 - 24.36 µg/l; Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Hg değerleri 0.93 ile 419.3 [40]; Murgul deresi boyunca 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Hg değerleri genel olarak <0.001 (µg/l) olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 0.1 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Pb: Murgul çevresinden toplanan [34] su örnekleri içerisinde Pb 0.02 - 4.37 mg/l; Murgul deresi ve kolları üzerinde topladıkları [42] su örnekleri içerisinde Pb 0.38-2.37, Çoruh nehrinde 0.19, temiz suda 0.02, çeşme suyunda 0.11 değerlerini; 2014-2015 yılları arasında yaptıkları [44] örneklemede (µg/L) Bakır madeni yukarısında 5.6, bakır madeni çıkışında 73.3, Kabaca deresinde ortalama 37.85, Borçka barajında 0.1; Murgul deresi ile Borçka barajı birleşim yerinde 2011-2013 yılları arasında Mayıs ve Ağustos arazi çalışmalarında [37] elde ettiği Pb değerleri 0.11 ile 2361 (µg/l) arasında; 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerleri 0.1 ile 33.5 (µg/l); Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek Pb değerleri 0 ile 107.8 [40]; 2015-2016 yılları arasında maden alanında yaptığı [24] ölçümlerde Pb (ppm) değerini Murgul deresinde 155.76 ile 192.78, Borçka Barajında 135.57 ile 179.30 arasında ölçmüştür. Toprakta 0.3-4.1 (mg/kg) arasında değiştiğini

belirtmişlerdir [45]. Toprakta ve akarsu sedimentinde ölçtükleri [19] Pb değeri sırasıyla 174.8 ile 2984.2 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 10 (µg/l) olması gerekmektedir [41].

Toplam Nitrojen (TN): Borçka barajının yüzey, orta ve dip kısmından aldığı [35] su örneklerinde TN değeri 0.326 ile 0.547 (mg/l) arasında değiştiği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada Çoruh nehrinde 0.335 mg/l ile 1.300 mg/l, Murgul deresinde 0.217 mg/l ile 1.310 mg/l, Borçka barajında 0.268 mg/l ile 1.560 mg/l arasında değerleri ölçmüşlerdir [47]. Yapılan bir çalışmada [39] Murgul deresi havzasına ait en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri 0 – 19 ile 3.1 (mg/l); Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek azot değerleri 0.02 ile 0.04 [40]; [45] ise 0.02-2.25 % arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Toplam Fosfor (TP): Çoruh nehrinde 0.081 mg/l ile 0.100 mg/l, Murgul deresinde 0.080 mg/l ile 0.114 mg/l, Borçka barajında 0.080 mg/l ile 0.107 mg/l arasında değerleri ölçmüşlerdir ve yer üstü su kalite yönetmeliğine göre hafif kirli su kalitesinde olduğu belirtilmiştir [47]. 2011-2013 yılları arasında ortalama TP değeri 0.19 mg/l olarak belirtilmiştir [35]. [45] ise 14-116 % arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 0.02 (mg/l) olması gerekmektedir [41].

Sülfat (mg/l): 2011-2013 yılları arasında ortalama SO_4 değeri 127.25 mg/l olarak belirtilmiştir [35]. 22 lokasyondan topladıkları [36] su örneklerindeki en düşük ve en yüksek değerler <3 ile 13.800; 2004-2017 yılları arasında yeraltı suyunda 11,5 ile 421, atık barajı yüzey suyunda 1040, yüzey suyunda ise 134 ile 1530 arasında ölçüm yapmıştır [38]. Murgul deresi havzasında yaptığı çalışmada [39] en düşük ve en yüksek sülfat (SO4) değerleri 3 ile 797; Murgul Deresi ölçüm noktalarında en düşük ve en yüksek kükürt değerleri 0.16 ile 3.42 [40]; başka bir çalışmada [45] 16.2-150 (mg/kg) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 200 (mg/l) olması gerekmektedir [41].

Kimyasal Oksijen İhtiyacı: Çoruh nehrinde 2.66 mg/l ile 9.12 mg/l, Murgul deresinde 3.48 mg/l ile 11.8 mg/l, Borçka barajında 2.70 mg/l ile 10.3 mg/l arasında değerleri ölçmüşlerdir [47]. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 25 (mg/l) olması gerekmektedir [41].

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD): 2011-2013 yılları arasında ortalama BOD değeri 3.06 mg/l olarak belirtilmiştir [35]. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre 4 (mg/l) olması gerekmektedir.

Uzun yıllar boyunca madencilik faaliyetleri sürdürülen ve yıllar boyu yapılan patlatmaların arazi zeminini hasara uğratarak, kayaç içyapısında çatlaklara sebep olması kaçınılmazdır. Bu kadar örselenmiş bir arazi üzerinde bulunan atık barajının bünyesinde bulunduğu atık malzemeleri sızdırmaması beklenemez. Bu çalışmalar atık barajının oluşturduğu çevresel riskin kanıtı niteliğindedir.

IV. SONUÇ

Tüm bu sonuçlar, 1907 yılından itibaren maden çalışmalarına devam edem Murgul Bakır Madeni faaliyetleri neticesinde bölgeden toplanan biyotik ve abiyotik numunelerde kritik seviyede ağır metal(oid) birikimleri oluştuğu, bölgedeki ekosistem üzerine etkili olduğu kadar insan sağlığı, tarım ve hayvancılık üzerinde de olumsuz etkilerine dair kanıtları göstermektedir. Murgul bakır madeni çevresel etkileri üzerine toplamda 8 yüksek Lisans tezi, 3 Doktora tezi, 14 SCI, 10 TR dizin ve 3 bildiri literatür vardır ancak sağlık riskleri, epidemiyolojik çalışmalar ve biyoçeşitlilik üzerine bilimsel literatür çok azdır. Çeşitli biyotik (yosun, liken, böcek, bitki, balık, kurbağa vb.) ve abiyotik (su, sediment, toprak) numuneler kullanılarak yürütülen bu çalışmalar bölgedeki maden kaynaklı kirlilik seviyesini ve özellikle madene yakın alanlarda biyoçeşitlilikteki azalmayı göstermektedir. Ayrıca Murgul madeni civarında bulunan ve sürekli

derelerden olan Murgul, Damar ve Kabaca dereleri nihayette Karadeniz'e dökülmesi nedeniyle Karadeniz'in kirliliğine ve tür çeşitliliğindeki azalmaya etkisi olacaktır. Bakır madeni nedeniyle açığa çıkan zararlı maddelerin (toz, ağır metal, SO_2 vb.) abiyotik ve biyotik ortamlarda maruziyetini izlemek, proaktif sağlık ve güvenlik programının önemli bir parçasıdır.

Planlı olarak gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri, faaliyet süresince ve faaliyet neticelendiğinde tahrip edilen ekosistemlerin onarımı ve yeniden kazanımı uzun yıllar sürse de mümkündür. Gerek eş zamanlı gerekse maden işletmesi kapandıktan sonra rehabilitasyon, restorasyon, rekültüvasyon, revejetasyon, reklamasyon gibi faaliyetler yürütülerek, bölgede bozulan fauna-flora dengesinin yeniden kurulması, tahrip edilen alanların aslına en yakın görünümü kazandırılarak doğa onarımı ve yeniden kazanımla kalıcı tahribatın önüne geçen çalışmalarla ve mevzuat doğrultusunda hareket ederek ekonomik kalkınmaya katkı sunan madencilik faaliyetleri ekosistem sağlığı için bir facia olmaktan çıkarılmalıdır. Özellikle Artvin bitki çeşitliliği ve endemik tür açısından Türkiye'nin önemli illerinden biridir. Burada 2727 tanımlanmış bitkinin 198'i endemik olduğu düşünülürse konunun hassasiyeti daha da önem kazanmaktadır [48]. Bu anlamda bölgenin nadir ekosistemler, tür çeşitliliği ve endemik türler açısından incelenmesine dair bir veriye rastlanılmamıştır.

Küresel ölçekte karbon yutağı olarak adlandırılan, karbondioksitin atmosferden yutularak depolanmasını sağlayan doğal iki sistem vardır, biri ormanlar diğeri okyanuslardır. Sınırsız ekonomik büyüme ve kalkınma çabasıyla karbon yutaklarını yok edersek sera gazlarını azaltım etkisi oluşturan emisyon artacak, dolayısıyla SDG kriterlerinde belirtilen karbon nötr kıta olma ya da iklim nötrlüğüne ulaşmak, biyoçeşitliliği korumak gibi hedeflerle çelişmiş olunacaktır. Bu nedenle günümüzde madencilik, orman yangınları, yapılaşma vb. nedenlerle küçülmekte olan orman yutak alanlarının önceki seviyelerine geri döndürerek, yasalarda hiçbir şekilde boşluk bırakmayarak ormansızlaştırmanın önüne geçilmelidir.

Maden alanlarının genel bir problemi olan asit maden drenajı, ekosistem üzerinde kalıcı hasara neden olduğu için etkilenmiş bu alanlarda iyileştirme çalışmaları son zamanlarda artmıştır. Fitoremediasyon çalışmalarında, bulunduğu bölgedeki kirli alanlara ve o bölgenin iklim şartlarına adapte oldukları için yerel bitki türleri önerilir. Bu anlamda Murgul'da kapsamlı bir çalışma yürütülmemiştir. *Robinia pseudoacacia* ve *Alnus glutinosa* türleri Artvin Orman Müdürlüğü tarafından dikimi yapılarak Murgul madeni civarında iyileştirme çalışmaları yapılmıştır, bu bitkilerin nitrojen seviyesini iyileştirmede kullanılabileceği belirtilmiştir [32]. *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), *Baccharis trimera* (Asteraceae), *Gazania rigens, Pelargonium hortorum, Silene compacta* türlerine ilave olarak çam, meşe, ıhlamur, karaçam, kavak ve huş gibi bitkiler dünya literatüründe bakır madeni alanında fitoremediasyon için önerilen bitkilerdir [45, 49]. Ülkemizde de fitoremediasyonda kullanılabilecek bitkiler ile algal/mikrobiyal remediasyon yöntemleri maden alanlarının iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] S. Chamorro, C. Barata, B. Piña, M. Casado, A. Schwarz, K. Sáez, G. Vidal, "Toxicological analysis of acid mine drainage by water quality and land use bioassays," Mine Water and the Environment, 37(1), 88-97, 2018.

[2] M. Karadeniz, "Asit Maden (Kaya) Drenajında Aktif ve Pasif Çözüm Yöntemleri," Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler kitabı, 91-97, 2005.

[3] N.F. Gray, "Environmental impact and remediation of acid mine drainage: a management problem," Environmental geology, 30(1), 62-71, 1997.

[4] M. Chen, F. Li, M. Tao, L. Hu, Y. Shi, Y. Liu, "Distribution and ecological risks of heavy metals in river sediments and overlying water in typical mining areas of China," Mar. Pollut. Bull., 146, 893–899, 2019.
[5] C. Luo, J. Routh, M. Dario, S. Sarkar, L. Wei, D. Luo, Y. Liu, "Distribution and mobilization of heavy metals at an acid mine drainage affected region in South China, a post-remediation study," Science of The Total Environment, 724, 138122, 2020.
[6] C. Stephens, M. Ahern M, "Worker and Community Health Impacts Related to Mining Operations Internationally: A Rapid Review of the Literature," Mining, Minerals and Sustainable Development. London: International Institute for Environment and Development, 1-59, 2001.
[7] A. Royer, T. Sharman, " Copper Toxicity" StatPearls Publishing: Treasure Island, USA, 2020.
[8] R. Patel, M. Aschner, "Commonalities between copper neurotoxicity and Alzheimer's disease," Toxics, 9(1), 4, 2021.
[9] T. Nevitt, H. Öhrvik, D.J. Thiele, "Charting the travels of copper in eukaryotes from yeast to mammals," Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research, 1823(9), 1580-1593, 2012.
[10] H. Pierson, H. Yang, S. Lutsenko, "Copper transport and disease: what can we learn from organoids?" Annual review of nutrition, 39, 75-94, 2019.
[11] J.R. Prohaska, "Impact of copper deficiency in humans," Annals of the New York Academy of Sciences, 1314(1), 1-5, 2014.
[12] Y. Iwasaki, S.J. Ormerod, "Estimating safe concentrations of trace metals from inter-continental field data on river macroinvertebrates," Environ. Pollut. 166, 182e186, 2012.
[13] S. Joachim, H. Roussel, J.M. Bonzom, E. Thybaud, C.A. Mebane, P. Van der Brink, L. Gauthier, "A long-term copper exposure in a freshwater ecosystem using lotic mesocosms: invertebrate community responses," Environ. Toxicol. Chem. 36 (10), 2698e2714, 2017.
[14] F. Luz, C.S. Volmar, M.B. Trevisan, S.L.M.B. Cirino. "Silicosis among former copper mine workers," Ciencia Saude Coletiva. 16(8), 3421, 2011.
[15] A. Çepnioğlu, "Maden İşçilerinin Aile Hayatı: Murgul Örneği" Karadeniz Araştırmaları Merkezi, Journal of Black Sea Studies, XIV/56, 123-134, 2017.
[16] O. Erkmen, "Bakır Madenlerinde Çalışan İşçilerin Kanlarındaki Bakır Konsantrasyonunun Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, 2019.
[17] H. Savaş., "Murgul bakır işletmelerinde uzun süredir çalışan kişilerin kanlarındaki bakır seviyeleri ile eritrosit glutatyon redüktaz aktiviteleri arasındaki ilişkinin incelenmesi," İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38 s, 1994.
[18] N. Nishimoto, Y. Yamamoto, S. Yamagata, T. Igarashi, S. Tomiyama, "Acid Mine Drainage Sources and Impact on Groundwater at the Osarizawa Mine, Japan," Minerals, 11(9), 998, 2021.
[19] B. Sağlam, A. Bilgin, M. Aybar, "Assessment of Heavy Metal Pollution in Soil and Sediments of Murgul Copper Mine and Its Surroundings," Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 20 (1), 25-37, 2020. Doi: 10.17475/kastorman.705816
[20] W. Pu, J. Sun, F. Zhang, X. Wen, W. Liu, C. Huang, "Effects of copper mining on heavy metal contamination in a rice agrosystem in the Xiaojiang River Basin, southwest China," Acta Geochimica, 38(5), 753-773, 2019.
[21] T. Watari, S. Northey, D. Giurco, S. Hata, R. Yokoi, K. Nansai, K. Nakajima, "Global copper cycles and greenhouse gas emissions in a 1.5 °C world," Resources, Conservation and Recycling, 179, 106118, 2022. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106118

[22] Ş. Akman, "Murgul Bakır Işletmesı Bacalarından Çıkan Kükürt Dioksid Gazları İle Bulaşmış Otları Yiyen Hayvanlarda Sülfürik Asid İle Zehirlenme Olayları Üzerine Araştırmalar," Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2(1), 24-52, 1955. https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002346.
[23] A. Acatay, "Murgul Bakır Fabrikasının Yaptığı Gaz Zararları (Rauchschaden Der Kupferhütte In Murgul)" Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 0 (0), 1-17, 1968. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/jffiu/issue/18679/197048
[24] K. Özşeker, "Artvin İli Tatlı Su Ekosistem Sedimentlerin'de Ağır Metallerin Çevresel Ekolojik Risk Etkilerinin Alansal ve Zamansal Değerlendirilmesi," Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 4(3), 551-559, 2019. Doi: https://doi.org/10.35229/jaes.635941
[25] Z. Aydoğan, T. Şişman, Ü. İncekara, Ö. Aksakal, M.C. Darılmaz, "Heavy Metal(oid)s Magnification in Freshwater Food Web Components with Their Abiotic Environment, Histopathological Analyses, and Ecological Risk Assessment in a Copper Mine Area" JTEMB-D-22-00014, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4007847 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4007847 (unpublished)
[26] Z. Aydoğan, Ü. İncekara, T. Şişman, M.C. Darılmaz, Ö. Aksakal, "Investigation of the Distribution of Aquatic Entomofauna (Coleoptera) Affected by Murgul Copper Mine Area, with New Faunistic Records in Artvin," Journal of the Institute of Science and Technology, 12(2): 578-588, 2022.
[27] A. Aslan, G. Budak, A. Karabulut, Y. Karagoz, G. Apaydin, B. Ertugral, U. Cevik, "Analysis of elements in some lichens by radioisotope X-ray fluorescence spectrometry," Fresenius Environmental Bulletin 13 (8), 740–747, 2004.
[28] IPCC, 2021. Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
[29] R. Lal, "Soil carbon sequestration to mitigate climate change," Geoderma 123:1-22, 2004.
[30] https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-yataklari
[31] MTA. 2016. Türkiye Madencilik Faaliyeti. https://dergi.mta.gov.tr. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fdergi.mta.gov.tr%2Fdosyalar%2Fimages%2Fmtadergi%2Fmakaleler%2Ftr%2F20160728160146_1748_227a9f90.pdf&clen=510641&chunk=true (Erişim tarihi: 14.02.2022)
[32] M. Küçük, I. Yener, A. Duman, "Effects of Vegetation Cover/Land Use And Slope Aspect On Surface Soil Properties Near The Copper Smelter Factory In Murgul, Turkey," Applied Ecology and Environmental Research, 17(5), 12305-12321, 2019.
[33] A. Irmak, S. Huş, "Murgul Bakır Fabrikası Gazlarının Ormanlara Yapacağı Zararlar ve Orman İdaresince Alınması Gerekli Tedbirler Hakkında Teklif," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1 (2), 44-48, 1951. DOI: 10.17099/jffiu.10423.
[34] M. Akçay, N. Tüysüz, "Murgul Cu Madeni Çevresinde Ağır Elementlerin Yanal Dağılımı ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri," Yer Bilimleri, 2(30), 725-741, 1997.
[35] A. Bilgin, "An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques," Environmental Monitoring and Assessment, 187(721), 1-16, 2015.
[36] E.S. Sağlam, M. Akçay, "Chemical and mineralogical changes of waste and tailings from the Murgul Cu deposit (Artvin, NE Turkey): implications for occurrence of acid mine drainage," Environmental Science and Pollution Research, 23(7), 6584-6607, 2016.
[37] I. Yolcubal, A.D. Demiray, E. Çiftçi, E. Sanğu, "Environmental impact of mining activities on surface water and sediment qualities around Murgul copper mine, Northeastern Turkey," Environmental Earth Sciences, 75(1415), 1-25, 2016.
[38] E. Dişli, "Murgul Bakır Madeni-Damar Atık Barajı (Artvin) Alanındaki Yeraltı ve Yüzey Suyu Kaynaklarının Hidrojeolojik Özellikleri ve Boya Deneyi," Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(1), 163-178, 2018.

[39] S. Yıldırımer, "Borçka Barajı Havzasında Su Rejimi, Su Kalitesi Ve Sediment Veriminin Swat Kullanarak Belirlenmesi Ve Modellenmesi," Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 2018.
[40] B. Berk, "Murgul, Fabrika Ve Hatila Derelerinde Mevcut Su Ve Sediment Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi Ve Havza Bazında Karşılaştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 2019.
[41] SKKY, 2012, "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği," T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Resmi Gazete Sayısı: 28483. Kasım, Ankara.
[42] M. Akçay, "Environmental effects of the acid rains and mine drainage around the Murgul VMS copper deposit, Eastern Pontides, Turkey", 1998.
[43] E.S. Sağlam, "Murgul (Artvin) Bakır Madeni'nin Çevresel Etkileri," Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2007.
[44] A. Bilgin, M.U. Konanç, "Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods," Environmental Earth Sciences, 75(12), 1-18, 2016. DOI 10.1007/s12665-016-5821-0
[45] M. Öztürk, V. Altay, M. Küçük, İ.E. Yalçın, "Trace Elements in the Soil-Plant Systems of Copper Mine Areas-A Case Study From Murgul Copper Mine From the Black Sea Region of Turkey," Phyton, Int. Journal of Experimental Botany, 88 (3), 223-228, 2019.
[46] B. Koz, U. Cevik, S. Akbulut, "Heavy metal analysis around Murgul (Artvin) copper mining area of Turkey using moss and soil," Ecological Indicators, 20, 17–23, 2012
[47] A. Bayram, M. Kenanoğlu, "Temporal Variation of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Surface Waters from the Lower Çoruh River Basin, Turkey," Acta Physica Polonica A, 132 (3), 712-716, 2017. DOI: 10.12693/APhysPolA.132.712
[48] Ö. Eminağaoğlu, "Artvin'in Doğal Bitkileri," İstanbul: Promat, 2015.
[49] D.B. Lee, W. Nam, Y.S. Kwak, N.H. Cho, S.S. Lee, "Phytoremediation of heavy metal contaminated soil in a reclaimed dredging area using Alnus species," Journal of Ecology and Environment 32, 267-275, 2009.

Evaluation of Lightning Protection Systems: Textile Factory Case Study

Cihat Cagdas Uydur
ccagdasuydur@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0908-2722
Technical Sciences Vocational School, Trakya University, Edirne, Turkey

Abstract: Lightnings are natural phenomenon that generally causes great physical damage in the areas where they fall. As a result of the studies carried out to protect from the effects of these great damages, certain precautions and practices have been determined. Lightning protection systems considering Turkish and International Standards, an ideal protection create as a result of integrating multiple systems with each other. The lightning protection system consists of an internal lightning protection system (impulse arrester) placed gradually, an external lightning system selected according to the type of structure to be located on the exterior of the building, and a good grounding system. These systems have to be in a structure when evaluated in terms of standards and technique. In this study, an analysis of the existing lightning protection systems of a textile factory was carried out in order to reduce the loss of life, property and service that may occur in terms of Occupational Health and Safety. Lightning risk calculations of the buildings, lightning protection radius calculations were made by making the width-length-height measurements of the buildings in the factory, and the grounding resistances of the lightning rods were measured with FLUKE 1623 kit. Solutions have been offered to the identified problems, and inappropriate radioactive lightning rods were delivered to the Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency (TENMAK). The lightning protection system was redesigned and installed. The number of 9 lightning rods in the current system was increased to 14 and the entire factory area was included in the lightning protection system. The reliability of the results obtained was verified with the grounding measurements and the measurement results were recorded.

Keywords: *Lightning Protection, Lightning Risk Analysis, Lightning Rod,*

I. INTRODUCTION

THE lightning is a sudden electrical discharge event that provides electrostatic balance in the environment and contains high voltage. We can treat lightning as balancing a large-scale accumulated static charge. Lightning, just like static electricity, consists of an interaction arising from the desire of the charges on oppositely charged objects to reach the equilibrium position [1]. Lightning discharge occurs as channel discharge at large electrode openings. In order for a lightning discharge to occur, the electric field strength around the cloud should reach approximately 30 kV/cm [2]. When the field strength in a cloud becomes high enough, cloud-cloud discharge, cloud-intracloud discharge or cloud-earth discharge (lightning) occurs. If the electric field reaches a certain value in high towers or similar pointed points, upward lightning may also occur. The polarity of the lightning, the waveform and the peak value of the lightning current are the characteristic magnitudes of the lightning. The polarity of lightning discharges can be either negative or positive. The number of negative-pole lightning discharges ranges from 70% to 90% of total discharges [3-5]. Many studies have been conducted on lightning until today. But there are main studies that prioritized the formation of this literature. In 1908, K.W. Wagner carried out the first theoretical investigation of induced lightning surges in power

transmission lines. In this study, the causes of lightning waves falling on transmission lines are stated theoretically [6]. In 1929, Bewley revealed with the Wagner theory that the induced electric field caused by lightning cannot disappear instantly [7]. In 1942, Wagner and McCann stated that the ambient temperature is an important parameter in the formation of thunder in their study on induced overvoltages [8].

In a paper published in 1948, Szpor, unlike Wagner and McCann, used more complex assumptions to calculate the induced voltages resulting from a vertical lightning strike. Szpor said to take into account the magnetic effect as well as the electrostatic induction. He stated that these results are valid for regions close to the lightning strike point [9]. In 1954, Golde published a study on the effect of induced voltages on the fault frequency of power transmission lines. The assumptions he uses to calculate the induced voltages differ slightly from those of Wagner and McCann. However, he found that the difference between the different assumptions and the maximum value of the induced voltages was small. The Golde calculation, which is performed with analytical methods, is calculated only as a scalar potential [10]. In 1955, R. Lundholm calculated the induced voltages in transmission lines carrying high voltage (HV) with approximate short and long range using the assumptions of Wagner and McCann. In deriving the formula for the induced voltage, he neglected the magnetic field. It has been shown that this is not satisfactory with the results obtained from the theoretical point of view [11]. In 1958, Rusk calculated the induced voltages for power transmission lines (ENH) carrying low voltage (LV) with short and long range. It has created a formula expression that still has an important international standard and is used [12]. In 1967, Chowduri and Gross obtained different formulas by proposing two different formula expressions to calculate the induced overvoltages in the same hypothesis of Rusk [13]. Liew and Mar, who changed the Chowduri-Gross approach in 1968, proposed their own formula solutions [14,15]. In addition, since the beginning of the 90s, it has forced many studies that solve the problem with more special numerical approaches in line with the increasing power quality demand. Some studies have formed the basis of research such as lightning analysis of 154 kV and 77 kV power transmission lines, analysis of lightning surge voltages on power poles with Laplace transform, analysis of lightning overvoltages depending on pole types, analysis of protection against overvoltages caused by electromagnetic waves [16-19].

In this study, an analysis of the existing lightning protection systems of a textile factory was carried out in order to reduce the loss of life, property and service that may occur in terms of Occupational Health and Safety. Lightning risk calculations of the buildings, lightning protection radius calculations were made by making the width-length-height measurements of the buildings in the factory, and the grounding resistances of the lightning rods were measured with the FLUKE 1623 kit. Solutions have been offered to the identified problems, and inappropriate radioactive lightning rods were delivered to the Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency (TENMAK). The lightning protection system was redesigned and installed. The number of 9 lightning rods in the current system was increased to 14 and the entire factory area was included in the lightning protection system.

II. ASSESSMENT OF EXISTING LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS

The factory has been operating as an integrated facility producing cotton fabrics for more than 30 years. The installed capacity of the factory is 16 MVA. The factory, which has a closed area of 100000 m^2, has approximately 1000 personnel. The layout of the factory is shown in Fig. 1. There is no part that is not actively used in the factory, which consists of 18 buildings.

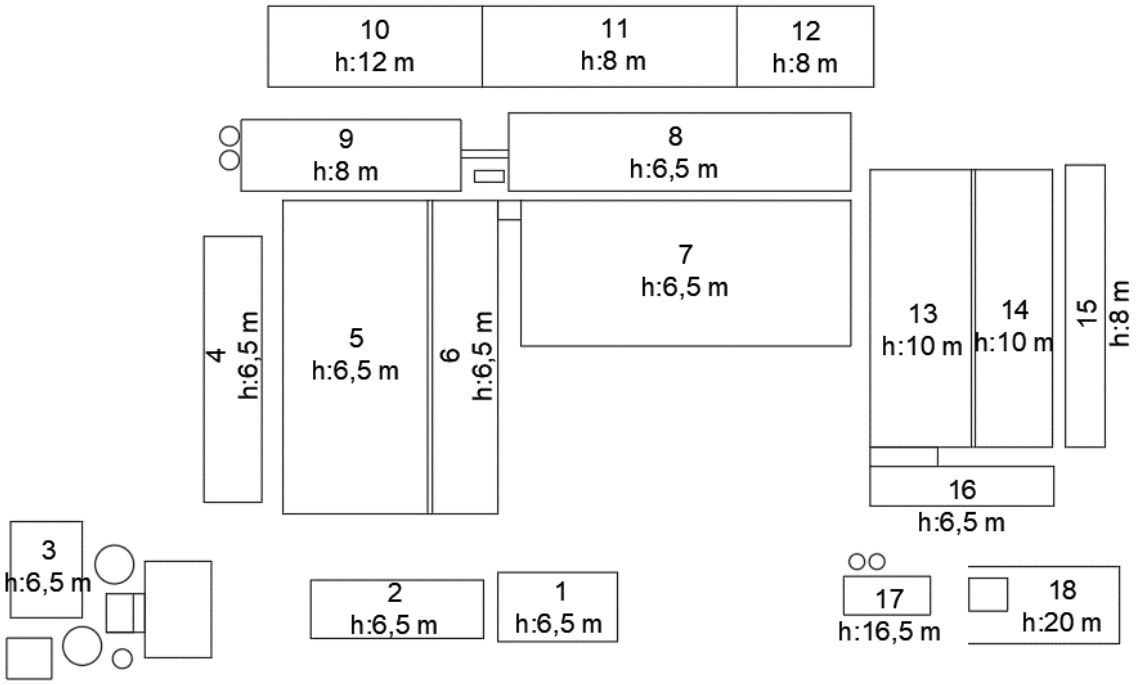


Fig. 1. Layout plan of factory

After examining the layout of the factory, an exploratory study was carried out and it was determined that the lightning protection system consisted of 9 lightning rods in total. The layout of the lightning rods in the existing lightning protection system is shown in Fig. 2. It has been observed that the lightning rods in use are radioactive and positioned at a height of 6 m. In the current system, it is stated that the protection radius of each lightning rod is 79 m. However, as seen in the layout plan, it turns out that the entire factory is not within the coverage area.

However, the use of this type of lightning rods in our country was banned in the early 2000s. The Turkish Atomic Energy Agency (TAEK), as it was called at that time, stated in the circular dated 04.01.2000 and numbered 104 that Am-241 radioactive tips would not be allowed to be brought from abroad due to the fact that they were not efficient enough in practice and the amount of radioactive emitted was high. With the circular dated 30.07.2001 and numbered 8016, it was decided to prohibit the use of Ra-226 radioactive capture tips and to remove them from the places where they are used. The Ministry of Environment and Urbanization referred to the TAEK circulars with the circular dated 16.08.2001, numbered 864, and stated that the radioactive lightning rods should not be used and active lightning rods should be used in new projects and exploration works.

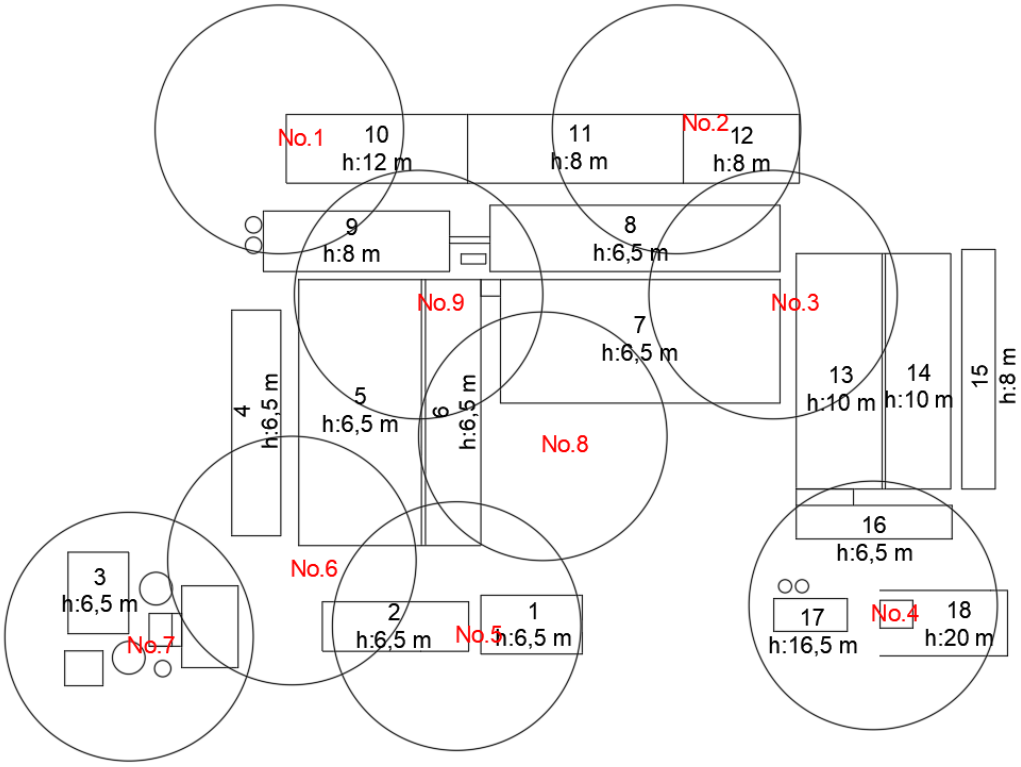


Fig. 2. Layout plan of existing lightning protection system

In the light of all the information obtained, the grounding resistances of the lightning rods used in the factory were measured. Obtained results are presented in Table I. The grounding resistance of 2 out of 9 lightning rods could not be measured. In the detailed examination, it was observed that the copper conductors were broken as a result of the long time elapsed due to the careless assembly of the grounding rods.

TABLE I

MEASUREMENT RESULTS OF EXISTING LIGHTNING PROTECTION SYSTEM

Lighning Rod	Grounding Resistance
No.1	4.55 Ω
No.2	6.40 Ω
No.3	7.52 Ω
No.4	5.60 Ω
No.5	5.33 Ω
No.6	Could not be measured
No.7	Could not be measured
No.8	6.20 Ω
No.9	5.99 Ω

Since it does not exceed the 10 Ω value specified in the TS EN 62305-3 standard, the values of the lightning rod grounding resistances have been determined to be at an acceptable level [20]. Examples of lightning rods used in the current system and whose grounding resistance could not be measured are shown in Fig. 3.

Fig. 3. Samples of radioactive lightning rods and grounding conductors in the factory

III. DESIGN OF NEW LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS

Early streamer emission lightning rod was used in the new system since the use of existing lightning rods was prohibited. The calculations required for the early streamer emission lightning rod were made using the NF C 17-102 standard. All grounding conductors have been renewed since there are lightning rods whose grounding resistance cannot be measured and the existing grounding conductors are oxidized. Since weaknesses and breaks were detected in the connections of the grounding rods, more ground rods were used compared to the old system in order to reduce the grounding resistance values.

Necessary risk calculations were made according to the NF C 17-102 standard and the activity value (E) was obtained as 0.99. For this E value, the protection class of early streamer emission lightning rod has been determined as "Level 1 + Additional Precautions". For "Level 1" protection class, when the lightning advance step (D) is taken as 20 meters and the lightning rod installation height (h) is applied as 6 m, the lightning protection radius with early streamer emission with 60 μs lightning sensing time (ΔT) is calculated as 79 m [21].

In this context, it has been decided to use 14 lightning rods so that all factory buildings can be within the protection area. The layout plan of the 14 lightning rods obtained as a result has been shown in Fig. 4. The space within the coverage area of lightning rods 3 and 6 was created for additional buildings planned to be built in the future. The same is true for lightning rods 8 and 13. In addition, the grounding conductors and rods of all lightning rods were renewed and mounted with the thermo welding method.

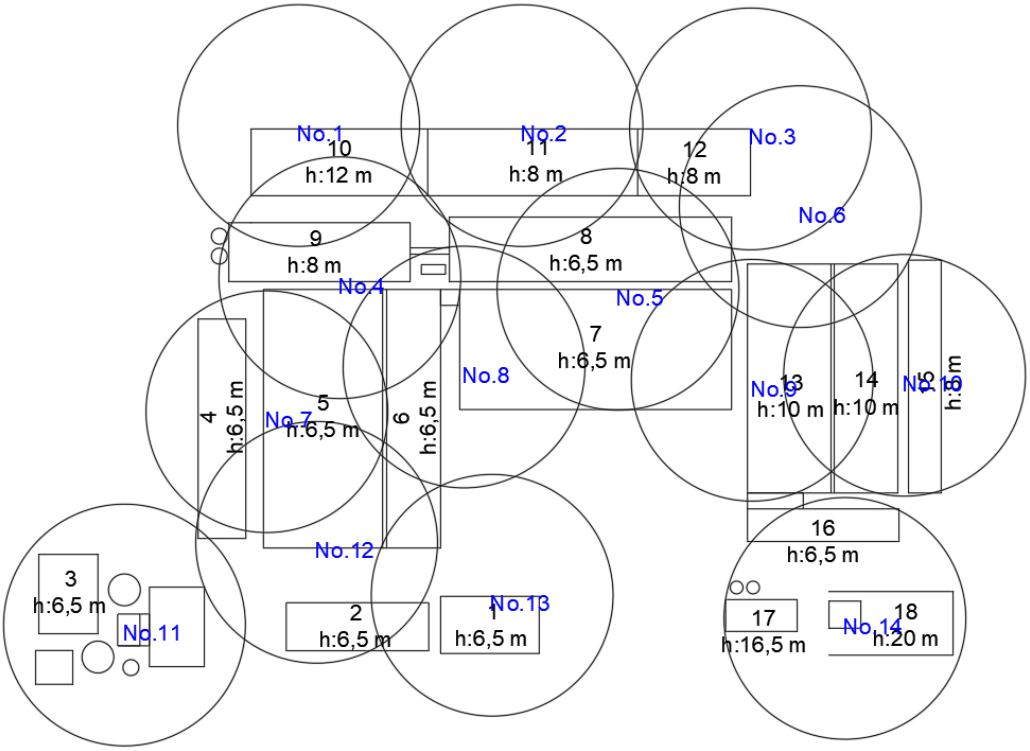


Fig. 4. Layout plan of new lightning protection system

The connection of early streamer emission lightning rod and grounding conductors used in the redesigned lightning protection system has been shared in Fig. 5.

Fig. 5. Early streamer emission lightning rod and grounding conductor sample of new lightning protection system

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Grounding resistance measurements of the redesigned lightning protection system were performed with the FLUKE 1623 kit. In order to obtain low grounding resistance values, at

least 4 grounding rods of 3 m length were used in each lightning rod grounding. The grounding resistance measurement results obtained as a result of this situation are shared in Table II.

TABLE II
MEASUREMENT RESULTS OF NEW LIGHTNING PROTECTION SYSTEM

Lighning Rod	Grounding Resistance
No.1	2.65 Ω
No.2	1.30 Ω
No.3	0.73 Ω
No.4	0.60 Ω
No.5	1.13 Ω
No.6	2.11 Ω
No.7	2.65 Ω
No.8	2.20 Ω
No.9	1.46 Ω
No.10	1.29 Ω
No.11	1.50 Ω
No.12	2.16 Ω
No.13	1.96 Ω
No.14	0.99 Ω

When the grounding resistance values given in Table I and Table II are compared, it is clear that the redesigned lightning protection system has a much lower grounding resistance value compared to the old system. Based on these resistance values, it can be concluded that the system can be reliable and durable. Since it does not exceed the 10 Ω value specified in the TS EN 62305-3 standard, the values of the lightning rod grounding resistances have been determined to be at quite acceptable level [20].

Considering that the new protection system covers the entire working area in the factory compared to the old system and will also protect the additional buildings to be built as a result of new investments, the success of the study is revealed.

In addition, the chimneys of the boilers in the factory are grounded and included in the protection system. The details of the grounding process of the chimneys are shared in Fig. 6. Necessary number of grounding rods were used to ensure that the grounding resistance values of the chimneys were less than 5 Ω. When all processes were completed, it was recorded that 5 grounding rods of 3 m length were used for each chimney. When the grounding resistances of 4 chimneys were measured, respectively, 4.33 Ω - 4.51 Ω - 4.59 Ω - 4.64 Ω resistance values were obtained.

Fig. 6. Grounding of boiler chimneys

V. CONCLUSION

In this study, an analysis of the existing lightning protection systems of a textile factory was carried out in order to reduce the loss of life, property and service that may occur in terms of Occupational Health and Safety. The results obtained after examining the lightning protection system used in the factory can be listed as follows;

- It has been determined that the controls that should be done periodically have not been made.
- It has been revealed that the lightning rod grounding resistances have not been measured and the grounding conductors have not been visually checked for a long time.
- It has been observed that the use of the prohibited lightning rods still continues.
- It has been determined that the rules and recommendations determined by the Grounding Regulation in Electrical Installations and TS EN 62305 series are not paid attention to.
- It has been determined that the usage area of the factory is not fully protected.

After all these results, necessary information was given to the relevant personnel and all deficiencies were eliminated with the redesigned lightning protection system. Lightning rods, the use of which is prohibited, has been delivered to TENMAK. In addition, the chimneys of the boiler room in the factory were grounded and indirectly included in the lightning protection system.

The most striking result obtained from the study, the importance of periodic measurements and reporting and inspections has clearly emerged.

REFERENCES

[1] A., Braunstein, Lightning Protection Systems, Tel-Aviv, 1990.

[2] J.M., Tobias, The basis of conventional lightning protection systems, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 40, No. 4, July-Aug. 2004, pp. 958 – 962.

[3] S., Emre, Yıldırım bosalmaları ve etkinlik bölgelerinin incelenmesi, İTÜ Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1992.

[4] K., Khalifa, High-Voltage Engineering, Theory and Practice, Marcel Dekker, Inc., New York, 1990.

[5] M.A., Uman, Natural lightning, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 30, No. 3, May-June 1994, pp. 785 – 790.

[6] K.W., Wagner, Elektromagnetische Ausgleichs Vorgange in Freileitungen und kabeln (in German), par. 5, Leipzig, 1908.

[7] L.W., Bewley, Traveling Waves due to lightning, AIEE Trans. 48, pp. 1050 1064,1929.

[8] C.F. Wagner, G.D., McCann, Induced Voltages on Transmission Lines, AIEE Transactions, Vol. 61, pp. 916- 930, 1942.

[9] S., Szpor, A new theory of the induced over voltages, Cigré Report 308, 1948.

[10] R.H., Golde, Indirect lightning surges on overhead distribution lines, The electrical research associations, S/T 75, Leatherhead, 1954.

[11] R., Lundholm, Induced Over voltages on Transmission lines and their bearing on the lightning performance of medium voltage networks, Duplic Goteborg, 1955.

[12] S., Rusck, Induced Lightning over-voltages on power transmission lines with special reference to the overvoltage protection of low-voltage networks, Trans. Royal Inst. Of Tech., no. 120, pp.1-118, 1958.

[13] P., Chowdhuri, E.T.B., Gross, Voltage Surge Induced on Overhead Lines by Lightning Strokes, Proceeding of IEE, Vol. 114, No. 12, pp. 1899-1907, Dec. 1967.

[14] A.C., Liew, S.C., Mar, Extension of the Chowdhuri – Gross Model for Lightning Induced Voltage on Overhead Lines, IEEE Trans. Power Systems, Vol. 1, no. 2, pp. 240 247, 1986.

[15] H.K., Hoidalen, Analytical Formulation of Lightning-Induced Voltages on Multiconductor Overhead Lines Above Lossy Ground, IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility, vol.45, no.1, pp.92-100, Feb. 2003.

[16] S., Sekioka, K., Aiba and S., Okabe, Lightning Over voltages on Low Voltage Circuit Caused by Ground Potential Rise, International Power System Transients, Lyon, France, June 4-7, 2007.

[17] K., Ferete, S., Nikolovski, G., Knezevic, M., Stojkov, Z., Kovac, Simulation of Lightning Transients on 110 kV overhead-cable Transmission Line Using ATP, EMTP, IEEE, 2010.

[18] T., Cakil, H.F., Carlak, S., Ozen, Protection Analysis of Surge Arresters and Isolators Against Over voltages Caused by Lightning Electromagnetic Pulses, International Conference on Advances and Innovations in Engineering, Elazıg, Turkey, 10-13 May 2017.

[19] T., Cakil, H.F., Carlak, S., Ozen, The Analysis of Transient Phenomena on Power Transmission Lines Due to Lightning Electromagnetic Pulses, Progress In Electromagnetics Research Symposium, PIERS 2017, St Petersburg, Russia, 22-25 May 2017.

[20] TSE, TS EN 62305-3, Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard, 2012.

[21] French Standards, NF C 17-102, Early streamer emission lightning protection systems, 2011.

Akdeniz Denizel Fosforit Kuşağında Üst Kretase yaşlı Mazıdağı Fosforit yatağının (Mardin-Türkiye) Jeokimyası ve diğer alanlarla karşılaştırılması

Geochemistry of the Upper Cretaceous Mazıdağı Phosphorite Deposit (Mardin-Turkey) in the Mediterranean Marine Phosphorite Belt and its correlation with other fields

Sema Tetiker[*,1], Mesude Yıldırım[2]

[*]sema.tetiker@batman.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5158-7364
[1]*Madencilik ve Maden Çıkarma Teknolojisi Bölümü, Batman, Türkiye*
[2]*Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman, Türkiye*

Özet: Akdeniz Denizel Fosforit Kuşağı'nda Üst Kretase yaşlı fosforit yataklarından biri olan seviyeler Mardin-Mazıdağı yöresinde Karababa Formasyonudur. İnceleme alanında istif üç üyeye ayrılmış olup sırasıyla nodüler çört yumruları ve fosil kavkıları içeren gri bej renkli ince-orta taneli fosforitli Karataş üyesi, kireçtaşı-marn ardalanmalı Ekinciler üyesi ve killi kireçtaşı ile temsil edilen Evciler üyesidir. Apatit minerallerinin toplam eser element konsantrasyonları 2391-2411 ppm arasında değişmekte olup, Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi (NASC) normalize toplam derişimleri sırasıyla P için 1430 ppm, Sr için 1512.50 ppm ve Y için 1.51 ppm olup, NASC den daha yüksek miktarlara sahiptir. Mazıdağı fosforitleri düşük Ce_{anom} -0.28 ve -0.32, Ce/La oranları (0.28-0.35) ve V/(V+Ni) ortalama 0.93 (0.91-0.95) ppm değerleri ile oksik koşulları işaret ettiği belirlenmiştir. Ana, eser ve nadir toprak element içerikleri Suudi Arabistan, Irak, İsrail, Fas, Mısır ve Ürdün'dekilerle karşılaştırılmıştır. Üst Kretase Mazıdağı fosfatlarında bulunan kritik ve diğer değerli elementler arasında P_2O_5 (ağırlıkça 35.19–35.62%), REE (44.44–44.69 ppm), Y (54.8–50.9 ppm) ve U (5.2–5.7 ppm) bulunmaktadır. Jeokimyasal incelemeler, Mazıdağı Geç Kretase fosforitlerinin sığ oksik indirgen koşullarda çökeldiğini göstermektedir. Mazıdağı fosforit oluşumları Neotetis okyanusunun evrimi ile ilişkili tektonik hareketlere bağlı olarak deniz seviyesindeki değişimlerle birlikte gelişen biyojenik ve biyojeokimyasal faaliyetlere bağlı olarak gerçekleştiği yorumlanmıştır

Anahtar Kelimeler: *Apatit, Arap Plakası, Ce anomalisi, Nadir Toprak Elementleri (NTE)*

Abstract: One of the Upper Cretaceous phosphorite deposits in the Mediterranean Marine Phosphorite Belt is the Karababa Formation in the Mardin-Mazıdağı region. The succession is stratigraphically divided into three members in the study area, and these are respectively as follows: the gray beige colored fine-medium grained phosphorite-containing Karataş member containing nodular chert nodules and fossil shells, the Ekinciler member with limestone-marn alternation, and the Evciler member represented by clayey limestone. Total trace element concentrations of apatite minerals vary between 2391-2411 ppm, and their NASC-normalized (North American Shale Composition) total concentrations are 1430 ppm for P, 10.65 ppm for Sr, and 1.51 ppm for Y, respectively, with higher amounts than NASC. Mazıdağı phosphorites were determined to indicate oxic conditions with their low Ce_{anom} -0.28 and -0.32, Ce/La ratios (0.28-0.35) and V/(V+Ni) mean 0.93 (0.91-0.95) ppm values. The major, trace and rare earth element contents are compared with those in Saudi Arabia, Iraq, Israel, Morocco, Egypt, and

Jordan. The critical and other valuable elements found in the Upper-Cretaceous Mazıdağı phosphates include P_2O_5 (35.19–35.62 wt.%), REE (44.44–44.69 ppm), Y (54.8–50.9 ppm), and U (5.2–5.7 ppm). The petrographic, mineralogical and geochemical investigations suggest that the Late Cretaceous phosphorite in the Mazıdağı deposited under shallow oxic reducing condition. They are affected by chemical and mechanical processes in high productivity environment. It has been interpreted that the Mazıdağı phosphorite processes take place depending on the biogenic and biogeochemical activities that develop together with the changes in sea level due to the tectonic movements associated with the evolution of the Neotethys ocean.

Keywords: *Apatite, Arabian Plate, Ce anomalies, Rare Earth Element (REE)*

I. GİRİŞ

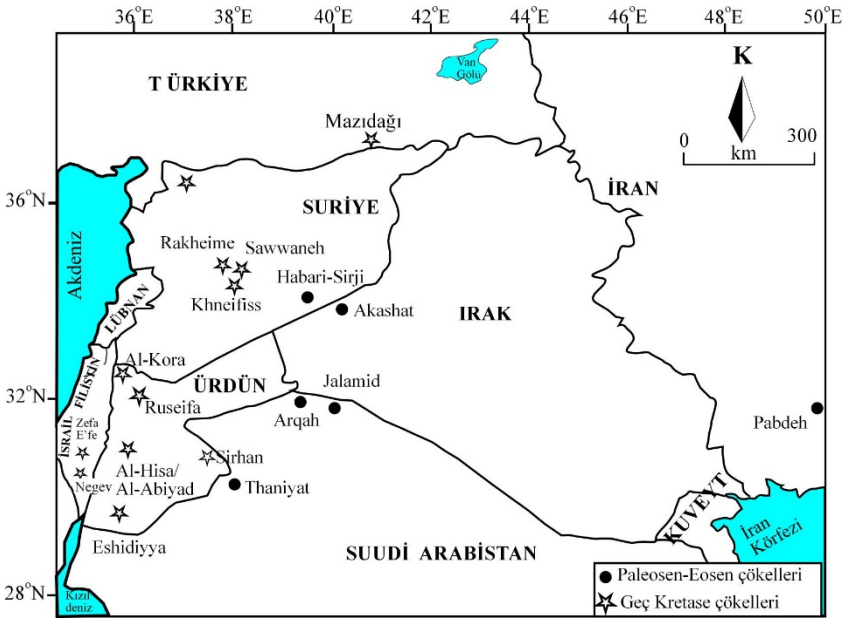
Dünya üzerinde bulunan fosforit yatakları endüstriyel olarak büyük öneme sahip olup, cevher minerali olarak işletilmesi yaygındır. 2020'li yıllarda yaklaşık 223 milyon ton fosfat üretimi gerçekleşmiştir [1]. Bu üretim 80% oranında denizel kökenli sedimanter fosforit yataklarından karşılanmakta ve en önemli maden sahaları Afrika'da Morocco ve Western Sahara olup, bu alanlarda yıllık 30-50 milyon ton arasında üretim gerçekleşmektedir [2]. Birçok farklı alanda kullanımı olan fosfat mineralleri daha çok gübre üretimi (90%) ve kimya (10%) alanında kullanılmaktadır. Ayrıca fosforitlerde zenginleşmiş olsn apatit minerallerinin endüstriyel hammadde kaynağı olarak kullanılması, bu minerallerde zenginleşen eser elementler (Cr, Zn, V, Ag, Cd, Mo, Hg, As, Sr, U, F, Te, Th, Tl, and Se) ile yakından ilişkilidir. Fosforitlerdeki eser elementlerin kökeni ise detritik mineral, yüzeysel bozunma, organik malzeme ve apatit kristalleri ile ilişkilidir [3].

Ana fosfat yataklarının sadece deniz koşulları altında oluşmadığı bilinmektedir. Bu yatakların oluşumu paleokanografik, paleocoğrafik, paleoklimatik ve diğer fiziko-kimyasal şartların birlikte gerçekleşmesi ile mineral ve iyonca zengin bir suyun, sığ bir deniz ortamına gelmesi ve ardından üretken biyota gelişimi söz konusu olduğunda gelişmektedir [4]. Fosforit çökellerinin kökeni 75% oranında sedimenter denizel çökeller, 15–20% oranında magmatik, metamorfik ve alterasyon ile ilişkili çökeller ve 2–3% ise biyojenik kökenli (kuş ve bat guano birikintileri) [5] olarak dağılım göstermektedir. Sedimanter fosforit yatakları birincil ve ikincil kökenli olmak üzere genellikle 10-100 km uzunlukta ve 1-10 metre arasında kalınlıkta tabakalı veya göz şekilli yataklardır. Mineralli zonların fosfat içeriği (P_2O_5) 18%'den fazla ise fosforit, P_2O_5 < 18% ise fosfatik kayaç olarak tanımlanmaktadır. Fosforitler yaygın olarak laminalı, pelleoidal, polit, nodül ve kemik parçaları veya kavkı şekilli mikrokristalin frankolit minerali içermektedir [2].

Dünya üzerinde fosforitlerin Kambriyen, Permiyen, Jura, Kretase, Eosen ve Miyosen dönemlerinde oluşumları bulunmaktadır [6]. Fosforit çökelleri Suudi Arabistan, Ürdün, Irak, Fas, Tunus, Mısır, İsrail, Rusya, Amerika ve Türkiye (Mardin-Mazıdağı) yaygın olarak bulunmaktadır. Özellikle Kretase-Eosen zaman aralığında Tetis evrimi ile ilişkili Arap levhasının kuzeyinde birçok alanda fosfat oluşumlarının geliştiği bilinmektedir [7]. Türkiye'den Fas'a kadar uzanan Geç Kretase-Paleosen Akdeniz Denizel Fosforit Kuşağı (ADFK: Mediterranean phosphorite belt) İsrail (Negev Desert; Geç Kampaniyen, [8]), Fas [9], Suriye (Palmyra çökelleri; Kampaniyen serisi, [10]), Tunus [11], Irak (Akashat; Üst Kretase-Alt Eosen, [12]), Suudi Arabistan [13], Cezayir [14], Mısır [15], İran (Pabdeh, [16]), İsrail (Maestrihtiyen-Daniyen yaşlı Belga Serisi, [17]), Amerika [18] ve Türkiye [19] üzerindeki alanlarda önemli yataklar bulunmaktadır (Şekil 1).

Bu çalışma Güneydoğu Anadolu (GDA) bölgesi Mardin-Mazıdağı (Türkiye) yöresinde bulunan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Karababa Formasyonu fosforit kayalarının jeokimyasal özelliklerinin incelenerek elde edilen sonuçların Arap Plakası üzerindeki diğer benzer yaşlı

yüzlekler ile karşılaştırılması, Akdeniz Fosforit Kuşağı'ndaki denizel ortam koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

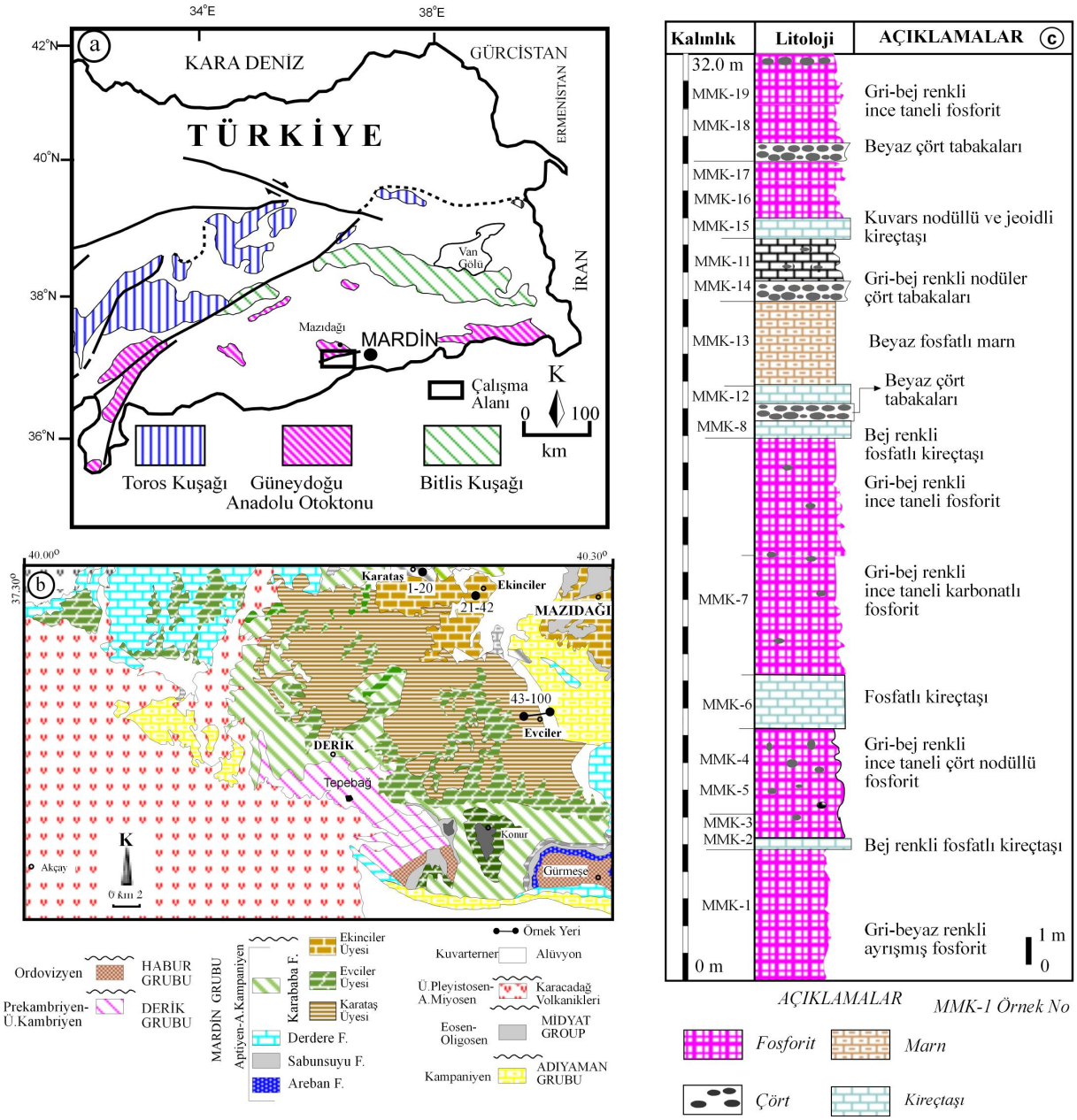


Şekil 1. Doğu Akdeniz Bölgesi ve komşu ülkelerde yer alan fosforit yataklarının lokasyon haritası

II. JEOLOJİK KONUM VE LİTOLOJİK ÖZELLİKLER

Arap Plakası'nın kuzeyinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAB) olarak bilinen platform, Bitlis-Pütürge Kristalin Karmaşığı ve Güneydoğu Anadolu Otoktonu (GDAO) olarak adlandırılan kaya gruplarını kapsar [20]. İnceleme alanının kuzeyinde Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı, GD Anadolu Ofiyolit Karmaşığı; batısında ise Toros Kuşağı'na ait kayaçlar bulunmaktadır (Şekil 2a).

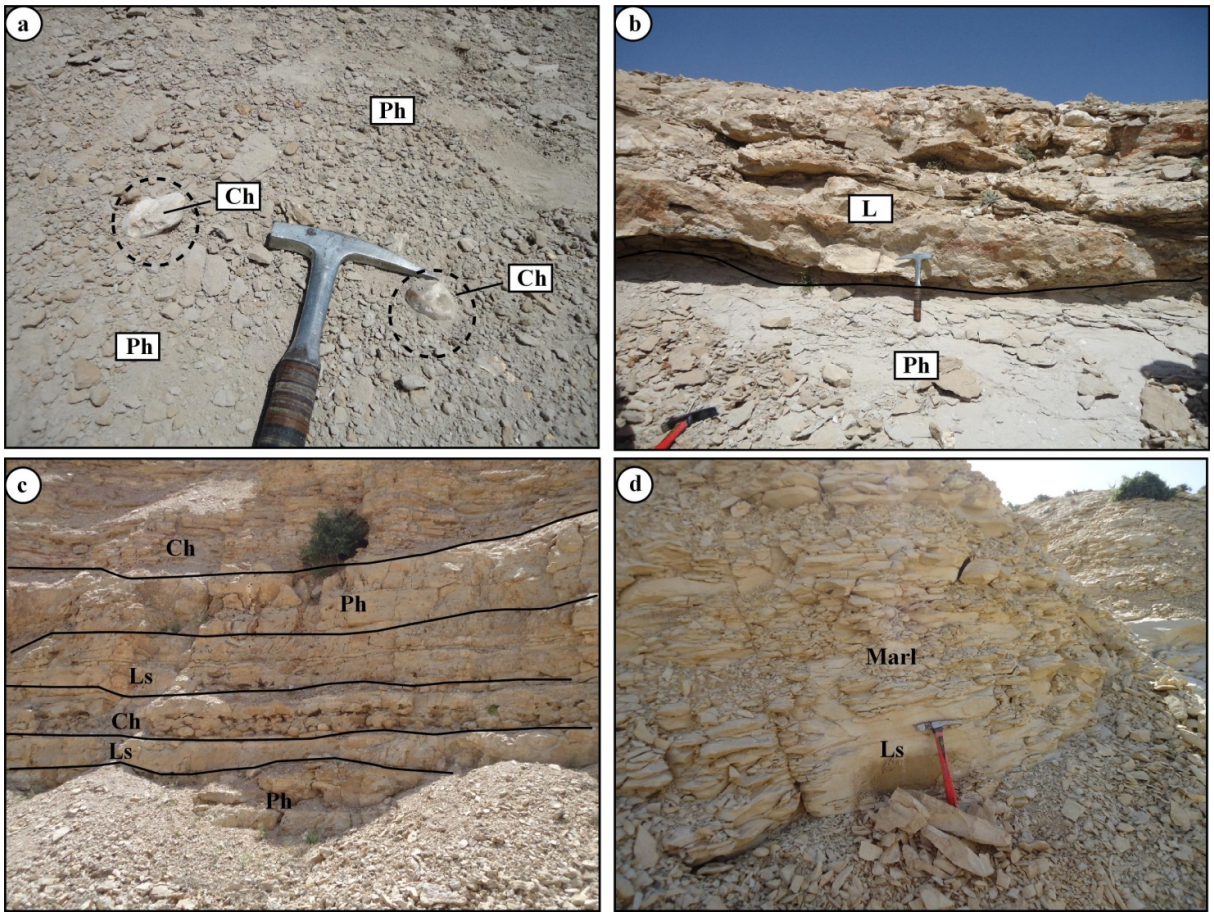
Mardin Grubu'na ait Üst Kretase yaşlı Karababa Formasyonu, Mardin-Mazıdağı yöresinde 1:100.000 ölçekli N44 paftasında kalan alanlarda (Karataş Köyü başlangıç: K 37º49'45", D 40º29'76" ve bitiş: K 37º49'42", D 40º32'94", Ekinciler Köyü (K 37º48'15", D 40º38'81") ve Evciler Köyü'nde (K 37º40'17", D 40º44'76") incelenmiştir (Şekil 2b). İnceleme alanında Karababa Formasyonu tamamıyla fosforit çökelleri ile temsil eden Karataş üyesine ait detaylı stratigrafik özelliklerini gösteren kolon kesit Şekil 3c'de verilmiştir. Bu çalışmada Karababa Formasyonun 32 m kalınlıktaki sığ deniz ortamını (kıyı yakını) temsil eden fosforit seviyeleri Karataş üyesi olarak adlandırılmış ve istife ait litolojik özellikler Şekil 2c de verilmiştir. Bu çalışmada Karataş Üyesine ait fosforit oluşumları Mazıdağı fosforitleri olarak anlatılacaktır.



Şekil 2. (a) GD Anadolu'nun tektonik haritası [19]. (b) Mardin-Mazıdağı ve çevresinin basitleştirilmiş jeolojik haritası Mardin (Mazıdağı) (1:100,000 ölçekli N44 paftası) [21], (c) Karataş Üyesi fosforit seviyelerinin detaylı stratigrafik kesiti [22]

Karataş Üyesi kalınlığı 5 metre olan, gri bej renkli çok ince taneli, ayrışmış fosforit ve karbonatlı fosforit türü kayaçlar ile başlamaktadır. Bu seviyeler oldukça sert yapıda 2-8 cm çapında beyaz elipsoyidal şekilli çört yumruları ve bol fosil kavkıları içermektedir (Şekil 3a). Fosforit olarak tanımlanan örnekler pekişmemiş (friable?) kumlara benzerliği ile dikkat çekmektedir. Bu seviyenin üzerine kalınlığı yaklaşık 1 metre kalınlıkta fosfat içeren sert kireçtaşları gelmektedir. Fosfatlı kireçtaşları üzerine kalınlığı 3 metre olan ve çört nodüllü seviyeleri içeren gri renkli ince taneli fosforitler gelmektedir, Üst seviyelerde bej renkli, kalınlığı yaklaşık 2 metre fosfat içeren kireçtaşlarının geldiği saptanmıştır (Şekil 3b). Bu alanda nodüler çört seviyelerin kalınlıkları 20-30 cm arasında değişmektedir. Kireçtaşlarının tabanında gri bej renkli, kalınlığı 4 metre, yer yer ayrışmış fosforitler bulunmaktadır. Bu seviyenin üzerinde ise beyaz-bej renkli sert fosfatlı karbonat seviyeleri dikkat çekmektedir. Bej renkli çört nodüllerinin yer yer 20-50 cm arasında değişen boyutta, içyapılarının ise konsantrik halkalardan oluşan jeoid yapıları gözlenmiştir (Şekil 3c). Kireçtaşlarının üzerine 15 metre kalınlıkta

konkoyidal kırıklı bej renkli killi kireçtaşları ve krem- bej renkli sert marn seviyeleri gelmektedir (Şekil 3d).



Şekil 3. Karababa Formasyonu fosforit üyelerinin arazi görünümleri, (a) Gri-bej renkli ayrışmış çört nodüllü fosforit tabakaları (Karataş köyü, Mardin), (b) Gri renkli ayrışmış fosforit ve üzerinde bej renkli fosfatlı kireçtaşı tabakaları (Karataş köyü, Mardin), (c) çört jeoidleri ve nodülleri içeren gri renkli marn ve fosfatlaşmış tabakalar (Karataş Village güneyi, Mardin), (d) bej renkli konkoyidal kırıklı killi kireçtaşı ve sert marn tabakaları (Ekinciler Köyü, Mardin) (Ph=Fosforit, Ls=Kireçtaşı, Ch=Çört) [22].

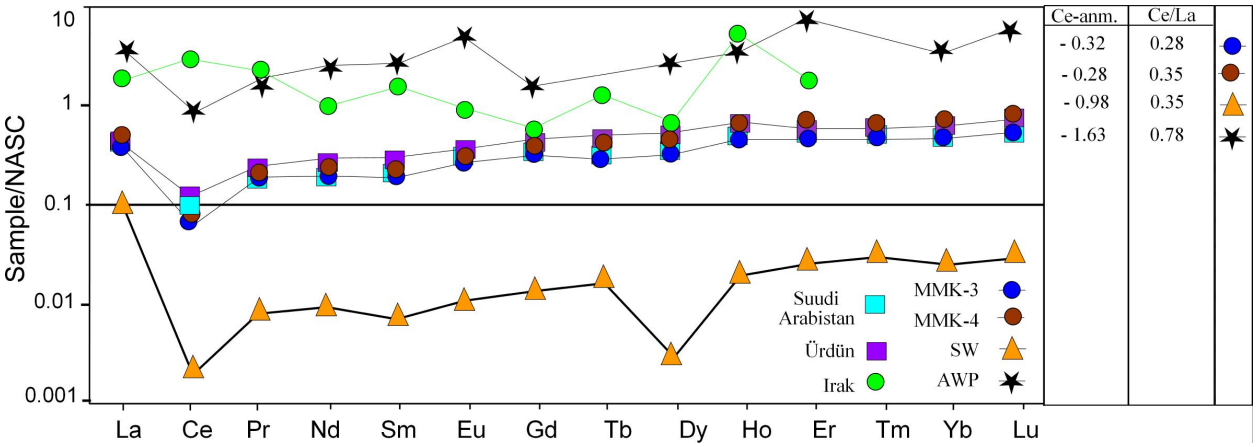
III. FOSFORİT KAYAÇLARININ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Mazıdağı fosforitlerinde gözlenen apatit minerallerine ait jeokimyasal ana ve nadir toprak element (REE) sonuçlarına Ortalama Denizel Fosforit (Avarage Marine Phosphorite: AWP, [23]) ve Denizsuyu (Seawater: SW, [24]) nadir toprak element (REE) bileşimleri de eklenerek Tablo 1' de verilmiştir. Apatit minerallerinin ana, iz ve nadir toprak element (REE) çözümlemeleri Kanada Acme Laboratories Ltd. (Acmelabs) şirketine yaptırılmıştır. Ana element çözümlemelerinde lityum metaborat/tetraborat füzyon ICP, iz/eser ve REE çözümlemelerinde ICP-MS yöntemleri kullanılmış olup, analiz yönteminin ayrıntıları ve aletsel dedeksiyon limitleri şirketin web sayfasında yer almaktadır (http://www.acmelab.com/).

Tablo 1. Mazıdağı apatit örneklerinin, AWP ve SW bileşimleri eklenmiş ana oksit (w.%) ve bazı eser element derişimlerini (ppm) gösteren jeokimyasal sonuçlar (örneklerde ICP-OES ve ICP-MS analizleri yapılmıştır)

Oksit (%)/ Örnek no	MMK-3	MMK-4	Nadir Toprak Elementleri (ppm)	MMK-3	MMK-4	AWP	SW
P_2O_5	35.19	35.62	La	16.3	16.2	133	3.40
SiO_2	0.87	0.70	Ce	4.6	5.7	104	1.20
TiO_2	0.02	0.01	Pr	1.75	1.84	21	0.60
Al_2O_3	0.22	0.10	Nd	8.0	7.8	98	2.8
Fe_2O_3	0.10	0.06	Sm	1.47	1.31	20	0.45
MnO	0.01	0.01	Eu	0.37	0.37	6.5	0.13
MgO	0.19	0.19	Gd	2.53	2.28	12.8	0.70
CaO	54.95	54.80	Tb	0.38	0.37		0.14
Na_2O	0.73	0.77	Dy	2.69	2.63	19.2	0.91
K_2O	0.03	0.03	Ho	0.77	0.73	4.2	0.22
LOI	7.40	7.40	Er	2.48	2.46	23.3	0.87
			Tm	0.35	0.35		0.17
			Yb	2.35	2.26	12.6	0.82
			Lu	0.40	0.39	2.7	0.15
			∑REE	44.44	44.69	457.30	12.56
			Y/Ho	71.17	69.73		
			Ce_{anom}*	-0.28	-0.32	1.63	-0.98
			Ce/Ce^*_{NASC}	0.16	0.20	0.40	0.17
			Ce/La	0.28	0.35	0.78	0.35
			V/(V+Ni),	0.91	0.95		
			V/Ni	10.37	19.33		

Mazıdağı apatit minerallerinin yanı sıra Irak [25], Suudi Arabistan [26]ve Ürdün'e [27] ait apatit mineralleri, deniz suyu (Seawater-SW; [24]) ve AWP [23] ait Nadir Toprak Element (REE) değerleri Kuzey Amerikan Şeyl (North American Shale Composite-NASC) değerlerine göre normalize edilerek element derişimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4). Kuzey Amerikan Şeyl (North American Shale Composite-NASC) değerleri Nb ve Y elementleri için [28]; diğer elementler [29]'den alınmıştır. NASC değerlerine göre apatit mineralleri, AWP ve SW iz element bileşimlerinin desenleri birbirinden ayrılmakta ve zenginleşme ve tüketilmeyi göstermektedir. Mazıdağı apatitleri Suudi Arabistan ve Ürdün apatitleri ile benzer Irak apatitlerinden belirgin olarak ayrılmaktadır. Apatit minerallerinin NASC normalize REE desenleri SW bileşiminden yüksek ve AWP den az olup, toplam normalize REE derişimi 4.91 ppm ile 21.02 ppm (ortalama 8.99 ppm) arasındadır. En yüksek toplam REE değeri Irak apatitlerinde ortaya çıkmış olup, en düşük değer ise Suudi Arabistan'a aittir. Apatit minerallerinin LREE'in derişimleri HREE'e göre bir azalma göstermektedir. Apatit minerallerinde La-Lu derişimi için 1-31 kat zenginleşme görülmektedir. Mazıdağı apatitlerinde bazı elementlerin NASC normalize toplam derişimleri (ppm) sırasıyla uranyum için 20.92 ppm, Sr için 10.65 ppm, P için 1430.81 ppm ve Y için 1.51 ppm olarak NASC den yüksek değerlere sahiptir. Apatit mineralleri Ba, U, Ta, La, Sr, P, Sm, Eu ve Y elementleri için pozitif; Th, K, Nb, Ce, Nd ve Hf için negatif anomaliye sahiptir. SW bileşiminde olduğu gibi Ce elementi için negatif anomali gözlenmiştir.



Şekil 4. Mazıdağı ve diğer alanlara ait apatitlerin NASC-normalize REE desenleri (Örnek No: MMK-3, MMK-4), (SW: [24]; AWP: [23])

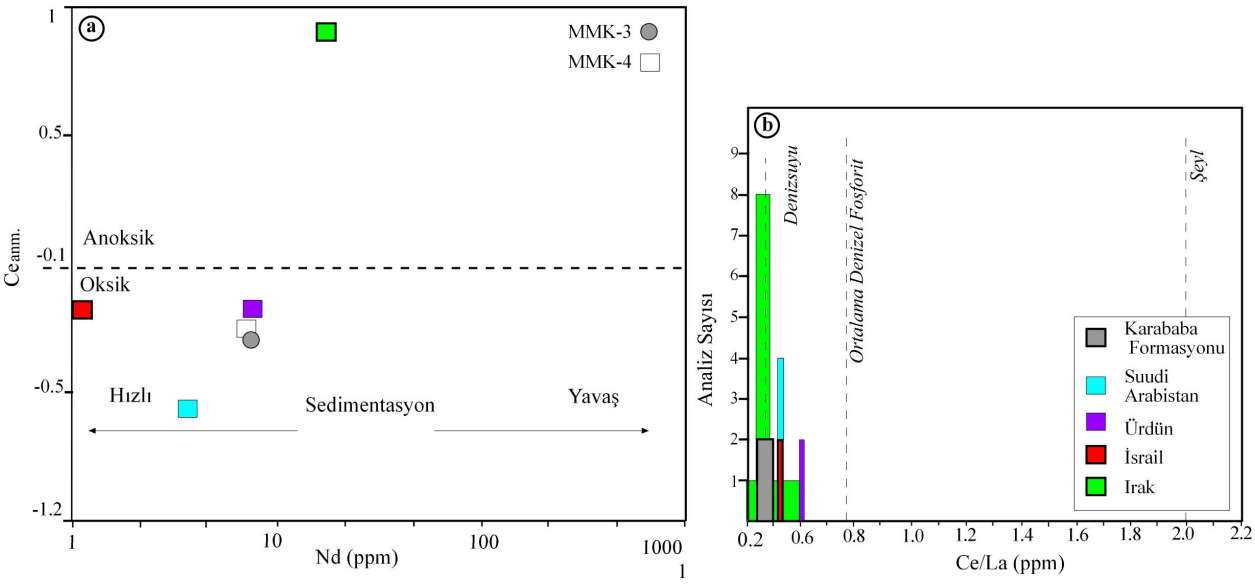
Fosfatlaşma sürecinde redoks koşullar birçok parametreye göre değerlendirilmektedir. Bunlardan biri Ce element anomalisi olup, bu çalışmada bu değer NASC (North America Shale Composite)'e göre normalize edilerek hesaplanmıştır (Ce_{anom}=[Log (3 ×Ce_{sample} / Ce_{NASC} (2 × La_{samp}/ La_{NASC}) + (Nd_{samp}/Nd_{NASC})]) [30]. Ce anomalisi Mazıdağı fosforitleri için düşük Ce-anomalisi -0.28 ve -0.32 gibi negatif değerlere sahiptir. İsrail, Irak, Ürdün ve Suudi Arabistan'a ait Ce anomalisi değerleri sırasıyla -0.26, 1.57, -0.23 ve -0.61 olarak hesaplanmıştır. Irak hariç diğer ülkeler negatif değerlere sahiptir. Sığ su ortamlarında oksidasyon koşullarına bağlı olarak Ce oranı hızlı bir şekilde tüketildiği bilinmektedir [31]. Eski deniz biyojenik apatitindeki negatif Ce anomalileri su sütununda ve muhtemelen üst gözenek sularında oksik koşullar olduğunu düşündürür, ancak biyojenik apatitte negatif bir Ce anomalisinin olmaması su sütununda mutlaka suboksik veya anoksik koşulları göstermemektedir [32]. Eski deniz biyojenik apatitindeki negatif Ce anomalileri su sütununda ve muhtemelen üst gözenek sularında oksik koşullar olduğunu düşündürür, ancak biyojenik apatitte negatif bir Ce anomalisinin olmaması su sütununda mutlaka suboksik veya anoksik koşulları göstermediği bilinmektedir.

Ce/Ce* değerleri 1'den önemli ölçüde büyük veya küçük olan Ce^{4+} ve dolayısıyla oksik koşulların varlığını gösterir (Ce/Ce*=(Ce_{samp}/Ce_{NASC})/(2/3(La_{samp}/ La_{NASC}) +1/3(Nd_{samp}/Nd_{NASC}) [33]. Mazıdağı fosforitlerinin Ce/Ce* değerleri 0.16-0.20 arasındadır. Ayrıca denizel ortam koşullarının değerlendirilmesi amacıyla Ce_{anom}-Nd diyagramı eklenmiş olup, Mazıdağı, Ürdün ve Suudi Arabistan örnekleri oksik ve Irak örneği ise anoksik ortamda hızlı sedimantasyon sürecini işaret etmektedir (Şekil 5a). Ayrıca apatit minerallerinde düşük Ce/La oranları (0.28-0.35) değerleri oksik koşulları göstermektedir.

Mazıdağı apatit örneklerinin Ce/ La oranları SW [24], AWP [23], şeyl [34], İsrail [35], Suudi Arabistan [26], Ürdün [27] ve Irak [25] değerleri de eklenerek incelenmiştir (Şekil 5b). Diyagramda tüm ülkelere ait apatit minerallerinin Denizsuyu (SW) bileşimi (Ce_{anom}=-0.7 ve Ce/La=0.35) ile birebir örtüştüğü görülmektedir.

[36]'e göre, V/Mo oranı depolanma ortamının redoks özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Mazıdağı apatitlerinde V/Mo oranı 69.37-82.86 arasında olup oksik ortamda depolanan sedimanları göstermektedir. V/Mo oranları Mısır için 0.76, İsrail için 3.7 ve Suudi Arabistan 63.29 olup, Suudi Arabistan hariç diğerleri anoksik ortama işaret etmektedir. Y/Ho oranı fosfatlaşmada ortamın koşullarının yorumlanmasında kullanılabilmektedir. [37]'ye göre, bu oranın 26'dan yüksek olması kırıntılı getirimi ile kirlenmenin egemen olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada Y/Ho oranı 69.83-71.17 arasında değişen oranlar belirlenmiş olup, ortama kırıntılı getirimin olduğunu işaret etmektedir. Aynı şekilde bazı eser elementler (Ni, Cr, V, Mo, Cd, Th, U) redoks şartlarını belirlemede işaretleyicidir [38]. Bu elementlerin

birbirine göre oranları (Ni/Co, V/(V+Ni), V/Ni) paleoredoks durumlarını ortaya koymak için kullanılabilmektedir [39, 40]. Mazıdağı apatit örneklerinin V/Ni, Ni/Co ve V/(V+Ni) değerleri anoksik ortamı temsil eden değerlerde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5. a) Redoks koşulları gösteren Ce_{anm}.-Nd diyagramı [30]. b) Karababa Formasyonu, İsrail [35], Suudi Arabistan [26], Irak [25] ve Ürdün [27] ait apatitlerin Ce/ La oranlarını gösteren diyagram (Örnek No: MMK-3), SW [24], AWP [23] ve şeyl [34]).

ADFK üzerinde bulunan Arap, Afrika levhaları ve diğer alanlarda yer alan Kretase-Paleosen yaşlı sedimanter fosfat yataklarının bazı iz ve nadir toprak element derişimleri karşılaştırılmak amacıyla Tablo 2 düzenlenmiştir. Mazıdağı fosfatlarının yüksek organik madde içeriği ile ilgili olabilecek V, La ve Sm gibi diğer ülkelerde tespit edilmeyen bazı iz ve nadir toprak elementlerini bulundurmaktadır. Tüm eser elementler yüksek oranda olması gereken özellikle Mo ve As gibi elementlerin Fertilization Food (Canadian Food Inspection Agency). Mısır ve Ürdün gibi diğer Orta Doğu-Kuzey Afrika fosforitlerine kıyasla, Türkiye'deki Üst Kretase fosforitleri daha düşük içeriğe sahiptir (As elementi 5 ppm) Bu değer Canadian Food Inspection Agency, Soil EC ile karşılaştırılabilir ve AWP'den daha düşük orandadır. Dolayısıyla çalışılan alandaki fosforitler gübre üretimi için kısmen uygun olabileceği düşünülmektedir.

Denizel sedimantasyon ortamlarında deniz suyunun tuzluluğu çökelme ile yakından ilişkili olup, Sr değerleri tuzluluk ile doğru orantı olduğu bilinmektedir. Genel olarak, denizin tuzluluğunun artmasıyla beraber Sr miktarı da artmaktadır [41]. Mazıdağı apatit minerallerine ait Sr değerleri ortalama 1512 ppm değerleri ile tuzlu deniz suyu bileşimini göstermektedir. Bu değer, Arap ve Africa plakalarında diğer eş yaşlı yataklarda yapılan çalışmalarda Irak ve ASC hariç benzerlik sunmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Mazıdağı ve diğer fosfat rezervuarlarındaki minerallerin bazı iz element ve NTE bileşimleri.

Element ppm	Mazıdağı (Türkiye)	Suudi Arabistan[1]	Irak[2]	Mısır[3]	Ürdün[4]	Fas[5]	İsrail[6]	AWP	ASC	Toprak EC	Gübre C.
Ni	8.4	9.6	n.a.	72	15	41.4	89	53	68	50	180
Zn	206	54.4	150	149	121	279	521	195	95	200	1850
Sr	1512.5	1228.6	800	1705	n.a.	1331	2300	1900	300	n.a.	n.a.
V	113.5	44.3	120	246	n.a.	n.a.	155	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr	201.5	4.5	n.a.	161.4	51	217	227	125	90	60	n.a.

Co	1.0	0.9	n.a.	2.6	n.a.	0.75	5	7	19	n.a.	150
Mo	1.5	0.7	n.a.	323.4	n.a.	7.9	41	n.a.	2.5	n.a.	20
As	5.0	6.3	n.a.	19.6	n.a.	10.7	n.a.	23	13	8	75
Sm	1.4	1.22	20	5.6	n.a.	n.a.	n.a.	20	n.a.	n.a.	n.a.
La	16.3	12.02	133	33.2	n.a.	n.a.	19.6	133	n.a.	n.a.	n.a.
Mn	77	n.a.	n.a.	422	n.a.	15	40	n.a.	850	n.a.	n.a.
U	55.6	57.3	72	35	n.a.	n.a.	111	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. = not available. [1][42, 43]; [2][44]; [3][45]; [4][46]; [5][47]; [6][35]; AWP, Ortalama Dünya Fosforit [23]; ASC, Ortalama Şeyl Bileşimi [48]; Toprak EC [49]; Gübre Kanada, [50].

IV. SONUÇLAR

1- Mardin-Mazıdağı yöresi Üst Kretase (Aptian-Lower Campanian) yaşlı Karababa Formasyonu'nda gerçekleştirilen mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda aşağıdaki verilere ulaşılmış ve tartışılmıştır. Karababa Formasyonu farklı litofasiyesleri temsil eden Karataş, Ekinciler ve Evciler üyelerine ayrılmış olup, litolojik, mineralojik ve jeokimyasal değişimler havzanın ortam şartlarının (derinlik, beslenme, biyolojik aktivite) sedimantolojik olarak çökelme ve sonrasında gelişen bozuşma/bozuma süreçlerinin ayırt edilmesinde bir ölçüt olabileceği önerilmiştir [22].

2- Mineralojik ve jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Mazıdağı apatit (CFA: Karbonatça zengin apatit) mineralleri yüksek oranda P_2O_5 (ortalama 35.44%) miktarına sahip olup, endüstriyel hammadde potansiyeli yüksektir [22].

3- Akdeniz Fosforit Kuşağı üzerinde yer alan Üst Kretase ve Paleosen yaşlı fosforit yataklarında ortalama P_2O_5 % içerikleri karşılaştırıldığında Mısır (Duwi Formasyonu) için 25.67% [51], Suudi Arabistan (Sirhan-Turaif havzası) için 23.0% [45], Suriye 27.00% [52], İsrail (Negev) 26.0% [35], İran 20.0% [53] ve Irak (Akashat) için 22.00% [43]olarak belirtilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde Mazıdağı fosforitlerinde belirlenen değer 35.44% olup, benzer yaşlı yataklara göre P_2O_5 oranı yüksektir.

4- Düşük Ce_{anom}, Ce/La ve Fe_2O_3 değerleri Mazıdağı fosforit oluşumlarının yüzeye yakın indirgen oksidasyon ortamında gelişimi ile ilişkilidir.

5- Apatit örneklerinin Y/Ho, Ni/Co, V/(V+Ni) ve V/Ni oranlarındaki yüksek değerler, jeokimyasal olarak kirlenmeyi ortaya geçiş elementlerin bulunması, Tetis okyanusu ile ilişkili olarak paleotektonik olay zincirine bağlı olarak geliştiği biçimde açıklanabilir gözükmektedir.

6- Litolojik ve jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Geç Kretase yaşlı Mazıdağı fosforitleri sığ denizel ortamda oksitlenme koşullarında çökeldiğini göstermiştir. Ayrıca biyolojik aktivite yönünden yüksek verimli bir ortamda kimyasal ve mekanik süreçlerden etkilenmişlerdir.

REFERANSLAR

[1] S.M. Jasinski, Phosphate Rock, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries (USGS), 703, 648–771, 2021.

[2] G.J. Simandl, S. Paradis and R. Fajber, Sedimentary Phosphate Deposits Mineral Deposit Profile, British Columbia Geological Survey, 217-222, 2012.

[3] P.J. Cook, Petrology and geochemistry of the phosphate deposits of North West Queensland, Australia. Econ. Geol., 67, 1972, 1193-1213. doi:10.2113/gsecongeo.67.8.1193

[4] G. Orris and C.B. Chernoff, Review of world sedimentary phosphate deposits and occurrences. Chapter 20. In J. R. Hein (e.d.), Life cycle of the Phosphoria Formation, Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry. Elsevier Science B.V. 2004, doi:10.1016/S1874-2734(04)80022-6

[5] A.Z.M. Abouzeid, Physical and thermal treatment of phosphate ores- An overview, Int. J. Miner. Process, 85, pp. 59-84, 2008, doi:10.1016/j.minpro.2007.09.001
[6] P.J. Cook, M.W. Mcelhinny, A re-evaluation of the spatial and temporal distribution of sedimentary phosphate deposits in the light of plate tectonic, Econ. Geol., 74, 315-330, 1979, doi: 10.2113/gsecongeo.74.2.315
[7] D. Soudry, C.R. Glenn, Y. Nathan, I. Segal and D.L. Vonder Haar, Evolution of Tethyan phosphogenesis along the northern edges of the Arabian-African shield during the Cretaceous-Eocene as deduced from temporal variations of Ca and Nd isotopes and rates of P accumulation, Earth-Sci. Rev., 78, 27-57, 2006. doi:10.1016/j.earscirev.2006.03.005
[8] Y. Bartov and G. Steinitz, The Judea and Mount Scopus groups of the Negev and Sinai with trend surface analysis of the thickness data, Israel Journal of Earth Science, v. 26, p. 119-148, 1977.
[9] R. El Bamiki, O. Raj, M. Ouabid, A. Elghali, O.K. Yazami and J.-L. Bodinier, Phosphate Rocks: A Review of Sedimentary and Igneous Occurrences in Morocco, Minerals 2021, 11, 1137. https://doi.org/10.3390/min11101137
[10] K. Al-Maleh, Etude stratigraphique, petrographique, sedimentologique et geochimique du Cretace du NW Syrien (Kurd Dagh se environs d'Aafrine): les aspect petroliers de la region, Universitie Pierre et Marie Curie (Paris 6), 620 p, 1974.
[11] K. Svoboda, The lower Tertiary phosphate deposits of Tunisia, In A.J.G. Notholt, R.P. Sheldon and D.F. Davidson (Eds.), Phosphate Deposits of the World, Volume 2, Phosphate Rock Resources. Cambridge University Press, p. 284-288, 1989.
[12] S. Jassim, M.Y. Tamar-Agha and K.S. Al-Bassam, Geology of Rutba area, Excursion Guide, 7th Iraqi Geological Congress, Baghdad, 1986.
[13] J.W. Berge and J. Jack, The phosphorites of west Thaniyat, Saudi Arabia, In A.J.G. Notholt, R.P. Sheldon and D.F. Davidson (Eds.), Phosphate Deposits of the World, v. 2, Phosphate Rock Resources. Cambridge University Press, p. 340-343, 1989.
[14] S. Chabbou-Moustafai, Etude de la série phosphatée tertiaire du djebel Onk (Algérie): Stratigraphie, pétro- graphie, minéralogie et géochimie, Thèse Doct. ès-Sci. Univ. Aix-Marseille, France, 1987.
[15] C.R. Glenn and M.A. Arthur, Anatomy and origin of a cretaceous phosphorite-green sand giant, Egypt, Sedimentology, V. 37, P. 123-148, 1990.
[16] A. Salsani, A. Amini, S. Shariati, S.A. Aghanabati and M. Aleali, Geochemistry, facies characteristics and palaeoenvironmental conditions of the storm-dominated phosphate-bearing deposits of eastern Tethyan Ocean; A case study from Zagros region, SW Iran, AIMS Geosciences, 6(3), 316–354, 2020.
[17] S. Mikbel and A.M. Abed, Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan, Dirasat, 12, 125-124, 1985.
[18] A.J. Notholt, Economic phosphatic deposits, mode of occurrence and stratigraphical distribution, Journal of the Geological Society, London, v. 37, p. 893-805, 1980.
[19] I.O. Yılmaz, T.D. Cook, I. Hoşgör, M. Wagreich, K. Rebman and A.M. Murray, The upper Coniacian to upper Santonian drowned Arabian carbonate platform, the Mardin–Mazidağı area, SE Turkey: sedimentological, stratigraphic, and ichthyofaunal records, Cretac. Res. 84, 153–167, 2018.
[20] M.C. Göncüoğlu, K. Dirik and H. Kozlu, General characteristics of pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey, Ann. Géol. Pays Hellén. Annales. 37, 515-536, 1997.
[21] M. Umut, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Diyarbakır N 44 paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2011.

[22] S. Tetiker ve M. Yıldırım, Mineralogical-Geochemical Properties and Origin of the Phosphate Formations of Late Cretaceous Aged Karababa Formation (Mardin-Mazıdağı). Geological Bulletin of Turkey, 64/3 1-40, 2021.
[23] Z.S. Altschuler, The geochemistry of trace elements in marine phosphorites, Part I. Characteristis abundances and enrichment, in: Y.K. Bentor (e.d.), Marine Phosphorites, SEPM Special Publication, Volume 29, 19-30, 1980.
[24] O.T. Hogdahl, S. Welsom and V.T. Bowen, Neutron activation analysis of lanthanide elements in sea water, Adv. Chem. Ser., 73, 308-325, 1968. doi: 10.1021/ba-1968-0073.ch019
[25] Al Bassam, Geology of the Phosphorite Deposits of Iraq, Iraqi Phosphate Deposits: Geology and Industrial Applications, 7, 25-50, 2020.
[26] A.E. Khater, M.A. Galmed, M.M. Nasr and A. El-Taher, Uranium and rare earth elements in Hazm El-Jalamid phosphate, Saudi Arabia: concentrations and geochemical patterns comparison, Environmental Earth Sciences, 75(18), 1-12, 2016.
[27] J. Beik, Z. Abed, F.S. Ghoreishi, S. Hosseini-Nami, S. Mehrzadi, A. Shakeri-Zadeh and S. K. Kamrava, Nanotechnology in hyperthermia cancer therapy: From fundamental principles to advanced applications, Journal of Controlled Release, 235, 205-221, 2016.
[28] K.C. Condie, Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales, Chem. Geol., 104, 1-37, 1993. doi:10.1016/0009-2541(93)90140-E
[29] L.P. Gromet, R.F. Dymek, L.A. Haskin and R.L. Korotev, The "North American shale composite": its compilation, major and trace element characteristics, Geochim. Cosmochim. Acta., 48, 2469-2482, 1984. doi: 10.1016/0016-7037(84)90298-9
[30] J. Wright, H. Schrader and W.T. Holserab, Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite, Geochim. Cosmochim. Acta., 51, 631–644, 1987. doi:10.1016/0016-7037(87)90075-5
[31] A. Majumdar, K. Tanaka, T. Takahashi and I. Kawabe, Characteristics of rare earth element abundances in shallow marine continental platform carbonates of Late Neoproterozoic successions from India, Geochem. J. 37, 277–289, 2003.
[32] R.A. Kemp and C.N. Trueman, Rare earth elements in Solnhofen biogenic apatite: geochemical clues to the palaeoenvironment, Sed. Geol., 155/1-2, 109-127, 2003.
[33] H. J. De Baar, P. G. Brewer and M.P. Bacon, Anomalies in rare earth distributions in seawater: Gd and Tb, Geochimica et Cosmochimica Acta, 49(9), 1961-1969, 1985.
[34] D.Z. Piper, Rare earth elements in the sedimentary cycle: a summary, Chemical geology, 14, 285-304, 1974.
[35] A. Shemesh, Stable isotopes and rare earth elements in phosphatic rocks, Thesis of Hebrev University, Jarusalem, 1986.
[36] D. Gallego-Torres, F.C. Martinez-Ruiz, G.J. De Lange, F.J. Jiménez-Espejo, and M. Ortega-Huertas, Trace-elemental derived paleoceanographic and paleoclimatic conditions for Pleistocene Eastern Mediterranean sapropels, Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 293/1-2, 76-89, 2010.
[37] C.Y. Lan, A.Y., Yang, C.L. Wang and T.P. Zhao, Geochemistry, U–Pb zircon geochronology and Sm–Nd isotopes of the Xincai banded iron formation in the southern margin of the North China Craton: implications on Neoarchean seawater compositions and solute sources, Precambrian Res., 326, 240-257, 2019.
[38] J.L. Morford and S. Emerson, The Geochemistry of Redox Sensitive Trace Metals in Sediments, Geochim. Cosmochim. Acta., 63, 1735-1750, 1999. doi:10.3133/ofr70221
[39] J.R. Hatch and J.S. Leventhal, Relationship between Inferred Redox Potential of the Depositional Environment and Geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian)

Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee Country, Kansas, USA, Chem. Geol. 99, 65-82, 1992. doi: 0.1016/0009-2541(92)90031-Y

[40] B. Jones and D.A.C. Manning, Comparison of geo-chemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones, Chem. Geol., 111, 111–129, 1994.

[41] R. Klein, K. Lohmann and C.W. Thayer, Sr/Ca and C-13/C-12 ratios in skeletal calcite of Mytilus trossulus: Covariation with metabolic rate, salinity, and carbon isotopic composition of seawater, Geochim. Cosmochim. Acta., 60, 4207–4221, 1996. doi: 10.1016/S0016-7037(96)00232-3

[42] C.R. Meissner and A. Ankary, Geology of phosphate deposits in the Sirhan-Turayf Basin, Kingdom of Saudi Arabia, United States Department of the Interior U.S. Geological Survey Special report, 1970.

[43] A.S. Al-Hobaib, H.M. Baioumy and M.A. Al-Ateeq, Geochemistry and origin of the Paleocene phosphorites from the Hazm Al-Jalamid area, northern Saudi Arabia, J. Geochem. Explor., 132, 15–25, 2013. doi:10.1016/j.gexplo.2013.04.001

[44] T. Benni, (Phosphate Deposits of Iraq.– Geological Survey of Iraq UNFC Workshop, Santiago, Chile, 2013.

[45] E.A.A. Anwar, H.S. Mekky, S.H. Abd El Rahim and S.K. Aita, Mineralogical, geochemical characteristics and origin of Late Cretaceous phosphorite in Duwi Formation (Geble Duwi Mine), Red Sea region, Egypt, Egypt. J. Pet., 26, 157-169, 2017.doi:10.1016/j.ejpe.2016.01.004

[46] M. Batarseh and T. El-Hasan, Toxic Element Levels in the Phosphate Deposits of Central Jordan, Environmental Earth Sciences, 2/2, 81-88, 2009.

[47] M. Suttouf, Identifying the origin of rock phosphates and phosphorus fertilisers using isotope ratio techniques and heavy metal patterns, Von der Fakultat fur Lebenswissenschaften der Technischen Universitat Carolo-Wilhelmina, Doktors der Naturwis-senschaften, 196p, 2007.

[48] K.K. Turekian and K.H. Wedelpohl, Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust, Geol. Soc. Am. Bull., 72, 175–192, 1961, doi:10.1130/0016-7606

[49] European Commission (EC), Council Directive (86/278/EEC) on the protection of the environment, and in particular of soil, when sewage sludge is used in agriculture, Official J. European Community L181 (Annex 1A), pp. 6–12, 1986.

[50] Canadian Food Inspection Agency, Plant Production: fertilizers section, Website: www.inspection.gc.ca/English/plaveg/fereng/ tememo/t-4-83.shtml, 1997.

[51] C.R. Meissner and A. Ankary, Geology of phosphate deposits in the Sirhan-Turayf Basin, Kingdom of Saudi Arabia, United States Department of the Interior U.S. Geological Survey Special report, 1970.

[52] Shlewit, H., Treatment of phosphate rocks with hydrochloric acid, J Radioanal Nucl Chem, 287:49–54, 2011.

[53] A.M. Abed, The eastern Mediterranean phosphorite giants: An interplay between tectonics and upwelling, GeoArabia, v. 18, no. 2, p. 67-94, 2013.

Investigation of Deteriorations in Historical Buildings Through Visual and Laboratory Analyses

Mehmet Can Balci*[1], Ismail Ince[2], Mehmet Ergun Hatir[3]

*mehmetcan.balci@batman.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3737-2556
[1]*Civil Engineering, Batman University, Batman, Turkey*
[2]*Geological Engineering, Konya Technical University, Konya, Turkey*
[3]*Interior Architecture, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey*

Abstract: Atmospheric processes have a significant impact on the physical and mechanical properties of rocks**.** After rock masses are extracted from a quarry they begin to be subjected to atmospheric processes. These processes directly affect the deterioration of the rock masses, depending on such main parameters as the geomechanical properties of the rocks, the climate of the region, the size of the building stone, and its location on the monument. The speed and extent to which monuments are affected by atmospheric processes vary depending on such parameters. As deterioration increases, structural problems in monuments can develop, posing a threat to cultural heritage. With this in mind, determining the type of deterioration from the properties of the rock and environmental parameters is at the heart of conservation studies. The present study investigates the deterioration of Emir Bayındır Mosque (Ahlat, Bitlis), which is an important building in terms of historically, architecturally, and culturally important structure. To this end, first, the geomechanical properties of the building stones used to form the monument were determined in a laboratory, after which the type and extent of deterioration were determined with an on-site visual inspection. The findings of the study served as a guide for efforts to ensure the passing on of the monument to the next generation.

Keywords: *Building Stones, Deterioration Types, Emir Bayındır Mosque, Ahlat*

I. INTRODUCTION

Atmospheric processes alter the mechanical, physical and chemical properties of rocks, either partially or completely [1]. Determining the extent and type of deterioration of the building stones used in the construction of cultural assets is a critical phase in conservation and restoration studies. There have been several previous studies investigating the changes in the index and mechanical properties of rocks using non-destructive testing techniques (NDT) [2, 3, 4], while there have been few studies to date investigating the types of deterioration in monuments [5, 6]. One such study, conducted by [5], examined a historical water cistern built out of travertine building blocks using NDT and on-site visual analyses. In a further study, [6] investigated the deterioration effects on an aquatic monument built from andesite blocks in the Hittite period, and assessed also the properties of the rock. While these have been beneficial, studies investigating the deterioration of monuments built from pyroclastic rocks, which are heavily affected by deterioration due to their low engineering properties, are quite limited. Addressing this gap in the literature, the present study investigates the deterioration of Emir Bayındır Mosque in the Ahlat region, which was built out of pyroclastic building stones, in Turkey.

II. DESCRIPTION OF THE EMIR BAYINDIR MOSQUE

Emir Bayındır Mosque, which was built in 1481, is located in the center of Ahlat and comprises two parts: a cupola and a sanctuary. The cupola has a square plan, while the mosque section is rectangular. The mosque has a barrel vault roof, while the cupola is topped by a conical dome. While the mosque has quite plain facades, the cupola stands out among other structures of its kind in Anatolia with its dodecagonal body constructed on a square base, and its unique semi-open form created out of columns and arches. The monument, built out of ashlar, stands out with its impressive stonework (Fig. 1).

Fig. 1. Emir Bayındır Mosque and Tomb

III. MATERIAL AND METHOD

This present study was carried out in two stages, including a laboratory analysis and an in-situ visual analysis, the results of which are combined to allow a better analysis of the deterioration types. For the laboratory analyses, the ancient quarry from which the five different pyroclastic rocks used in the construction of the monument were extracted was identified, and cubic samples were taken of building stone, in accordance with the relevant standards [7] (Fig. 2). After that, index properties (dry density, porosity, water absorption) of these samples were identified using the methods recommended by [7]. The P-wave velocity and the Schmidt hammer rebound value of the rock were identified based on the methods specified, respectively, in [8] and, [9] standards. Since there is no standard governing the Leeb hardness value of rocks, the methods suggested by [10] were adopted. Anomaly types were determined in order to detect deterioration using [11].

Fig. 2. Macroscopic views of the pyroclastic rocks used in Emir Bayındır Mosque

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

A. Geomechanical Properties of Ahlat Stones

The blocks obtained from rocks with similar properties to the building stones used in the monument were obtained from the ancient quarry, the geomechanical properties of which are presented in Table I.

TABLE I
MEAN GEOMECHANICAL PROPERTIES OF THE AHLAT STONES

Sample No	ρ_d -g/cm^3	n-%	W_a-%	V_p-km/s	SHR	HL
C1	1.79	29.60	16.57	1.87	12	241.35
C2	1.69	35.86	21.18	1.69	16	356.00
C3	1.74	34.89	20.08	1.66	20	363.64
C4	1.81	31.86	17.61	1.69	18	333.20
C5	1.83	30.15	16.65	1.79	22	342.24

The dry density (ρ_d) value of the samples varied between 1.69 g/cm^3 and 1.83 g/cm^3, while the porosity (n) values were between 29.6% and 35.86%. The P-wave velocity values of the building stones used in the monument are between 1.66 km/s -1.87 km/s. The highest Schmidt hammer rebound value in the samples was determined as 22 in the sample C5. The geomechanical properties of the building stones used in the monument were subsequently found to be quite variable.

B. Deterioration Observed in the Emir Bayındır Mosque

Although the rocks are of the same lithology, their engineering properties may differ depending on the differences in the facies in the quarry. Blocks with lower mechanical properties may be more affected by deterioration depending on their size and their location in the structure. Different types of deterioration can be seen in the building stones occupying the same level in Emir Bayındır Mosque, which can be attributed to the fact that it was built with stones obtained from five different pyroclastic rocks. Contour scaling (> 5cm depth), differential erosion (> 5cm depth), missing parts and cracks (3cm> width) can all be observed in the rocks with lower properties (Fig. 3). The biggest problem affecting the monument is the capillary effect (Fig. 4). Due to the rise of water through capillary action, an area of moisture and efflorescence has developed at the ground level of the monument (Fig. 5). The efflorescence has had a destructive effect on the rocks, resulting in the development of areas of weathering exceeding 5 cm. In addition, the movement of water in the moist areas has triggered freeze-thaw and wetting-drying processes, resulting in differential erosion in the rocks. All of these processes have increased the surface area and roughness of the building blocks on the monument, and the subsequent deterioration is thus quite high. Furthermore, widespread biological deterioration (lichen and higer plant) has also been identified that is attributable to the moisture in the area affected by capillary action.

Fig. 3. Deterioration types observed in the monument (missing part, crack differential erosion, lichen deterioration types)

Fig. 4. Deteriorations due to capillary action in the monument

Fig. 5. Efflorescences in the capillary region

V. CONCLUSION

The present study investigates the geomechanical properties and types of deterioration in the Emir Bayındır Mosque building stones, for which pyroclastic rocks belonging to five different facies were obtained. The types of deterioration observed on the monument are concentrated in the capillary areas, where the moisture content is high. The most significant problem in this area is efflorescence, which has caused irreversible damage to the building blocks. If the necessary measures are not taken, the rapid deterioration that can be observed in the areas affected by moisture may lead to structural deformations in the monument. In this regard, it is first necessary to reduce the salt content of the building stones through measures aimed at lowering the groundwater level around the monument.

REFERENCES

[1] Fener, M., & İnce, İ. (2015). Effects of the freeze–thaw (F–T) cycle on the andesitic rocks (Sille-Konya/Turkey) used in construction building. Journal of African Earth Sciences, 109, 96-106.

[2] Christaras, B., Cuccuru, F., Fais, S., & Papanikolaou, H. (2015). Application of non destructive ultrasonic techniques for the analysis of the conservation status of building materials in monumental structures. In Engineering Geology for Society and Territory-Volume 8 (pp. 139-143). Springer, Cham.

[3] Hoła, A., Matkowski, Z., & Hoła, J. (2017). Analysis of the moisture content of masonry walls in historical buildings using the basement of a medieval town hall as an example. Procedia Engineering, 172, 363-368.

[4] Fais, S., Cuccuru, F., Ligas, P., Casula, G., & Bianchi, M. G. (2017). Integrated ultrasonic, laser scanning and petrographical characterisation of carbonate building materials on an architectural structure of a historic building. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 76(1), 71-84.

[5] İnce, İ., Bozdağ, A., Tosunlar, M. B., Hatır, M. E., & Korkanç, M. (2018). Determination of deterioration of the main facade of the Ferit Paşa Cistern by non-destructive techniques (Konya, Turkey). Environmental Earth Sciences, 77(11), 1-10.

[6] Bozdağ, A., İnce, İ., Bozdağ, A., Hatır, M. E., Tosunlar, M. B., & Korkanç, M. (2020). An assessment of deterioration in cultural heritage: The unique case of Eflatunpınar Hittite Water Monument in Konya, Turkey. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 79(3), 1185-1197.

[7] TS EN-1936 (2010). Natural stone test methods - Determination of real density and apparent density and of total and open porosity. Turkish Standards Institution, Turkey

[8] ASTM E494 (2010). Standard practice for measuring ultrasonic velocity in materials. ASTM International, West Conshohocken

[9] ASTM D5873 (2014). Standard test method for determination of rock hardness by rebound Hammer method. ASTM International, West Conshohocken

[10] İnce, İ., & Bozdağ, A. (2021). An investigation on sample size in Leeb hardness test and prediction of some index properties of magmatic rocks. Arabian Journal of Geosciences, 14(3), 1-13.

[11] ICOMOS-ISCS (2008) International council on monument and sites international scientific committee for stone, Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Champigny/Marne, France, Ateliers 30 Impresión

Prediction of Actual Toolpath and Improvement of the Toolpath Accuracy Based on Identification of Acceleration/Deceleration Control Characteristics of Machine Tools

Than Trong Khanh Dat[*,1,2], Tran Thien Phuc[1,2]

[*] ttkdat@hcmut.edu.vn, ORCID: 0000-0001-7295-9542
[1]*Department of Machine Design, Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), Ho Chi Minh City 700000, Vietnam*
[2]*Viet Nam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc, Ho Chi Minh City 700000, Vietnam*

Abstract: Recently, the toolpath generation for high-speed machining of curved surfaces has become a non-trivial task. The approximated linear segments (G01-based) are widely used in commercial computer-aided manufacturing (CAM) systems. When machining with computer numerical control (CNC) machine tools, the actual feed speed and toolpath differ from the commanded value due to the acceleration/deceleration (Acc/Dec) control characteristics of machine tools causing the toolpath trajectory error. In addition, the cutting force applied to the cutting tool causes tool deflection. These factors cause errors between the designed and machined surfaces. Predicting the actual toolpath trajectory plays a crucial role in predicting the machined surface shape of a workpiece. The speed change is modeled in this study, and the actual toolpath trajectory is predicted. Furthermore, based on the predicted toolpath, some new toolpath generation methods are proposed to reduce the error between the actual toolpath and the commanded toolpath. The effectiveness and reliability of the proposed methods have been proven through comparison with experimental results.

Keywords: *CAM, toolpath, NC controller, acceleration/deceleration characteristics, high accuracy machining*

I. INTRODUCTION

Curved surfaces are often used to represent models in the automotive manufacturing, aerospace, and mold industries. Due to the increasing demands of the manufacturing industry, machining accuracy needs further improvement in numerical control (NC) machining. Machining errors due to tool deflection are an essential issue in the machining process. Many previous studies have been done to improve machining accuracy by solving this problem. In Kasahara and Fujita's study, the relationship between cutting conditions, shearing force, machining accuracy, etc., can be analyzed using process simulation [2-4]. In addition, Terai et al. proposed an index of machining error evaluation only inferred through geometric analysis based on the tool's elastic deformation model [5]. However, these methods do not take into account the Acc/Dec that occurs during machine tool control. In cutting, acceleration is limited by the motor's maximum torque, Acc/Dec control process is performed. Therefore, the change of feedrate differs from the programmed value, and this difference results in a discrepancy between the programmed toolpath and the actual toolpath, as shown in Fig. 1a. This generates errors in the shape machined surface. Acc/Dec characteristics vary depending on the machine tool, control generation, and machining conditions such as feedrate [6-8]. However, the

Acc/Dec control process algorithm has not been clearly studied and is considered very difficult to analyze in detail [9]. In order to reduce shape errors and improve machining accuracy, it is necessary to correctly predict the machining surface shape based on actual toolpath prediction and perform error compensation to correct these incremental errors.

In this study, we propose a modeling method of feedrate change considering machine tools' acceleration/deceleration control. Based on this velocity model, the feedrate and the tool position at each toolpath point are calculated; from that, the actual path trajectory of the toolpath is predicted. These predicted results will be compared with the actual measurement results to prove the usefulness of the proposed model. Additionally, based on actual toolpath trajectory prediction, we generate a new toolpath to improve the toolpath accuracy and machining accuracy, efficiency, and reliability of this method, that verified by comparison with the ideal toolpath. Our proposed method has significant advantages compared to the traditional manual error correction method shown in Fig. 1b.

In particular, today's most modern machine tools are equipped with high precision machining line control: Artificial Intelligence high-speed and high-precision contour control function of FANUC (AI), or Geometric Intelligence (GI) on machine tools of MAKINO. This control function is the most advanced and achieves the best accuracy for current commercial CNC machine systems (Fig. 2). This function will perform correction of complex shapes and Acc/Dec adjustment in the machine tool for high speed and precision. Meanwhile, most current CNC machine generations use normal control function, and the prediction of the actual speed change modeling and toolpath trajectory without AI/GI function was presented [1]. In our study, toolpath prediction, measurement, and evaluation of the proposed method are performed with a high-accuracy contour control function enabled. Currently, there are no studies to understand this new control function's Acc/Dec characteristic. Research to understand this Acc/Dec control characteristic will promise value for improved machining accuracy.

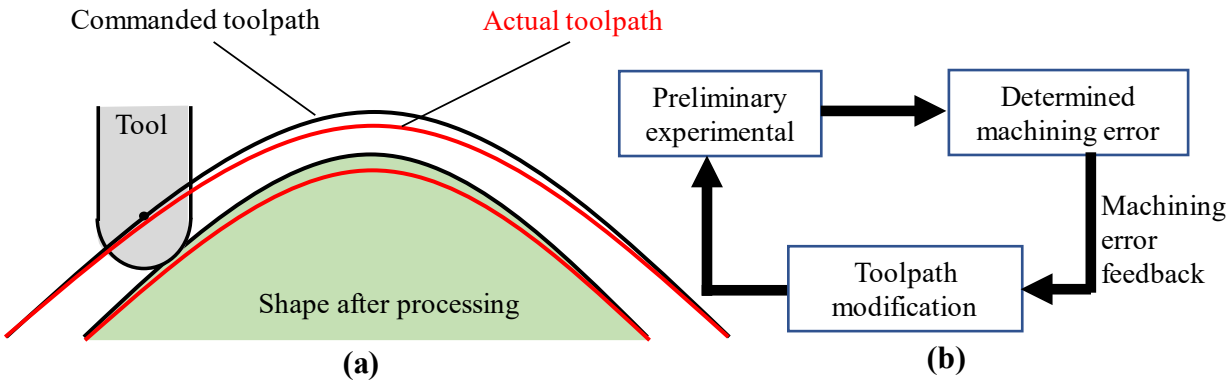


Fig. 1. (a) Machined shape error, **(b)** Traditional process to improve machining accuracy

II. PREDICTION METHOD OF ACTUAL FEED SPEED AND TOOLPATH

A. Method of modeling the feed speed change

In this study, the machine tool used for experiments was a 5-axis CNC machine with a FANUC F31iB controller, as shown in Fig. 3a. The measurement method was performed using the FANUC Servo Guide (Fig. 3b) that was integrated into the CNC machine. As in Fig. 3c, it is a powerful and advanced tool allowing a quick and easy measurement of servo and spindle data at the same time for the FANUC controller.

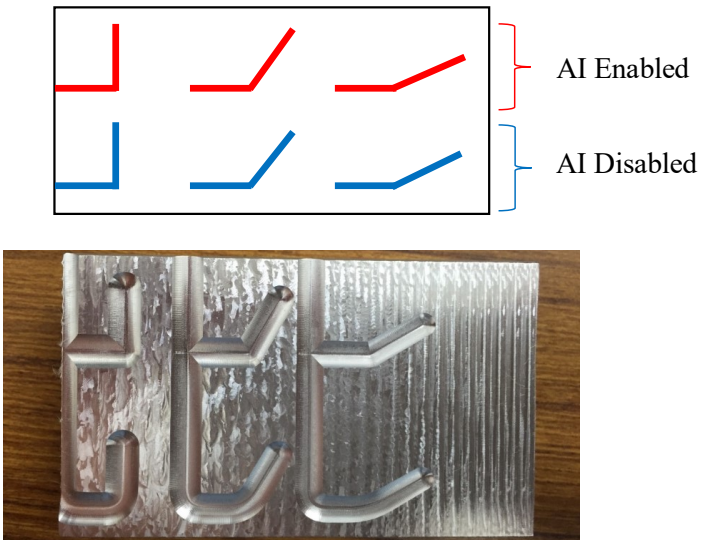


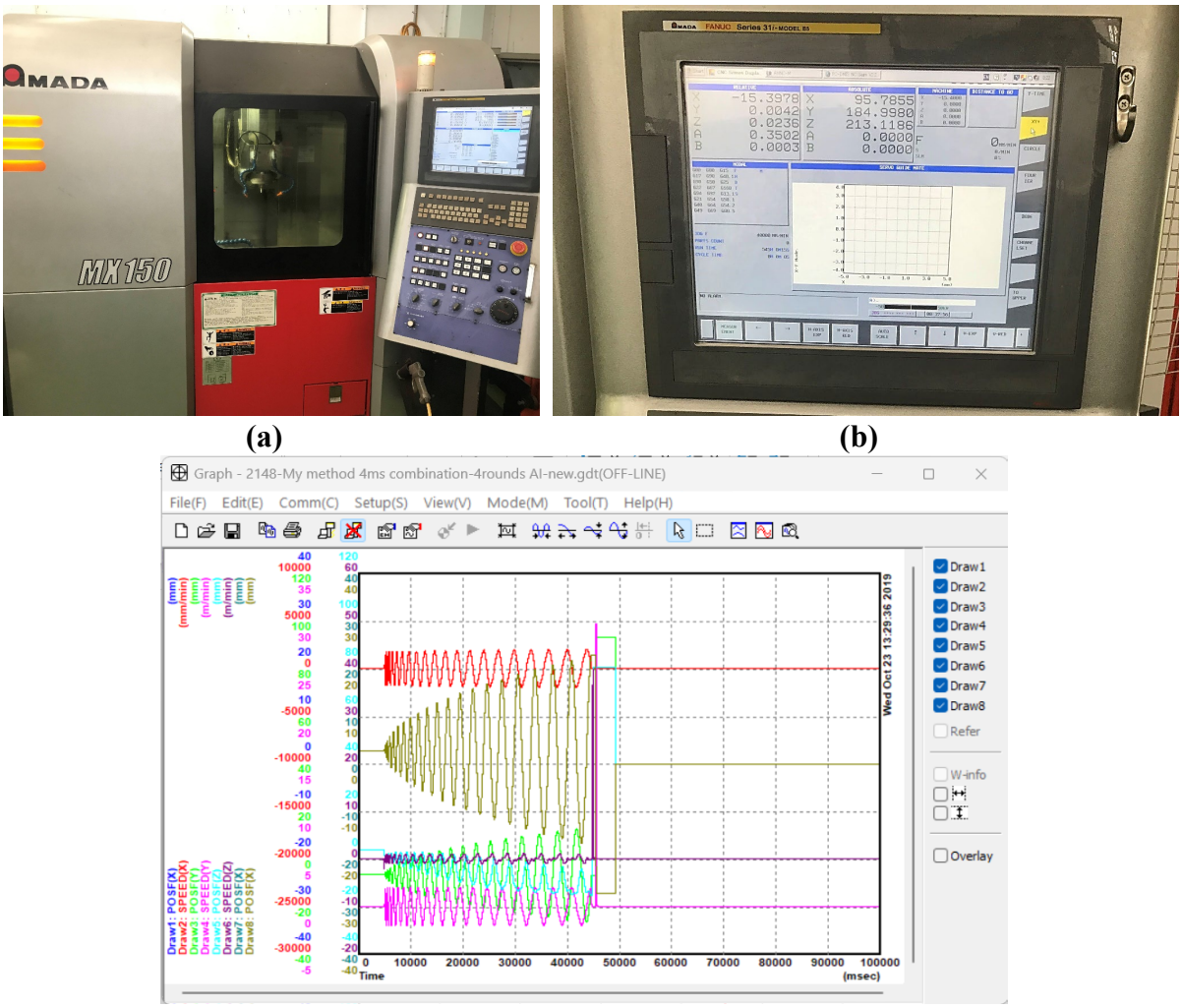
Fig. 2. Comparison of machining accuracy with/without the AI control function.

The Acc/Dec process of the machine tool involves various parameters of the control device. In this study, the feedrate was modeled by considering five set parameters of the CNC controller manufactured by FANUC. Table I shows the values for each parameter. When the high-accuracy contour control function is enabled, the feed speed is modeled using parameters No. 1783, 1660, 1772, and 1769. When the high-accuracy contour control function is disabled, modeled feedrate by parameter No. 1622. Based on these set parameters, the feed speed change was modeled. The following is an example of the feedrate during corner processing.

In this study, the tool moves in the positive X-axis direction, then changes its angle by 90° at a fixed point and continues to move in the positive Y-axis direction. Fig. 4 shows the command value of the feedrate of the X-axis and Y-axis at the corner. The change of the speed component of each axis at the corner (speed difference) when exceeding the setting value of parameter No. 1783 can be described as shown in Fig. 4. If the feedrate does not exceed this setting value, it becomes as shown in Fig. 5. The maximum allowable acceleration of parts (A) shown in Fig. 5 is set according to the setting value of parameter No. 1660. As in Fig. 6, the acceleration time of bell-shaped Acc/Dec before the interpolation of parameter No. 1772 is described. This parameter represents a time to change the constant Acc/Dec state. The feed speed under different conditions, and the Acc/Dec time (B) required to reach the constant Acc/Dec state (C) is determined by the set value of parameter No. 1772. Here, assuming that the acceleration value in the constant Acc/Dec state is the same as the set value of parameter No. 1660, the time in the constant Acc/Dec state may be less than the setting value of parameter No. 1772. In this case, the time in the constant Acc/Dec state becomes the set value of parameter No. 1772, and the value of the acceleration in the constant Acc/Dec state becomes equal to or less than the set value of parameter No. 1660. The time taken to change the speed difference (b) shown in Fig. 5 is determined by the value of parameters No. 1783 and 1769. As shown in Fig. 7, the response time is provided, and the feedrate is determined.

TABLE I
VALUES OF PARAMETERS ARE SET IN THE CONTROLLER OF THE CNC MACHINE

Parameters	**No.1660**	**No.1783**	**No.1772**	**No.1769**	**No.1622**
Value	2620 [mm/s^2]	245 [mm/min]	32 [ms]	11 [ms]	64 [ms]



(a) **(b)**

(c)

Fig. 3 (a) Experimental CNC machine tool, **(b)** Integrated environment into machine, **(c)** Graph window of FANUC servo guide for data acquisition

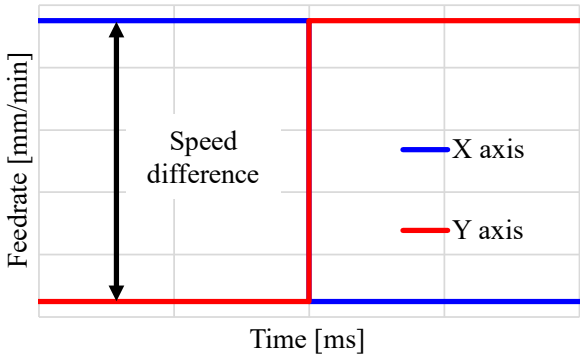


Fig. 4. Commanded feedrate change

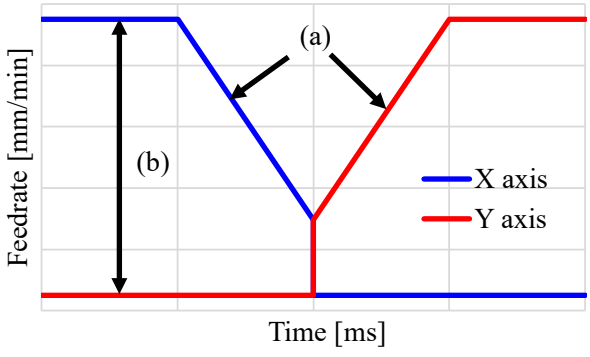


Fig. 5. Actual feedrate change (when No.1883 is taken into account)

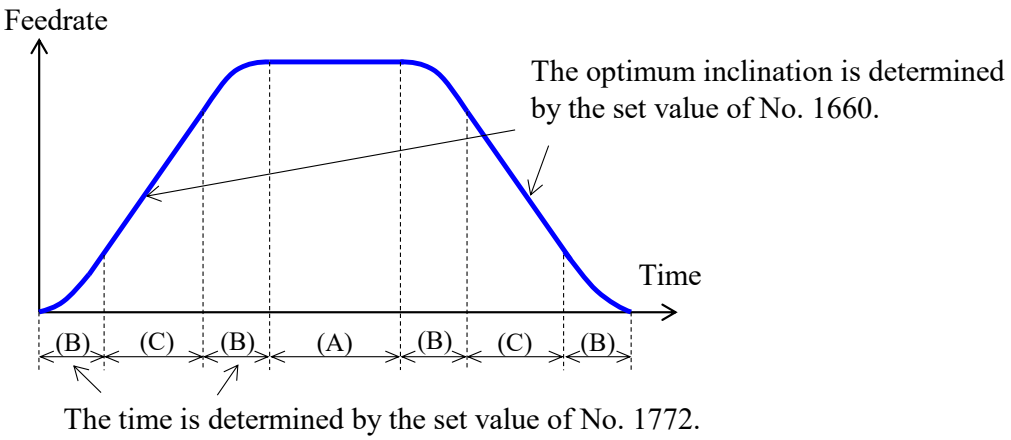


Fig. 6. Feedrate change of bell-shaped acceleration/deceleration

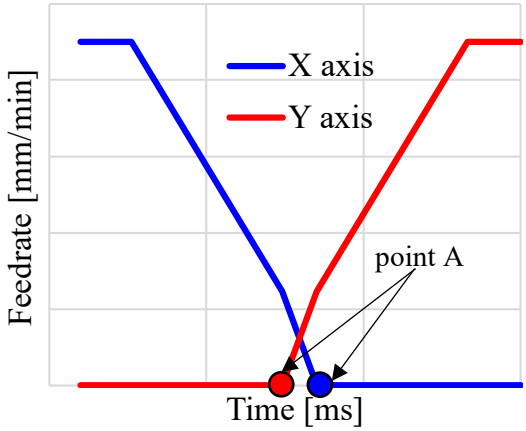


Fig. 7. Feed speed change with high-speed and high precision contour control function (Considering No. 1769)

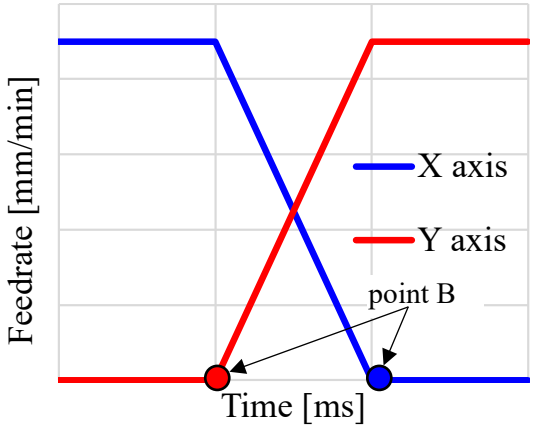


Fig. 8. Feed speed change without high-speed and high precision contour control function (Considering No. 1662)

We will describe the feed speed change modeling with/without an AI control function in more detail as below.

In the control system of the machine tool used in this study, the time constant for changing the feed speed of each control axis as shown in Fig.7 is set as a fixed time interval without using the AI control function. It takes 64 ms from before the feed speed change to the completion of the feed speed change (the target feed speed) according to paramter No.1622 in the machine control. The feed speed model of each axis can be expressed following (1).

$$v(t) = v_0 + \frac{v_1 - v_0}{64}(t - t_0) \tag{1}$$

where v_0 mm/min is the feed speed before the speed change, v_1 mm/min is the feed speed after the speed change is completed (target feed speed), t_0 is the time when the speed change starts, t is the time to achieve the target feedrate, and the unit $(t - t_0)$ is ms.

When using the AI control function, the difference between the speed before the speed change and the speed after the speed change is the relationship between the feed speed difference and the allowable speed difference set in the machine controller by considering the No.1783 and No.1769. The actual feed speed is identified by classifying them into two cases.

(i) When the feed speed difference is less than the allowable speed difference (No.1783)

The machine tool controller used in this study was designed to detect the difference in feed speed ($|v_1 - v_0|$) is less than the allowable speed difference, the time constant required for the feed speed to change from v_0 mm/min to v_0 mm/min is set to 11 ms. This feed speed difference is set to 245 mm/min according to parameter No.1783. At this time, it was assumed that the Acc/Dec when the feed speed change is constant, and the feed speed changes to the target feed speed in 11 ms according to the set No.1769. The feed speed $v(t)$ mm/min at time t can be calculated using (2). In equation (2), the unit of $(t - t_0)$ is ms.

$$v(t) = v_0 + \frac{v_1 - v_0}{11}(t - t_0) \tag{2}$$

(ii) When the feed rate difference is greater than the allowable speed difference

The machine tool control unit used in this study is used to change the feed rate from v_0 mm/min to v_1 mm/min when the feed rate difference ($|v_1 - v_0|$) is greater than the allowable speed difference (No.1783). The control is carried out in two stages. In the case of the machine tool control used in this study, the allowable speed difference in feed rate is set to 245 mm/min as described above. In the two-stage control, in the case of deceleration control, the first stage is control that decelerates without generating a path error (hereafter referred to as precision maintain control), and the second stage is a smooth simultaneous control of each axis that generates a path error. Acc/Dec control (hereafter referred to as smooth movement control) is performed. In the case of acceleration control, smooth control is performed in the first stage, and accuracy maintain control is performed in the second stage. It is the control that decelerates on the designated path without causing any path error because it matches the command path. Smooth movement control can change the path smoothly, but the path error occurs within the allowable value. At time in the accuracy maintain control in the first stage of deceleration control, the feed speed of the control axis is decelerated until the difference between the feed rate of the control shaft and the target feed rate reaches the allowable speed difference (No.1783). Then, at the time t_1 to t_2 in the smooth movement control of the second stage of the deceleration control, the target speed is controlled. Smooth movement control is performed at the time t_1 to t_2 of the acceleration control stage, and the difference between the feed speed of the control axis and the target feed rate is accelerated to the allowable speed difference, and the accuracy is maintained and controlled up to the target feed rate at the time of the second stage of acceleration control.

Then, at the times t_1 to t_2 in smooth movement control in the second stage of deceleration control, smooth movement control is performed at times t_1 to t_2 in the first stage of acceleration control. The difference in speed is accelerated to the allowable speed difference, and at the time point of the second stage of acceleration control, accuracy is maintained and controlled to the target feed speed.

The procedure shown below identified the Acc/Dec time for accuracy maintain control. When moving along the X axis and moving along the Y axis by changing the direction of movement by 90° at point E (as shown in Fig. 13), the actual feed speed of the X and Y axes near point E were measured. At this time, the command feed rates for the X and Y axes were set to 200, 300, 500, 600, 900, 1500, 2000, 5000, 7000, 8000, 10000, 15000, and 20000mm/min. From the measurement results, it was found that in the control of the X-axis, the deceleration time for accuracy maintain control depends on the command feed rate. In the control of the Y-axis, the acceleration time had similar results. The relationship between the command feed speed and the accuracy maintain control time can be described as shown in Fig.9, and the accuracy

maintain control time of T ms is derived from (3).

$$T = 0.006 \times F + 41.9 \tag{3}$$

where, F mm/min represents the commanded feed speed.

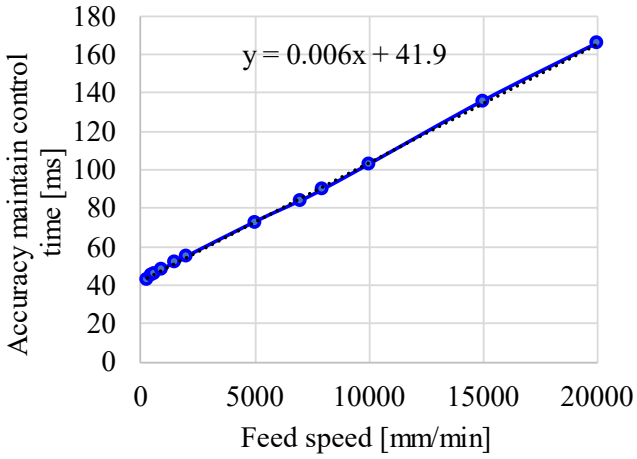


Fig. 9 Relationship between feed speed and Acc/Dec control time

In this study, the smooth movement control time is set to 11 ms in the machine control according to parameter No. 1769. From the above, the feed speed difference at the time of control is greater than the allowable speed difference, and the feed speed in the X and Y axis directions at the time of speed change when decelerating the X axis and accelerating the Y axis is expressed by the following (4) to (9).

- when $t_0 \leq t \leq t_1$

$$v_x(t) = v_0 + \frac{v_1 - v_0}{64}(t - t_0) \tag{4}$$

$$v_y(t) = 0 \tag{5}$$

- when $t_1 \leq t \leq t_2$

$$v_x(t) = 245 - \frac{245}{11}(t - t_1) \tag{6}$$

$$v_y(t) = \frac{245}{11}(t - t_1) \tag{7}$$

- when $t_2 \leq t \leq t_3$

$$v_x(t) = 0 \tag{8}$$

$$v_y(t) = 245 + \frac{v_0 - 245}{T}(t - t_2) \tag{9}$$

where v_0 mm/min is the feed speed before the X-axis speed change, t_0 is the start time of the X-axis accuracy maintain control, t_1 is the start time of the X-axis and Y-axis smooth control, t_2 is the X-axis and Y-axis smooth control end time and Y-axis accuracy maintain control start time, t_3 is the Y-axis accuracy maintain control end time, and T ms is the accuracy maintain control time calculated from (3). Also, t is the time to identify the speed, and the unit of t, t_0, t_1, t_2, and t_3 is ms. When the Y axis is decelerated and the X axis is accelerated, it can be derived by exchanging X and Y in (4) to (9).

B. Toolpath prediction and evaluation

The predicted toolpath was calculated based on the estimated feed speed change method. The experimental conditions were as follows: feedrate is 900 mm/min, the tool moved in the positive

X-axis direction, then changed its angle by 90° at a fixed point and continued to move in the positive Y-axis direction. The actual feedrate and toolpath are measured to compare with the predicted feedrate and toolpath, respectively, and the usefulness of the proposed method was confirmed. In this study, we describe the case in which the AI control function is enabled to clarify the superiority of this control function. Simultaneously, we also describe the case in which the AI contour function is disabled to propose a method for improving the accuracy in section 3.

Fig. 10a shows the predicted feedrate derived from (1) and Fig. 10b shows the measured feedrate without the AI control function. In Fig. 10, while moving at an X-axis feed rate of 900 mm/min and a Y-axis feed rate of 0 mm/min, the moving direction is changed 90° at point B, and the X-axis feed rate is 0 mm/min and Y-axis feed rate is 900 mm/min. In Fig. 10a and 10b, the point (blue line) on the line indicating the X-axis feed rate Point B indicates the time when the machine reached point A and the time when it started moving from point B on the line (red line) indicating the feed rate of the Y axis. As shown in Fig. 10b, the actual feedrate of the two axes contains an undershoot error in the control. From Figs. 10a and 10b, it can be recognized that both the predicted feed speed and the actual feed speed reach the target speed with a speed control time constant of 64 ms for both the X and Y axes. That is, considering the servo control error and recognizing that Fig. 10a and Fig. 10b are in agreement, the actual feed speed at the path change point when the high-speed high-precision control function is not used can be obtained from Eq. (1). The time taken for the speed change is approximately consistent between the predicted and measured values. It was confirmed that they could be identified. The predicted toolpath calculated from the predicted feed speed model and the measured toolpath, as shown in Fig. 11. It can be observed that the two paths almost coincide with each other, and the error at the corner is approximately 15μm.

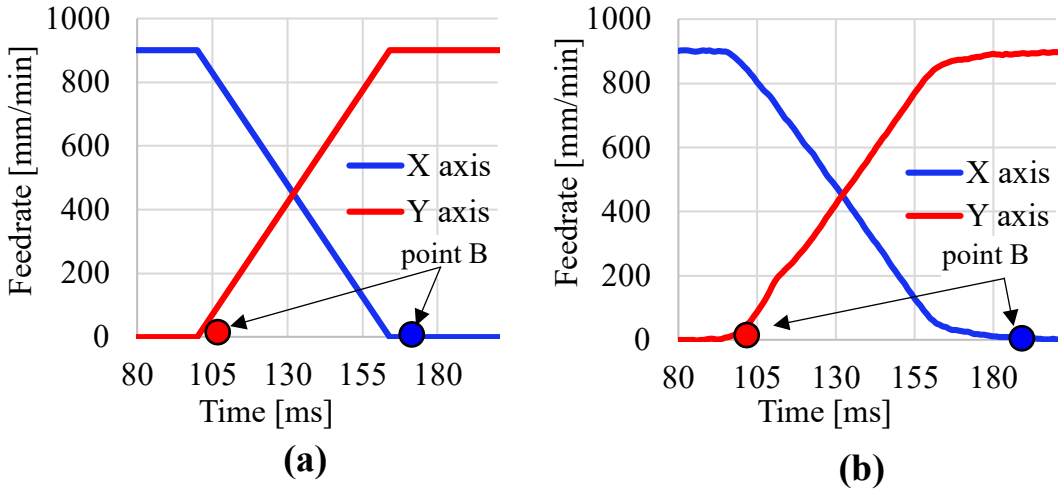


Fig. 10 Feed speed change without AI control function: **(a)** Predicted feed speed, **(b)** Measured feed speed

Fig. 12 shows predicted and measured feed speed with the AI control function. It shows the feed speed of the X and Y axes in the vicinity of point A when the X-axis feed rate is 900 mm/min and the Y-axis feed rate is 0 mm/min, and when the X-axis feed rate is 0 mm/min and the Y-axis feed rate is 900 mm/min, the X-axis feed rate is instructed to move along Y at a point A. Fig. 12 represents the predicted feed rate derived from (3) to (9) and the actual feed speed obtained from the experiment. As shown in Fig. 12, point A shows the time when the point A is reached on the line indicating the feed rate of the X axis (blue line) and the time when movement starts from point A on the line indicating the feed rate of the Y axis (red line) is

shown as point A. From Fig. 12, it can be confirmed that the speed of each axis changes in two stages. As shown in Fig. 12, the actual feed rates of the X and Y axes include undershoot errors in control, but from Fig. 12, both the predicted feed speed and the actual feed speed can be recognized as reaching the target speed with a time constant of 11 ms for speed control for both the X-axis and the Y axis. That is, by assuming that Fig. 12 match in consideration of servo control errors, it was confirmed that the actual feed rate can be identified from (3) to (9) when the difference in feed speed is greater than the allowable speed difference using an AI control function. Fig. 13 shows that two tool paths almost coincide with each other, and the prediction error at the corner is approximately 3 μm.

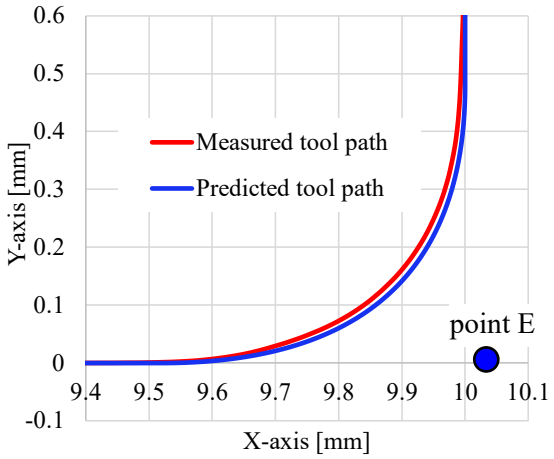


Fig. 11. Comparison of predicted and measured toolpath without AI control function

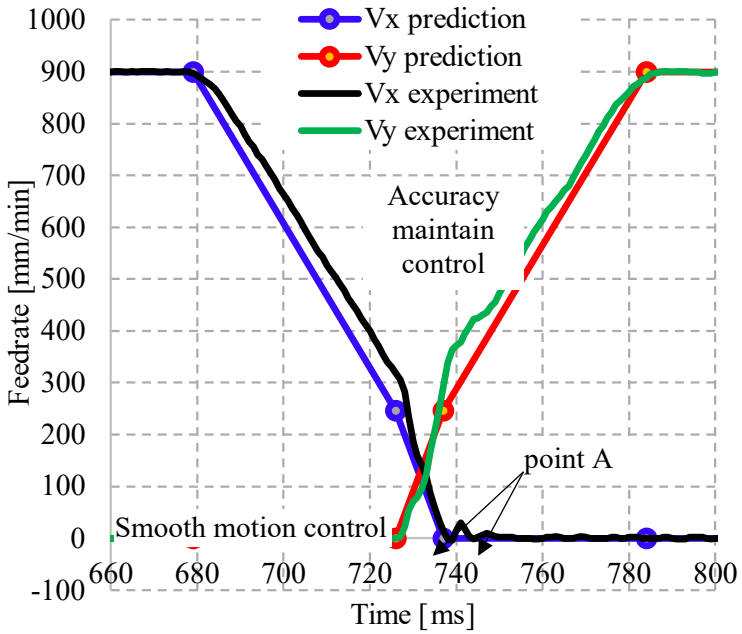


Fig. 12. Comparison of predicted and measured feedrate with AI control function

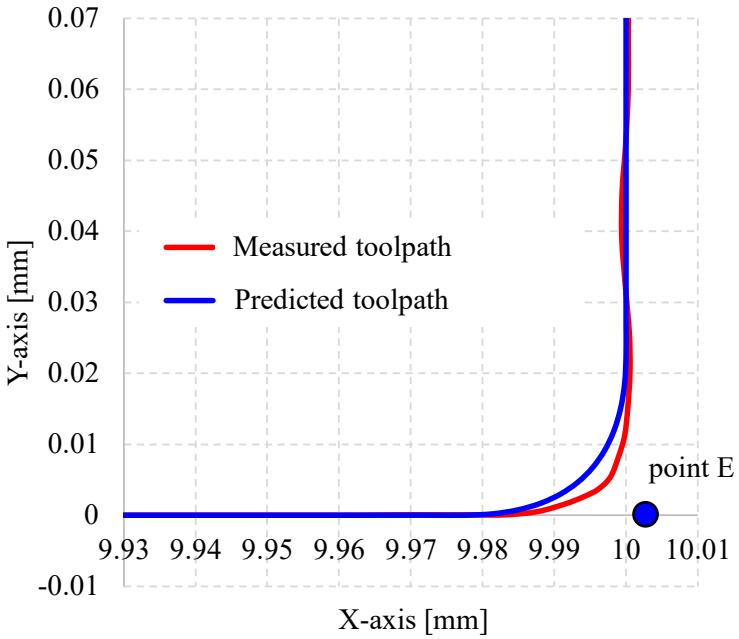


Fig. 13. Comparison of predicted and measured toolpath with AI control function

III. METHOD FOR IMPROVING TOOLPATH ACCURACY

In this section, we propose several methods to improve the toolpath accuracy, as shown in Fig. 14a. The criterion for improving the machining accuracy is to make the actual toolpath closest to the commanded toolpath while at the same time having minimal effects on machining conditions (feedrate, a number of commanded points of the toolpath). In addition, we will improve machining accuracy when the AI control function is not enabled (Fig. 14b), which is meaningful for many popular CNC machine systems that do not have an AI control function.

First, based on the actual toolpath prediction model, we conduct to compensate for the error at the corner as shown in Fig. 15. In this method, the error at the corner is $\boldsymbol{i}$ [mm], and the movement distance $\boldsymbol{o}$ [mm] of the commanded point is changed in four commanded toolpaths as shown in Table II. Results after applying the corner error compensation method in the case: AI control function enabled (Fig. 16a) and AI control function disabled (Fig. 16b) show experimental results with different compensated distances, as shown in Table 2. The respectively commanded toolpaths are named I, J, K, and L. Fig. 16 shows the toolpaths measured using the proposed and conventional methods. It can be observed from Fig. 16 that the proposed method has a part where the toolpath detours from the commanded toolpath, but the corner accuracy is improved than the conventional method, even with or without the AI control function. These results show that the machining surface shape, when machined made at the commanded point using the proposed method, will be asymptotic to the ideal machined surface shape as it goes through the commanded toolpath of the toolpath consisting of three points. However, when high-accuracy contour control is disabled, it can be observed that the tool moves largely before changing its angle by 90° at a fixed point, and the difference from the command toolpath is approximately 50 μm, as shown in Fig. 16b. The advantage of this method does no need to change the feedrate, but contour error will increase due to the sudden change of the toolpath direction compared to the original one. So, we propose a new method to improve the toolpath accuracy while ensuring short machining times and small machining errors, as shown in Fig. 17.

TABLE II
COMPENSATED DISTANCE OF THE TOOLPATH

Methods	I	J	K	L
Compensated distance *o* [mm]	*i*	*i*/2	*i*/3	*i*/4

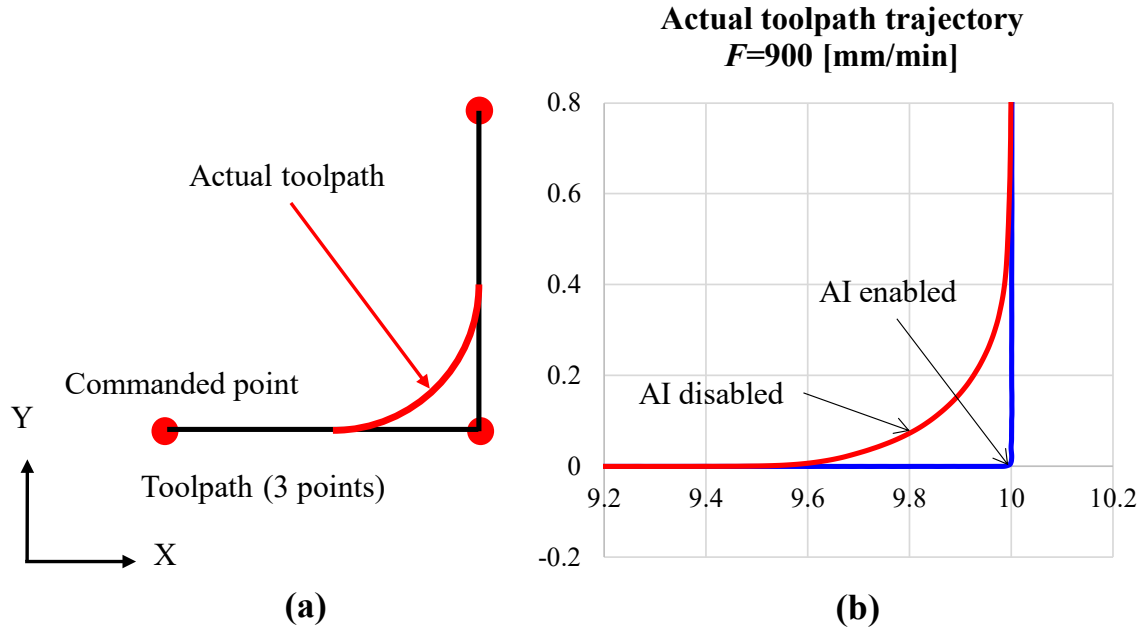


Fig. 14. (a) Commanded toolpath with 3 points, (b) comparison of contour error at corner in case of AI control function enabled/disabled

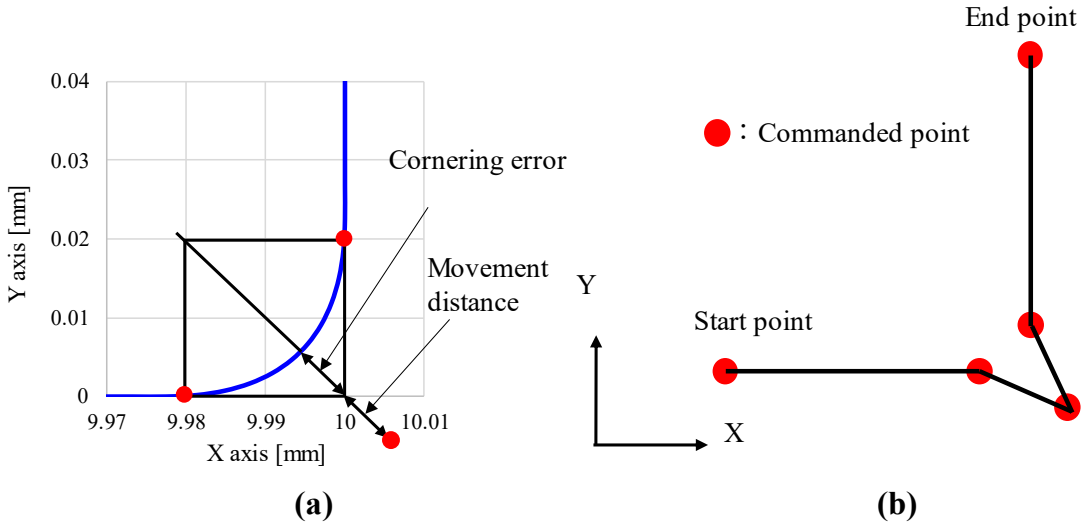


Fig. 15. (a) Cornering error compensation method, **(b)** Commanded toolpath with error compensation at corner.

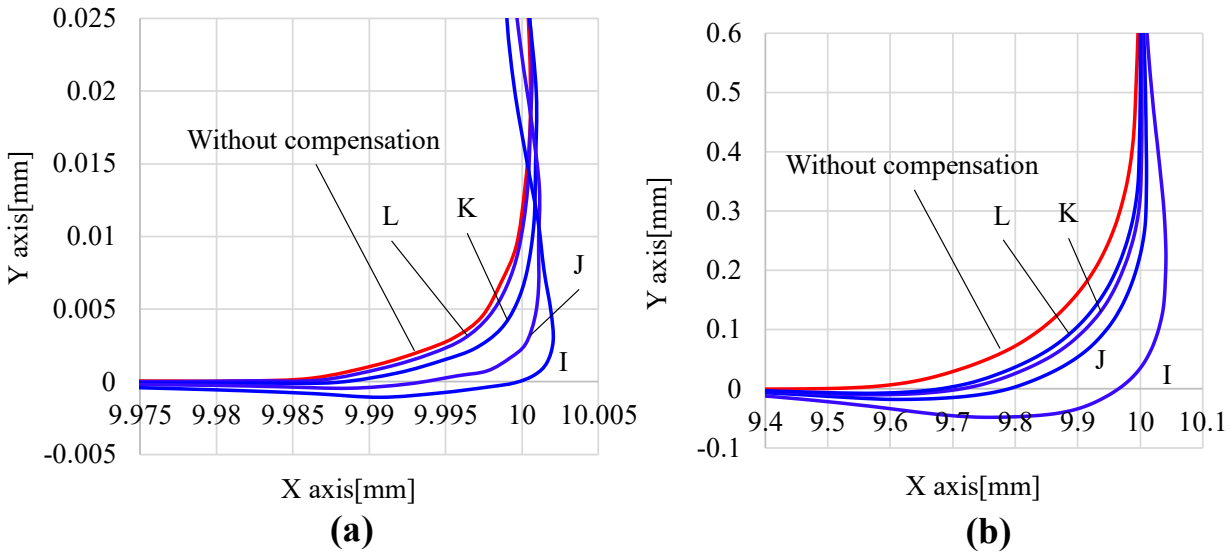


Fig. 16. Results when applying the cornering error compensation method in case: **(a)** AI control function is enabled and **(b)** AI control function is disabled.

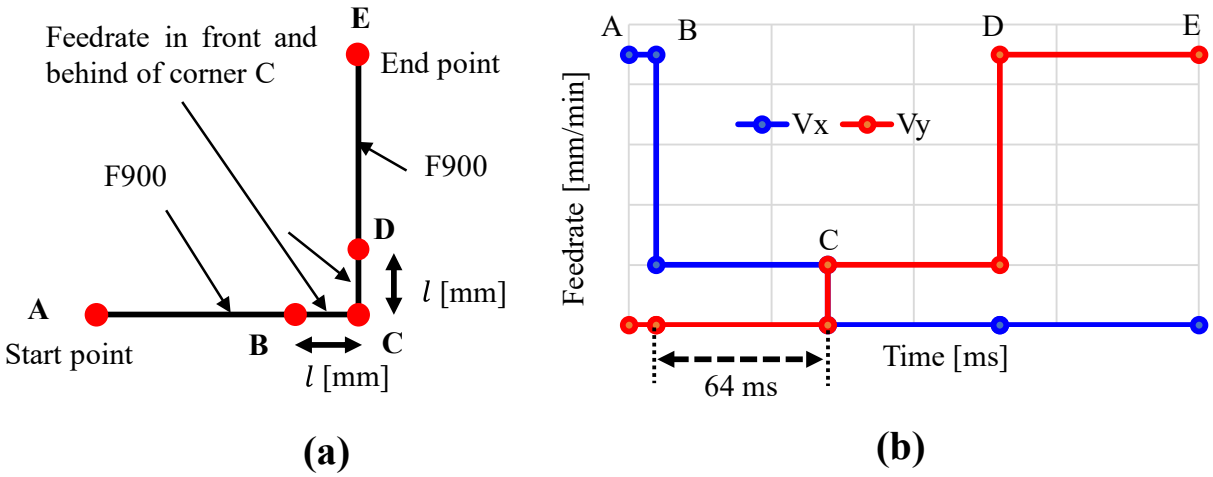


Fig. 17. Method to improve the machining accuracy: **(a)** commanded toolpath and **(b)** commanded feedrate.

TABLE III
Commanded value for 2nd compensation method

Feedrate before and after the corner *v* [mm/min]	**5**	**30**	**150**
Distance between commanded points at the corner *l* [mm]	0.005	0.032	0.16

As shown in Fig. 17a, a commanded point is located in front and behind the commanded point at the corner, and the commanded feedrate between the **B-C** points and between the **C-D** points has been changed. The distance between the commanded points ***l*** [mm] and the feedrate between the commanded points is ***v*** [mm/min], which is shown in Table III. Fig. 18 shows the toolpaths measured using the proposed and conventional methods. It can be observed from Fig. 18 that the toolpath of the proposed method is asymptotic to the commanded toolpath. The proposed method can improve machining accuracy without causing contour errors at the corner.

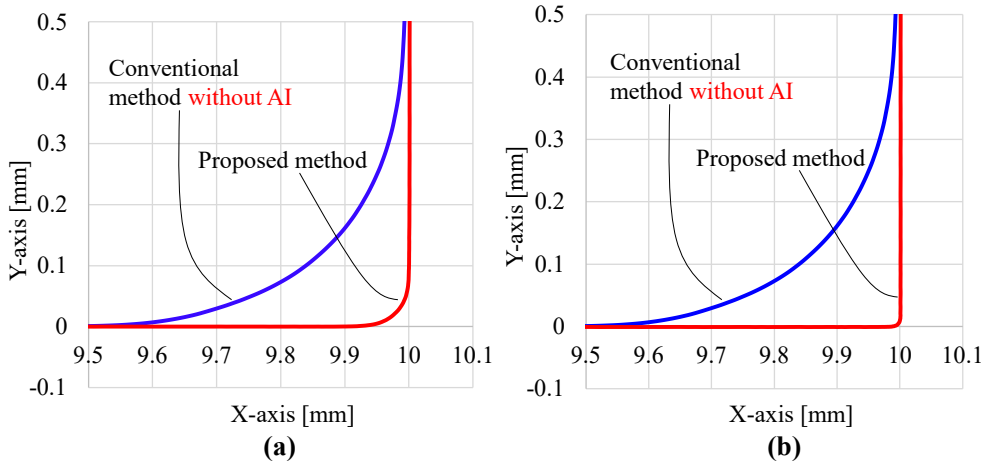


Fig. 18. Experimental results with proposed method: (a) Feedrate before and after the corner v = 150 [mm/min]; (b) Feedrate before and after the corner v = 30 [mm/min].

In addition, to prove the proposed method's effectiveness, we compared the three commanded points toolpath with the AI control function enabled. Fig. 19 shows that the proposed method is better than the conventional AI control function enabled for three commanded points. Machining accuracy is improved, which is great meaningful for conventional machining systems without the AI control function. Experimental results have proven the effectiveness and reliability of the proposed method.

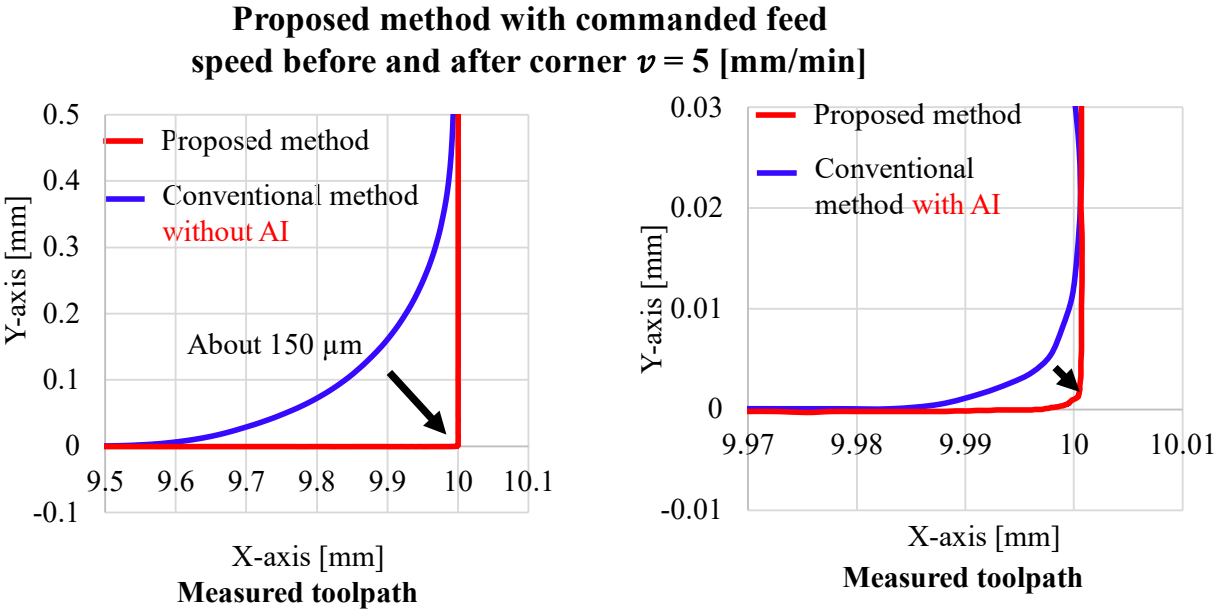


Fig. 19. Experimental comparison of toolpaths between the proposed method and the commanded toolpath with 3 commanded points when the AI control function is disabled/ enabled.

IV. CONCLUSIONS

In this study, in order to improve the machining accuracy, we proposed a method of identifying the feed-rate change considering Acc/Dec control of the machine tool, toolpath prediction and verify the usefulness of the proposed method through experimentation, and a method for improving the accuracy of the tool path based on the identification method was proposed. The results obtained are shown below.

(i) The actual feed speed associated with the Acc/Dec characteristic control of the machine tool was identified with and without the AI control function. Comparisons of the actual

feed speed with the predicted feed speed and the comparison between the actual tool path and the predicted tool path showed the usefulness of the proposed method.

(ii) In the case where AI control is not used, a method for improving the accuracy of the tool path at the moving direction change point based on the identification of feed speed change was proposed, and its usefulness was demonstrated by experiments.

ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge the support of time and facilities from Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), VNU-HCM for this study.

REFERENCES

[1] T. Dat and H. Aoyama, Toolpath Generation Method for High Accuracy Machining Based on Acceleration/Deceleration Characteristics of Machine Tools, Proceedings of the 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN 2019), 2019. https://doi.org/10.1299/jsmec.47.412

[2] K. Kasahara, C. Suzuki, K. Ohtaka, K. Murata, and A. Hirota, "Influence of Tool Tilting Angles on Cutting Forces and Tool Deflection in Ball End Milling (2nd Report)," Journal of the Japan Society for Precision Engineering, vol. 78, no. 10, pp. 899-904, 2012. https://doi.org/10.1299/jsmec.47.412

[3] T. Fujita and H. Iwabe, "Study on Evaluation of Cutting Performance with Ball End Milling for Inclined Surface Using 3D-CAD (Proposal of Cutting Method with High Efficiency and High Accuracy Based on Cutting Mechanism and Cutting Performance)," Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, vol. 79, no. 800, pp. 1102-1111, 2013. https://doi.org/10.1299/jsmec.47.412

[4] T. Fujita and H. Iwabe, "Study on evaluation for cutting performance of ball end milling with straight-line path method for inclined using 3D-CAD (Influence of feed direction on cutting mechanism)," Transactions of the JSME, vol. 80, no. 810, pp. DSM0034-DSM0034, 2014. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmelem/2013.7/0/2013.7_438/_pdf/-char/ja

[5] H. Terai, T. Asao, K. Kikkawa, and Y. Mizugaki, "A proposition for machining error estimation based on geometric analysis of ball end milling," Transactions of the JSME (in Japanese), pp. 17-00265, 2017. https://doi.org/10.1299/transjsme.17-00265

[6] T. Schmitz and J. Ziegert, "Dynamic evaluation of spatial CNC contouring accuracy," Precision Engineering, vol. 24, no. 2, pp. 99-118, 2000. https://doi.org/10.1016/S0141-6359(99)00034-3

[7] Y.-T. Shih, C.-S. Chen, and A.-C. Lee, "Path planning for CNC contouring around a corner," JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing, vol. 47, no. 1, pp. 412-420, 2004. https://doi.org/10.1299/jsmec.47.412

[8] A. Matsubara, K. Hatozaki, and I. Soichi, "Analysis of Motion Error of CNC Machine Tools (1st Report) : Analysis of Motion Error at the Corner," in Proceedings of the 5th Manufacturing & Machine Tool Conference, 2004, pp. 119-120: The Japan Society of Mechanical Engineers. https://doi.org/10.1299/jsmemmt.2004.5.119

[9] T. Yamazaki, M. Seto, and M. Tsutsumi, "Design of Acceleration and Deceleration Commands for NC Machine Tools," Journal of the Japan Society for Precision Engineering, vol. 66, no. 8, pp. 1260-1264, 2000. https://doi.org/10.2493/jjspe.66.1260

Alüminyum Kompozit Ekstrüzyon Profil Tekniği İle Üretilen Profillerin Geometrik Özelliklerinin Incelenmesi

Investigation of Geometric Properties of Profiles Produced by Aluminum Composite Extrusion Profile Technique

Murat KONAR[*,1], Erdinç İLHAN[1]

[*] d180006054@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1740-4311
[1]*İmalat mühendisliği, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye*
[1]*İmalat mühendisliği, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye*

Abstract: Aluminum alloys are among the most used materials for structural applications due to their high strength-to-weight ratio and excellent energy dissipation ability. For example, in the automotive industry, aluminum materials are an ideal material because they are light. They can also increase the safety of passengers and maintain their unique properties even after recycling. Metallic tubular boxes made of aluminum, which is a non-ferrous metal in particular, are the product most used by designers in vehicle design as an energy absorber due to its high strength, low weight and ease of production process. One of the most important issues in aluminum profile design is static and dynamic loads. The deformation behavior of the material against these loads is very important. For this reason, it is expected that stainless wire reinforced Al composite profiles will exhibit superior mechanical behavior compared to conventional Al alloy profiles. Within the scope of this study, aluminum composite profile production will be carried out, which has an expectation of mechanical strength but will be competitive in lightness. 7xxx series high-strength aluminum alloys, which have been widely used in recent years, are a very difficult material when examined in terms of extrudability and efficiency. Within the scope of the study, the variation of the geometric position of the reinforcement material in 2 different aluminum alloys was determined.

Abstract: Alüminyum alaşımları yüksek dayanım - ağırlık oranı ve mükemmel enerji sönümleme yeteneğinden dolayı yapısal uygulamalar için en çok kullanılan malzemeler arasında yer almaktadır. Örneğin otomotiv sektöründe alüminyum malzemeler hafif olduğu için ideal bir malzemedir. Ayrıca yolcuların güvenliğini artırabilir ve geri dönüşüm sonrası bile benzersiz özelliklerini kaybetmeden sürdürebilirler. Özellikle demirdışı metal olan alüminyumdan imal edilmiş metalik boru biçimli kutular, yüksek mukavemet ile düşük ağırlık ve üretim sürecinin kolaylığı nedeniyle enerji emici olarak araç tasarımında,tasarımcıların en çok kullandığı ürün olmaktadır. Alüminyum profil tasarımında en önemli hususların başında statik ve dinamik yükler başta gelmektedir. Malzemenin bu yükler karşısında göstereceği deformasyon davranışı oldukça önemlidir. Bu sebepten dolayı geleneksel Al alaşımı profillere kıyasla paslanmaz tel takviyeli Al kompozit profillerin daha üstün mekaniksel davranış sergileyecekleri beklenmektedir.
Bu çalışma kapsamında mekanik mukavemet beklentisi olan ancak hafiflik konusunda rekabetçi olacak alüminyum kompozit profil imalatı gerçekleştirilecektir. Son yıllarda yayın olarak kullanılan 7xxx serisi yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları ekstürze edilebilirlik ve verimlilik olarak incendiğinde oldukça zor bir malzemedir. Çalışma kapsamında 2 farklı alüminyum alaşımda takviye malzemsinin geometrik konumunun değişimi tespit edilmiştir.

Keywords: *Alüminyum kompozit profil, Alüminyum ekstrüzyon,*

I. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi, elektrikli araçları gündelik kullanıma kazandırmayı amaçlamaktadır. Elektrikli araçlar, hem oldukça düşük karbon ayak izleri hem de düşük gürültü kirliliği nedeni ile geleceğin taşımacılık sektörünü oluşturacaklardır [1]. Ancak, elektrikli araçların kullanımının önünde aşılması gereken en önemli engel efektif menzilin arttırılmasıdır. Bu konu da hafifletilmiş tasarımlar ile mümkün olacaktır. Araç performansını etkileyen bir diğer konu ise yolcu ve ulaşım güvenliğidir. Kullanılan malzemelerin güvenli bir biçimde otomobil gövdesine konumlandırılması ile başlayan güvenlik önlemleri, kaza anında enerji sönümleme kabiliyeti ile devam etmelidir [2]. Bu da alüminyum ve alaşımları için ancak uygun tasarlanmış kimyasal kompozisyon, üretim ve ısıl işlem parametrelerinin buluştuğu bir malzemede mümkün olmaktadır.

Alüminyum matrisli kompozitlerin (AMK) son 40 yılda birçok farklı çeşidi geliştirilmiştir. 1970'lerde kompozitler sürekli fiber takviyeli alüminyumdan imal edilmekteydi. 1980'lerde ise takviye elemanı whisker ve parçacık şeklinde meydana gelmiştir. 1990'larda ise, parçacık takviyeli alüminyum matrisli kompozitlerin gelişimi görülmüştür. Son yıllarda üzerinde durulan ise yeni katkı maddeleri, nano yapılı matris alaşımlar ve nano katklılı kompozitlerdir [1]. Matris ve takviye kombinasyonu arasında aluminyum alaşımları düşük yoğunlukları, yüksek mukavemeti, yüksek tokluğu, korozyon direnci ve iyi işlenebilirliklerinden dolayı en çok tercih edilen malzemeler arasında yer almaktadır. Bundan dolayı AMK'lerin otomotiv, havacılık gibi yüksek mukavemet beklentisi olan alanlarında kullanım ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Alüminyum matrisli kompozit malzemeler otomotiv endüstrisinde pistonlar, silindirler, motor blokları, frenler gibi çeşitli parçalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte alüminyum temelli mikro ve nano boyutta Al2O3, B4C, SiC, TiB2, ZrO2, Grafit ve SiO2 parçacıkları otomotiv ve havacılık uygulamaları için yüksek fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya çıkararak mikro yapısal özellikleri değiştirdiği görülmüştür [3]. Bunlar arasında en kapsamlı araştırmaya konu olan en önemli malzeme SiC'dür [2]. Alüminyum matrisli kompozitlerde matris malzemesi olarak genelde saf veya alaşımlı alüminyumlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çoğu araştırma makalesi, alüminyum türünden çok başka faktörlerin bu kompozitlerin özellikleri üzerine etkisine yoğunlaşmıştır [4]. Genellikle AMK'ler birincil ve ikincil işlemler kullanılarak üretilmektedir [4]. AMK malzemelerin hazırlanmasında döküm ve toz metaruluji gibi birincil yöntemler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır [5].

Ekstrüzyon ve haddeleme gibi ikincil işlemler ise istenik mekanik ve metalografik özellikleri kazanarak istenen şekil formunu vermek için tercih edilmektedir. Otomotiv raylı sistemlerde kullanılan profilleri gibi karmaşık şekilli parçaların üretilmesinde ekstrüzyon işlemi oldukça etkili bir prosestir. Bununla birlikte ekstrüzyon işlemi sırasında matris içerisine ilave edilen paslanmaz telin matris ile ara yüzey uyumuna katkı sağlayabilmektedir.

II. ALÜMINYUM MATRISLI KOMPOZITLER

A. Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Kullanım alanları

Alüminyum matrisli kompozit malzemelerin uygulama alanları, yüksek fiziksel, mekaniksel ve tribolojik özellikleri nedeniyle alaşımlara kıyasla özellikle otomotiv ve havacılık alanlarında ilgisi her geçen gün artmaktadır. [6]. tarafından yapılan çalışmada alüminyum matrisli kompozitlerin uçak gövdesi ve motor olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yüksek eğme mukaveti sebeyi ile otomotivde konstrüksyon profili olarak ta kullanılmaktadır. Parçacık takviyeli alüminyum matrisli kompozitler gaz türbini motorlarında fan çıkış kılavuz pervanesi olarak kullanılmaktadır.

Froes'in yapmış olduğu çalışmada, [6]. otomotiv endüstrisinde hafif malzemelerin yakıt tüketimine önemli bir katkı sağlayabileceğini, çünkü taşıt ağırlığındaki %10'luk bir azalmanın yakıt ekonomisinde %5,5 oranında bir azalışa sebep olacağını belirtmiştir. Günümüzde alüminyum matrisli kompozitlerin motor bloğu, süspansiyon bileşenleri, gövde panelleri ve çerçeve elemanları olarak kullanılmasının çok yaygın olduğu bilinmektedir.

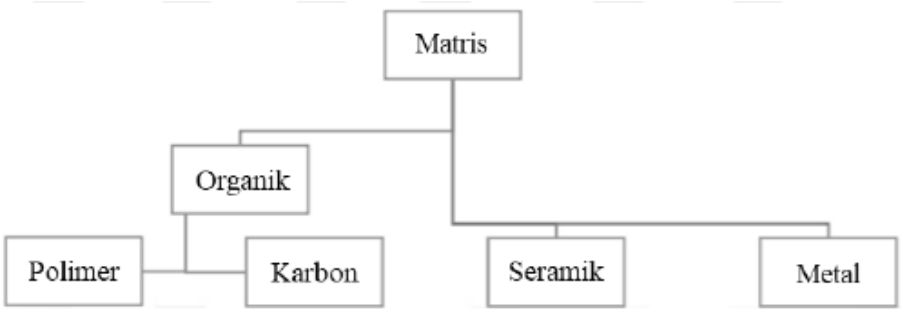
Alümnyum matrisli kompozitler diğer birçok farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Nükleer santrallerde, Al-B4C kompozit malzemeleri nükleer kalkanlarda nötron emici olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde, gelişmiş askeri tanklarda SiC whisker-takviyeli alüminyum matriks kompozitler tank paleti olarak üretilmiş ve bu sayede tankın ağırlığının azalması sağlanmıştır. Ayrıca Piston ve silindir gömleği uygulamalarında kısa fiber takviyeli alüminyum matrisli kompozitler kullanılmaktadır [7].

B. Matris Malzemesi

Matris malzemesi, kompozit malzemelerdeki birincil fazdır ve üç temel işlevi vardır:

- Takviye malzemelerini, özellikle elyafları bir arada tutmak ve yükleri aralarında aktarmak, böylece elyaflar yükün çoğunu taşıyabilmektedir,
- Katkı malzemesini fiziksel hasara, mekanik aşınmaya, kimyasal reaksiyonlara ve çevreye karşı korumak,
- Kompozit malzemede çatlakların çoğalmasını, sahip olduğu daha yüksek süneklik ve tokluk özellikleri ile azaltmaktır [2].

Ana matris fazları metal, seramik ve organiktir. "Organik matris" terimi, polimer ve karbon matrislerini içerir [2]. Şekil 2.1'de matris fazlarının sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 1 Matris fazlarının sınıflandırılması [2].

C. Matris malzemesine göre kompozit malzemeler

MMK'lerde alüminyum, magnezyum, bakır, titantum ve alaşımları pratikte matris malzemesi olarak tercih edilmektedir. Alüminyum, oksijen ve silisyum'dan sonra dünyada en fazla olan üçüncü elementtir. MMK'lerde matris olarak uygulanan malzemeler arasında, alüminyum en çok kullanılan metaldir. Bunun sebebi yüksek mekanik avantajlarına ek olarak; hafif, korozyona dayanıklı, mükemmel ısı ve elektrik iletkenliğine sahip, yüksek verimlilikle geri dönüşümü yapılabilen ve kolay şekil alabilen malzemedir [2].

Alüminyum alaşımları ısıl işlem görebilen ve ısıl işlem göremeyen alaşımlar olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bu alaşımlar, saf alüminyum alaşımları (1xxx serisi), manganez alaşımları (3xxx serisi), silisyum alaşımları (4xxx serisi) ve magnezyum alaşımları (5xxx serisi) olarak tanımlanmaktadır. Isıl işlem görebilen alüminyum alaşımları, saf alüminyum içerisine farklı alaşım elementlerini ilave edilmesinden elde edilmektedir. Bu elementler bakır içeren (2xxx

serisi), magnezyum ve silisyum içeren (6xxx serisi) ve çinko içeren (7xxx serisi) alaşımları oluşturmaktadır [3].

D. Takviye Elemanı

Metal matrisli kompozitlerde en iyi takviye elemanını seçmek için, matris ile uyumluluk, kolay tedarik, gerilme mukavemeti, yoğunluk, ergime sıcaklığı, şekil ve boyut, kimyasal bileşim ve kristal yapı gibi koşullar değerlendirilmelidir. ÇeliK malzemeler sertlik, rijitlik, dayanım ve yoğunluklarından dolayı takviye elemanı olarak çok yaygın kullanım potansiyeline sahiptirler.
Weidenmann, metalik malzeme kombinasyonlarının mikroyapısını ve mekanik özelliklerini araştırdı. Yay çeliği 1.4310 ve ana malzeme alüminyum AA 6060'tan yapılmış teller arasında kusursuz bir mikro yapı ve metalik süreklilik sağlanabileceği bulundu.

E. Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Alüminyum matrsili kompozitlerin takviye edilmemiş malzemelere göre bir çok üstün özellikleri şunlardır:

- Yüksek dayanım
- Daha iyi sertlik
- Azaltılmış yoğunluk (Ağırlık)
- Termal/Isı yönetimi
- Geliştirilmiş ve özel imal edilmiş elektrik performansı
- Geliştirilmiş abrazyon ve aşınma dayanımı
- Geliştirilmiş sönümleme kabiliyeti

Örnek vermek gerekirse saf alüminyumun hacimce % 60 oranında sürekli alümina fiber ile desteklenmesi elastisite modülünü 70 Gpa'dan 240 Gpa'a çıkarttığı görülmüştür (Surappa, 2003). Diğer taraftan genleşme katsayısı 24 ppm/◦C'den 7 ppm/◦C'ye düştüğü görülmüştür. Bu nedenle yeterli oranda uygun katkı maddesi içeren alüminyum alaşımın çeşitli teknolojik özelliklerinin değiştirilmesinin mümkün olduğu görülmektedir bu özellikler sayesinde bir çok sektörde tercih sebebi olmaktadır. Alüminyum matrisli kompozit malzemeler, bugün mevcut tek-tip malzemenin rekabet edemeyeceği şekilde, özelliklerin üstün bir kombinasyonunu sunar. Uzun yıllardır, çeşitli mühendislik alanlarında yapısal, yapısal olmayan ve işlevsel uygulamalarda alüminyum matrsili kompozitler kullanılmaktadır. Bu sektörlerdeki alüminyum matrisli kompozitlerin kullanılmasına yönelik ilk çalışmalar, performans, ekonomik ve çevresel faydaları içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Örneğin, ulaşım sektöründeki alüminyum matrsili kompozitlerin temel faydaları daha az yakıt tüketimi, daha az gürültü ve daha düşük hava kirliliği olan araçlardır [2].

Mühendislik malzemelerinin mekanik özelliklerin en başında akma dayanımı gelmektedir. Mühendislik çalışmalarında, parçaların dayanımını sağlamak için malzemenin yüksek akma dayanımına sahip olması gereklidir. Alüminyum metal matrisli kompozitlerde matris malzemesine göre akma dayanımındaki artışın temel sebebi takviye malzemesinin elastik modülüdür. Benzer şekilde çekme dayanımı aynı kurallara uyar. Farklı katkı malzemeleri ile akma ve çekme dayanımının kıyaslanması Tablo 1'de gösterilmiştir [10].

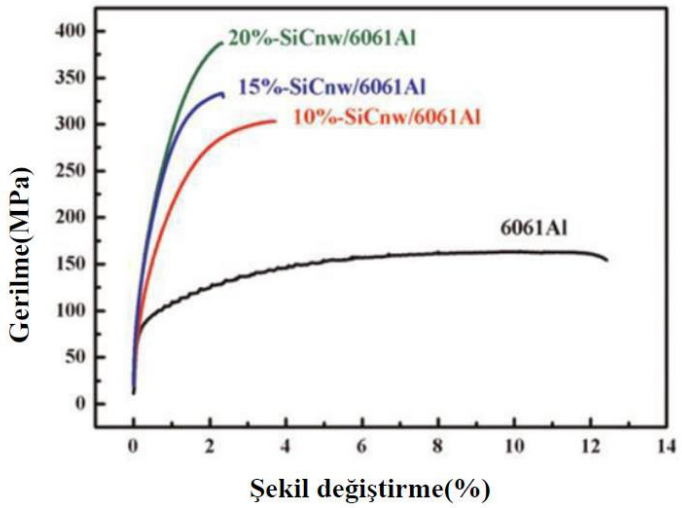
Alüminyum matrisli kompozitlerde dayanım iki yaklaşımla açıklanabilir. Alüminyum matrisli kompozite bir kuvvet uygulandığında, stres daha az mukavemetli malzemelerden daha yüksek mukavemetli malzemeye doğru olacak şekilde matristen takviye malzemesine aktarılır. Bu olay dayanım gelişimi olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir yöntem ise, mukavemet artışının

matris içinde gerçekleştiği, malzemenin mikro yapısı ve özelliklerinden dolaylı kuvvet gelişimidir [11].

TABLO 1
FARKLI MATRIS VE TAKVIYE ELEMANINA SAHIP AMK'LERIN DAYANIM ÖZELLIKLERI

Malzeme	Akma Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı(MPa)	Elastik Modülü (GPa)	Uzama (%)
A356	200	255	75.2	4
A356-10 % SiC	262	276	77.2	0.7
A356-15 % SiC	296	303	92.4	0.4
A356-20 % SiC	296	317	95.8	0.5
Al-Si-Mg-10 % SiC	359	372	87.6	0.3
Al-Si-Cu-Mg-Fe- 10 % SiC	221	310	91	0.9
Al-Si-Cu-Mg-Fe-Ni-10 % SiC	248	303	108.2	0.5
Al-Cu	345	434	70	12
Al-Cu-20 % TiC	358	400	96	1.2

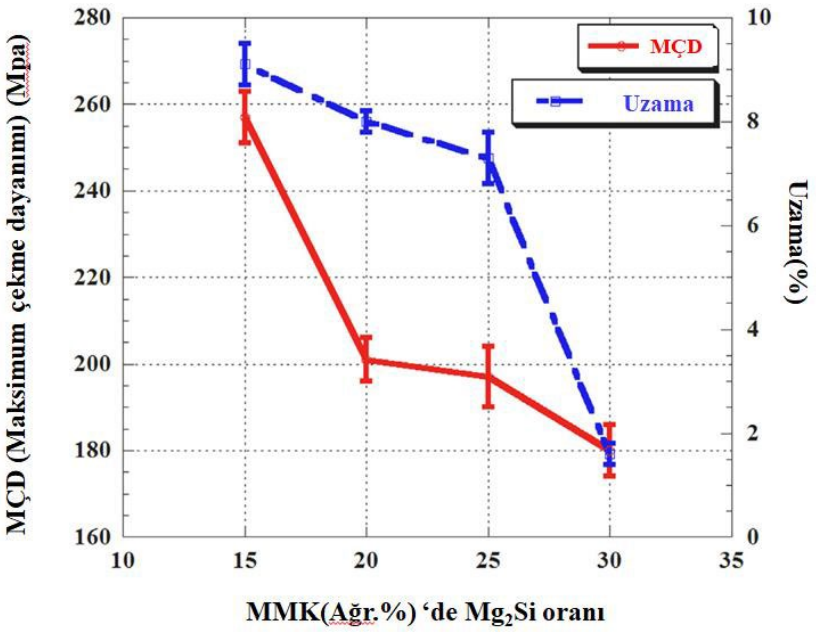
AMK malzemelerde, takviye elemanının hacmen oranı arttığında, akma ve çekme dayanımının arttığı, bunun paralelinde de uzamanın azaldığı görülmektedir. Örneğin böyle bir durum Şekil 2.6'daki grafikte katkı malzemesinin artmasıyla dayanımın arttığını fakat şekil değiştirmenin azaldığını göstermektedir [6].



Şekil 2 Takviye elemanlarının farklı bileşenleri ile alüminyum matrisli kompozitlerin çekme dayanımı [6].

Benzer şekilde, bir matris malzemesinin takviye edilmesi malzemenin mukavemetinde azalmaya neden olursa, uzamanın mantıksal olarak artması gerektiği söylenebilir [6].
Kompozit malzemelerdeki kırılma, takviye malzemesinde, matris / takviye elemanı ara yüzeyinde veya parçacık topaklanması sebebiyle oluşan makrogözeneklerde meydana gelmektedir. Bu gerçekler göz önüne alındığında, kaba parçacıkların ince parçacıklara kıyasla daha fazla hataya maruz kalma eğilimi vardır Harichandran ve diğ. mikro boyuttan nano boyuta kadar B4C takviyesini saf alüminyumda incelemiş ve parçacık boyutundaki azalmanın uzama yüzdesini % 8'e kadar iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Parçacıkların hacimsel oranı ve metal matris içindeki dağılımları malzemenin mekanik özelliklerinin kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Diğer bir ifadeyle AMK'nin en uygun özelliklerini sağlamak için katkı

malzemesinin matris yüzeyi içinde ki dağılımı eşit bir biçimde olmalıdır [6].



Şekil 3 Alüminyum matrisli kompozitlerin farklı Mg2Si oranı ile çekme davranışı [3]

III. KOMPOZIT ALÜMINYUM EKSTRÜZYON TEKNOLOJISI

Yüksek mekanik özelliklere sahip kompozit profil üretimi üzerine 1970'li yıllardan beri oldukça çok çalışmalar yapılmıştır. Üretim sürecine bağlı olarak farklı mekanik ve metalurjij özelliklere sahip profillerle sonuçlanan üç farklı kompozit üretm tekniği bulunmuştır.nda 3 farklı yöntem belirlenmiştir.

- Fiber kompozit billet üretimi: toz metalurjisi ile kısa elyaf sıkıştırılarak billet oluşturulu ve bu billetlerin ekstrüzyonu ile fiber kompozit profil imalatı gerçekleştirilir.
- Coextrusion – bi material billets: katı bir iç kütük başka malzemeden imal edilmiş dış kütük ile birleştirilerek billet oluşturulur ve bunun ekstrüzyon işlemi sonrasında profil kesidinin farklı bölgelerinde farklı malzemeler elde edilir.
- Takviyeli ekstürüzyon: Özel kalıp geometrileri kullanılarak tel veya tel halatlar kullanılarak sonsuz takviye elemanları ile ekstrüzyon işlemi sırasında malzemenin içerisine gömülmektedir.

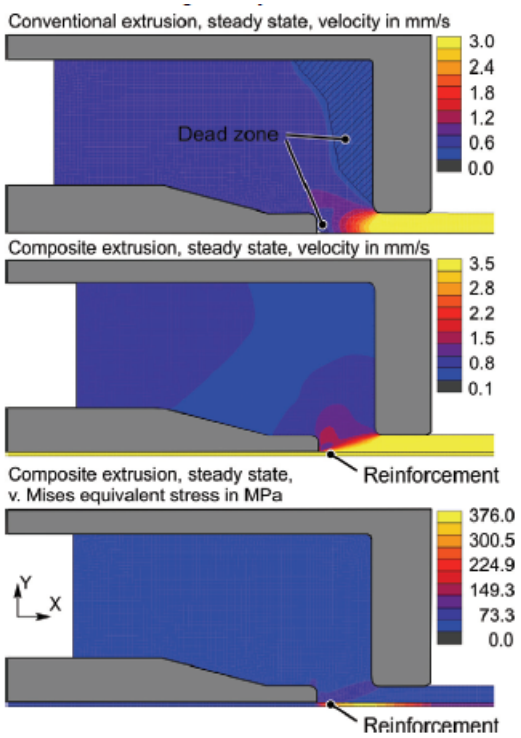
Takviye oranına ve malzemeye bağlı olarak, yerel olarak uyarlanmış mukavemetli profiller üretilebilir. Sadece mukavemette bir artış (takviye olarak yüksek mukavemetli malzeme kullanılarak) ve sertlikte (Young modülü yüksek malzemeler kullanılarak) değil, aynı zamanda işlevsellikte de bir artış elde edilebilir.

Örneğin takviyeler, havacılık ve uzay kiriş profillerinde çatlak durdurucu olarak, çarpışma yük kasalarında daha yüksek enerji soğurmalı geliştirilmiş çarpma emiciler olarak veya kayan kontaklı güç kaynağı profilleri için aşınma koruması olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, alüminyum bazlı bir malzemede karbon elyafı gibi düşük yoğunluklu malzemelerin kullanılmasıyla, işlevselliği etkilemeden profilin ağırlığı veya boyutu azaltılabilir [4].

Kompozit malzemelerin yüksek mekanik özelliklerini, düşük mukavemetli profillerin geleneksel ekstrüzyon yönteminin büyük ekonomik faydasıyla birleştirilmesi sonucu, sonsuz teller veya fiber malzemelerle birlikte standart EN-AW 6060 profiller için bir ekstrüzyon prosesi için yeni bir üretim teknolojisi oluşturmuştur. Geneli anlamak için kompozit oluşumu

sırasındaki koşullar, Lagrange ve Euler formülasyonlarına dayalı termo-mekanik olarak birleştirilmiş Sonlu Eleman Modelleri, kompozit oluşumu için mekanik sınır koşullarını ve ekstrüzyon işlemi sırasında akan malzeme üzerindeki etkiyi analiz etmek için kurulmuştur. [9]

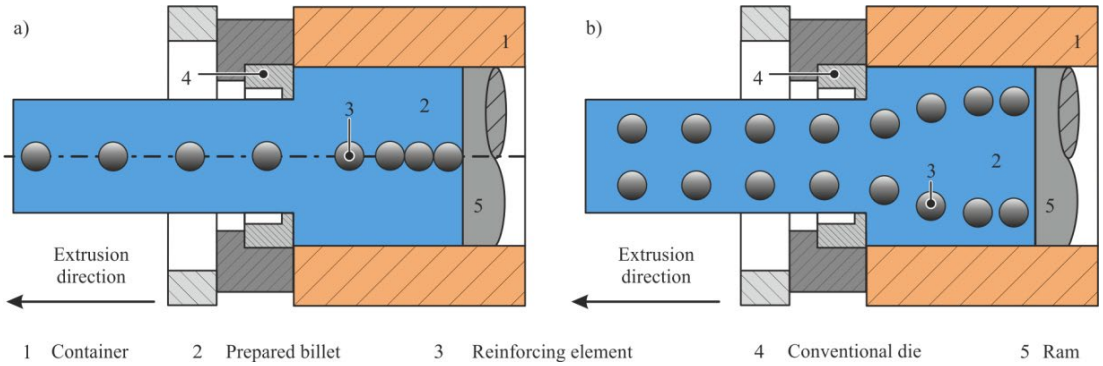
Üç boyutlu modeller, takviyenin deneysel olarak belirlenen çatlamalardan korunması için baskın proses parametrelerinin bulunmasına yardımcı olan takviye malzemesinin yanı sıra tabandaki gerilmelerin gelişimi hakkında fikir vermiştir. Yapmış oldukları çalışmalar sonucunda kaynama odasındaki akış hızı ve gerilmeler tespit edilmiştir. [10]



Şekil 4 Kaynama odası akış hızları

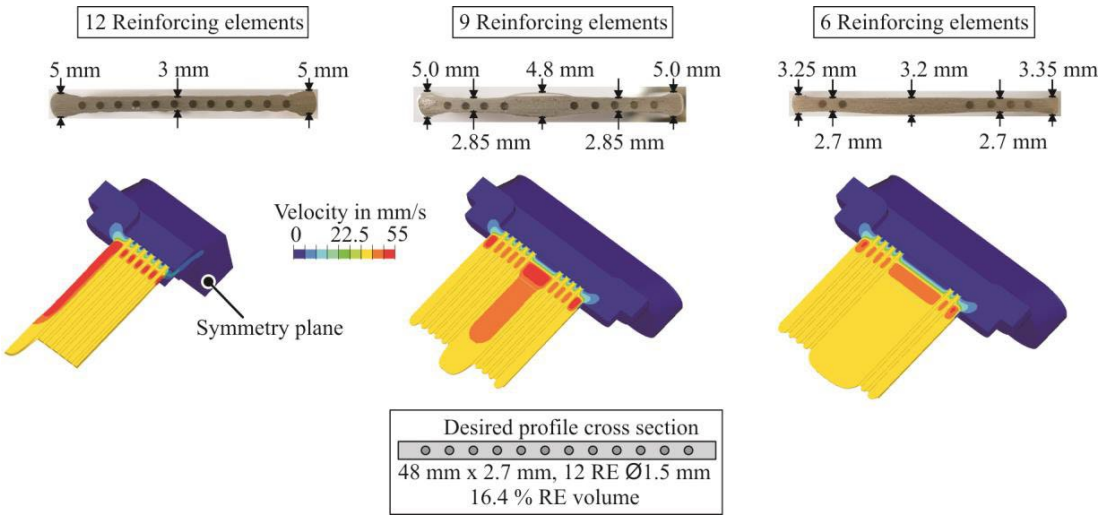
Otomotiv sektötürnde yüksek mukavemetli ancak hafif malzemelere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaçları göz önünde bulundurarak süreki olanmayan parçacıkların ekstrüzyon üretimi esnasında profil içine yerleştirilmesi ile üretim sonrasında ilk konum ile son konum arasında fark belirlenmiş ve buna göre bir optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Billet içinde eksantrik olarak konumlandırılmış RE'nin ilk radyal konumu ile RE'nin profil içindeki son radyal konumu arasındaki korelasyon analiz edilmiştir. Takviye elemanlarının nihai radyal konumunun, RE'nin ilk radyal konumuna ve ekstrüzyon oranına bağlı olarak bir analitik model ile tahmin edilebileceği gösterilmiştir. RE'nin son radyal konumunu öngören analitik model, %90'ın üzerinde bir doğrulukla deneysel analizlerle doğrulandı. Model, RE'nin çapını dikkate alarak, hatasız güçlendirilmiş alüminyum ekstrüdatlar üretmek için RE'nin kütük içindeki radyal konumu için işlem limitini belirlemek için kullanılabilir. [11]



Şekil 5 Parçacık beslemeli kompozit profil [11]

Martin Schwane ve arkdaşlarının yapmış olduğu çalışmada alüminyum kompozit ekstrüzyon tekniğinin sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Simülasyon programı ile yapılan denemeler sonrasında ekstrüzyon üretimleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda farklı geometirler içine profiller üzerine gelen yükler tespit edilmiştir [12].

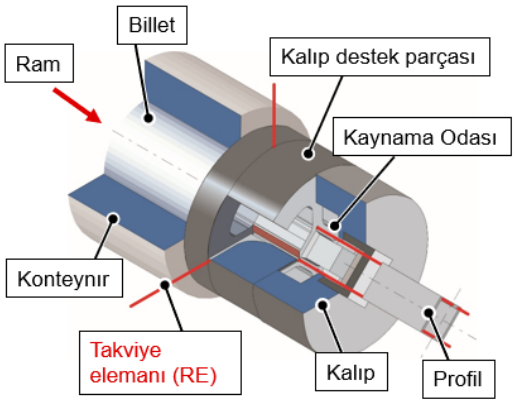


Şekil 6 Farklı kalınlıklarda kompozit profil [12]

A. İMALAT TEKNOLOJİSİ

Ekonomik ve çevresel yönlerden dolayı, hafif yapı stratejileri son birkaç yılda giderek daha önemli hale geldi. Özellikle otomotiv ve havacılık endüstrisinde, üreticilerin en önemli amaçlarından biri de ürünlerinin ağırlığını buna bağlı olarak azaltmaktır. Daha hafif araçlar, politika tarafından verilen CO2 emisyonlarının azaltılmasıyla bağlantılı olarak yakıt tüketiminin de azalmasına yol açar. Ek olarak, bileşenlerin ağırlığının azaltılmasıyla bağlantılı olarak, hafif yapılar, ürünün ve operatörünün güvenliğini artıran kararlı veya geliştirilmiş mekanik özelliklere sahip olmalıdır. magnezyum ve özellikle alüminyum, modern araç endüstrisinde yapısal bileşenler için hafif malzemeler olarak kullanılmaktadır. alüminyum, düşük yoğunluğu, yüksek sertliği ve iyi şekillendirilebilirliği nedeniyle ideal bir hafif malzeme olarak kabul edilir. Alüminyumun işlenmesiyle ilgili olarak, özellikle hafif yapılar için karmaşık profil geometrileri söz konusu olduğunda, ekstrüzyon en ekonomik üretim süreçlerinden biridir. Araç teknolojileri alanında bahsi geçen gereksinimleri karşılamak için son yıllarda parça mukavemetini ve sertliğini artırmanın yolları araştırılmaktadır. bu bağlamda özellikle uygun olan kompozit malzemelerin kullanılmasıdır. hafiflik özelliklerini elde etmek

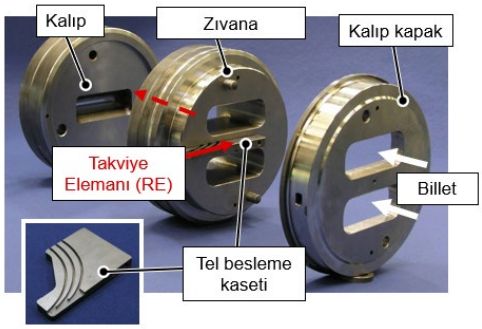
için, temel malzeme olarak alüminyum veya magnezyum alaşımları kullanılır ve bunlar çeşitli işlemlerde yüksek mukavemetli malzemelerle kombine edilebilir.



Şekil 7 Kompozit ekstrüzyon kalıp tekniği [13]

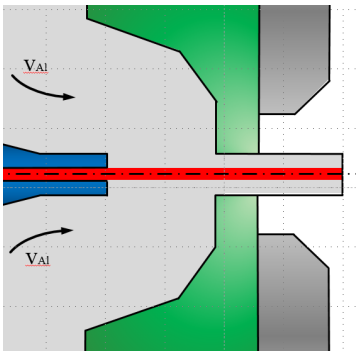
Alüminyum kompozit ekstrüzyon tekniği düşük mukavemetli alüminyum alaşımlarının yüksek mukavemete sahip takviye elemanlar ile birleştirilerek yeni bir mukavim yapı oluşturma tekniğidir. Bu teknikte kullanılan seçiminde telin korozyon direncinin yüksek olması, mekanik mukavemet özelliklerinin, ergime ve çalışma sıcaklıklarını önemli parametrelerdir.

Ayrıca bu teknikte kullanılacak olan kalıp özel olarak tasarlanmalı ve imal edilmelidir Geleneksel alüminyum ekstrüzyon kalıbından farklı olarak kalıp içerisinde tel besleme kasedi bulunmaktadır. Bu teli kalıp içerisinde kusursuzca hareket etmesi kalıp tasarımının mükemmeliği ile bağlantılıdır. Şekil 8 te görüldüğü gibi kalıp dışarısından verilen takviye teller profil içerisinde üretim esnasında girmektedir. Tüm üretim boyunca bu akış devam etmektedir.



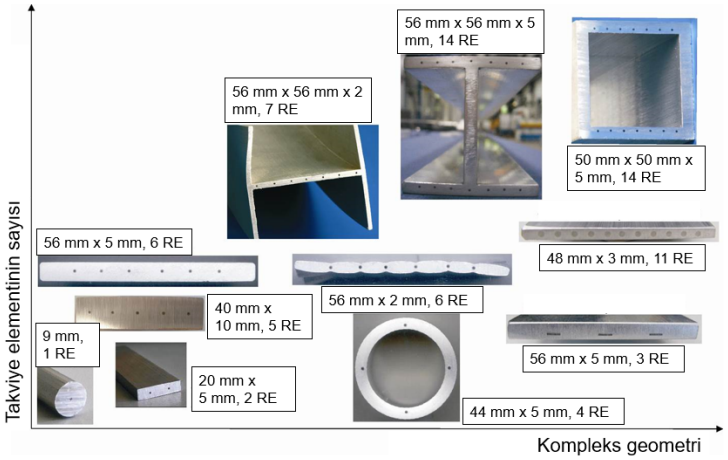
Şekil 8 Kompozit ekstrüzyon kalıp detaylı görünümü [13]

Alüminyum kalıp ekstrüzyon tasarımını bakacak olursak kalıplarımız 4 bölümden oluşmaktadır. Kapak zıvana ve tel besleme kaseti ana parçalarımızdır. Zıvana içerisinde açılan yuvaya tel besleme kaseti yerleştirilir. Takviye elemanının kaynama odasına yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem ile kalıp kapak bölgesinde 2 ye ayrılan alüminyum billet zıvanalardan geçerek kaynama odasına gelir buradan tel ile birleşen malzeme kalıp çıkışından çıkarak nihai sonucu geometriye ulaşır [13].



Şekil 9 Kaynama odası takviye malzemesi geçişi

Aşağıdaki şekilde yapılan araştırımalar sonucunda kullanılacak olan alüminyum kompozit profilin şekline bağlı olarak ihtiyaç olan destek elemanı sayısıda yapılan çalışmalarda öneri olarak belirtilmiştir [9].

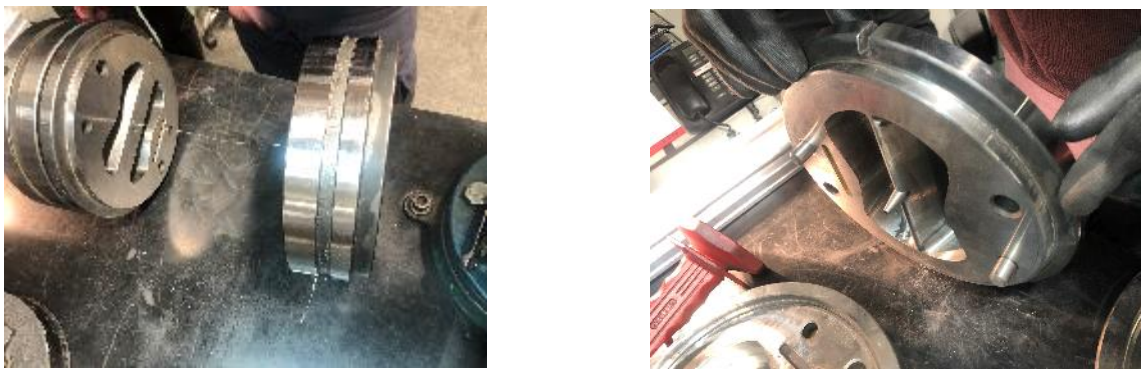


Şekil 10 Farklı geometrilerde kompozit ekstrüzyon [9]

IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

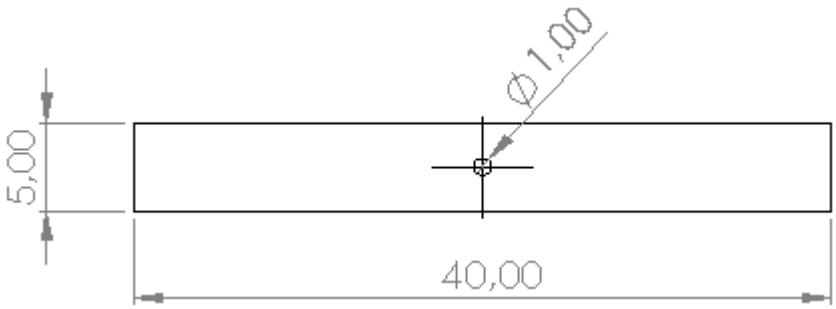
Deneysel çalışmalar için alüminyum alaşım türleri içerisinden otomotiv sektöründe oldukça yaygı kullanılan AA6060 ve AA6082 alaşımları kullanılmışıtır. AA6060 alaşımı Korozyon dayanımı yüksek, kaynak kabiliyeti çok iyi, yorulma dayanımı yüksek, T4 ısıl işlem formunda iyi, soğuk şekillenebilir özelliği kazanır, çok karışık parçalar için uygundur.

AA6082 alaşaımı, Korozyon dayanımı yüksek, çok iyi kaynak yapılabilir, makine yapımı için uygundur. T4 ısıl işleminden sonra stabilize edilmiş formda soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti çok iyi, yorulma dayanımı orta seviyede, kompleks parçalar için uygun değildir. A6082 alaşımı AA6060 a göre daha sert malzeme olduğu için ekstrüzyon ekstrüzyon esnasında kalıp üzerindeki zorlanmalar farklı olacaktır. Bu şartlar göz önüne alınarak dayanımı yüksek kalıp tasarımı-imalatı yapılmıştır.2 farklı sertlikteki malzeme ekstrüzyon üretimi yapılarak takviye malzemesinin profil içerisinde hareketi tespit edilmiştir



Şekil 11 Kompozit ekstürüzyon kalıp imalatı

Denemelerde kullanılan ekstrüzyon profili kesidi 40x5mm dir. Kullanilan tel 1mm çapında 1.4310 paslanmaz Çelik teldir. Deneysel çalışmalarda kullanılan paslanmaz Çelik telin spectral analiz sonucu aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Şekil 12 Deneysel çalışmalarda kullanılan profil kesidi

Tablo 1 1.4310 alaşımlı telin spektral analizi

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Fe
Ölçülen	0,076	0,557	0,91	0,0031	0,0023	18,05	8,2	0,34	0.05	Kalan
DIN [34]	0,05-0,15	<2	<2	0,0045	<0,0015	16-19	6-9,5	<0,8	<0,11	Kalan

Tablo 2 A6082 Alüminyum alaşımının spektral analiz

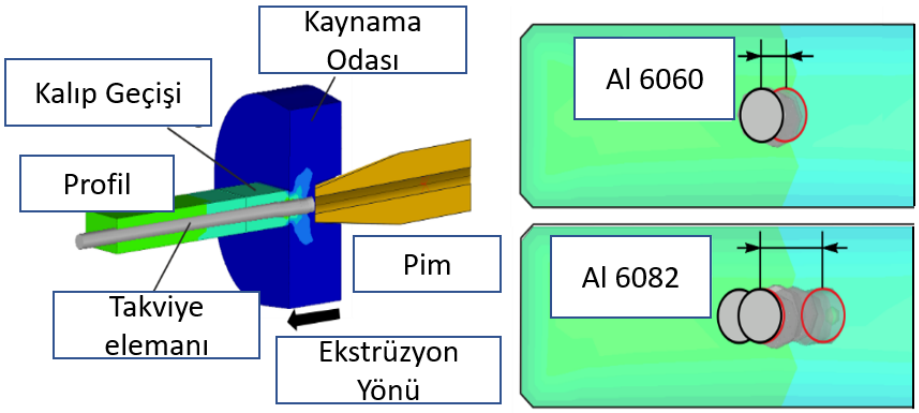
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Ölçülen	0,086	0,21	0,01	0,492	0,751	0,005	0,004	0,008	Kalan
DIN [34]	0,7-1,3	<0,5	<0,1	0,4-1	0,6-1,2	<0,25	<0,2	<0,1	<0,11

Tablo 3 A6060 Alüminyum alaşımının spektral analizi

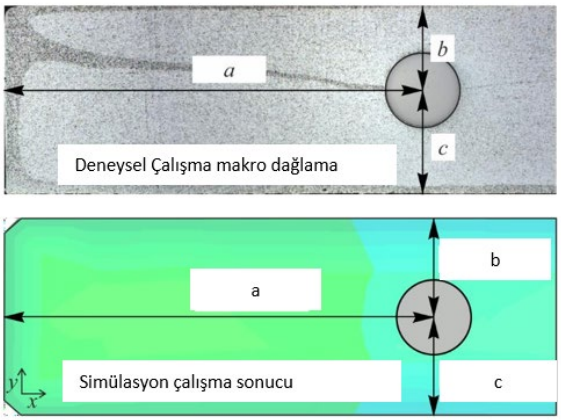
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Ölçülen	0,45	0,19	0,01	0,05	0,51	0,002	0,08	0,003	Kalan
DIN [34]	0,3-0,6	0,1-0,3	0,1	0,1	0,35-0,6	0,05	0,15	0,1	Kalan

Şekil 13 Deneme üretimleri esnasında ekstrüzyon çıkışı

Ekstrüzyon üretimi esnasında kalıp içerinden geçen ergiyik haldeki alüminyum baskı kuvveti altında takviye malzemesi üzerine oluşacak etkisi incelenmiş ve takviye malzemesinin 4 duvardan ölçüleri alınmıştır



Şekil 14 Profil içerisinde takviye malzemesinin konumu



Şekil 15 Takviye malzemesi hareket incelemesi

Tablo 4 2 farklı alaşımda takviye malzemesinin pozisyonu

Deneysel Sonuçlar				Deneysel Sonuçlar			
EN AW 6060	**a**	**b**	**c**	**EN AW 6082**	**a**	**b**	**c**
Nominal	**20**	**2,5**	**2,5**	Nominal	20	2,5	2,5
Numune 1	19,3	2,35	2,65	Numune 1	19,85	2,45	2,55
Numune 2	19,25	2,1	2,9	Numune 2	18,92	2,51	2,49
Numune 3	19,37	2,16	2,84	Numune 3	19,95	2,54	2,46
Numune 4	19,18	2,22	2,78	Numune 4	20,05	2,46	2,54
Numune 5	19,32	2,56	2,44	Numune 5	20,1	2,48	2,52
Numune 6	19,62	2,46	2,54	Numune 6	19,88	2,51	2,49
Numune 7	19,71	2,66	2,34	Numune 7	19,93	2,57	2,43
Numune 8	19,81	2,75	2,25	Numune 8	19,9	2,59	2,41
Numune 9	19,75	2,65	2,35	Numune 9	20,02	2,6	2,4
Numune 10	19,86	2,98	2,02	Numune 10	20,09	2,65	2,35

V. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmalar kapsamında kompozit ekstrüzyon üretim tekniğine uygun olarak kalıp tasarımı yapılmıştır.Yapılan tasarım ile yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarında yüksek performans gösterecek kalıp çeliği (2344 ısıl işlem çeliği) seçilmiş ve tasarıma uygun olarak kalıp imalatı gerçekleştirilmiştir.

2 farklı alüminyum alaşımı ile ekstrüzyon üretimi yapılmıştır. Yapılan üretimlerde 6060 a göre daha sert olan malzeme 6082'nin takviye malzemesini daha az hareket ettirdiği tespit edilmiştir. Yapılan olacan paslanmaz Çelik tel takviyeli kompozit alüminyum profil tasarımlarında bu hareketler göz önüne alınarak tasarım yapılması gerekli olacaktır.

Ekstrüzyon üretim esnasında tel de kopma meydana gelmemiştir. Paslanmaz Çelik telin kopma mukavemeti alüminyum itme kuvvetinden daha yüksek olduğunu doğrulamaktadır.

KAYNAKÇA

[1] K., Jensrud, O., Reiso, O., & Jacobsen, D. (1996). Extrudability and Mechanical Properties of Some 7XXX-Series Alloys. In Proceedings of international alüminium extrusion technology seminar (Vol. 2, pp. 291-296). Aluminium Association Inc, & Aluminium Extruders Council.

[2] Barbero, E. J. 1999. Introduction to Composite Materials Design. Taylor & Francis,pp. 25-30, New York

[3] B. 2016. Kompozitler Temel İlkeler Test Metotları. Gazi Kitabevi, pp.

[4] Bingöl, S. (2016) Kalıp girişinin ekstrüzyon edilebilirlik üzerindeki etkisi. DÜMF Mühendislik Dergisi, 7(1), 159-167.

[5] Birol, Y. (2004). The effect of homogenization practice on the microstructure of AA6063 billets. *Journal of Materials Processing Technology,* 148(2), 250- 258.

[6] Aluminium Walzwerke Singen: Verfahren zur Herstellung von Verbundprofilen sowie Vorrichtung zu dessen Durchführung, German Patent Application

[7] Publication DT 2414178 A1, 23.3.1974Çıtak H.C. (2002). Investigation of extrudability of different aluminium alloys by using the method of hot extrusion Master's Thesis, Istanbul Technical University Institute of Science and technology. İstanbul.

[8] Dixon, W., (1992) Extrusion of Particulate-Reinforced Aluminum-Based Metal Matrix Composites, *Proc. Fifth International Aluminum Extrusion Technology Seminar, Vol* 1, Aluminum Association and Aluminum

[9] M. Schikorra, A.E. Tekkaya, M. Kleiner: Experimental investigation of embedding high strength reinforcements in extrusion profiles. CIRP Annals – Manufacturing Technology 57, 313-316

[10] M. Kleiner, A. Klaus, M. Schomäcker: Verbundstrangpressen, In: Aluminium, International Journal for Industry, Research and Application.

[11] K.A. Weidenmann: Verbundstrangpressen mit modifizierten Kammerwerkzeugen Werkstofftechnik, Fertigungstechnik, Simulation, KIT

[12] D. Pietzka, A.E. Tekkaya: Mehrachsiges Runden beim Strangpressen. VDI Fortschritt-Berichte, Integration von Umformen, Trennen und Fügen für die flexible Fertigung von leichten Tragwerkstrukturen, Reihe 2, Nr. 678, VDI Verlag Düsseldorf, 2011, p. 27-47

Doğrusal Matris Eşitsizlikleri Tabanlı H_∞ Kontrolör ile Tekerlekli Zırhlı Aracın Aktif Titreşim Kontrolü

Active Vibration Control of a Wheeled Armoured Vehicle with H_∞ Controller Based on Linear Matrix Inequalities

Muhammed Fatih Çakır[*,1], Meral Bayraktar[1], Hakan Yazıcı[1]

[*]mfcakir@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7459-5014
[1]*Makine Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

Özet: Tekerlekli zırhlı araçlarda aktif titreşim kontrolü zorlu arazi şartlarının sebep olduğu titreşimleri önlemek için üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Bu çalışma tekerlekli zırhlı araç için aktif titreşim kontrolünü içermektedir. Düşey ivmeleri incelemek amacıyla 8x8 tekerlekli zırhlı araca ait 1/8 taşıt modeli kullanılmıştır. ISO 8608'e göre oluşturulan yol profili bozucu etki olarak tercih edilmiştir. Doğrusal matris eşitsizlikleri (DME) tabanlı durum geri beslemeli H_∞ kontrolör tasarımı gerçekleştirilmiş ve yapılan benzetim çalışmaları ile kontrolörün performansı gözlemlenmiştir. İvme genliklerinin azaltılması ile askeri personel konforunu iyileştirmede ve alt sistemlerde oluşabilecek hasarın önlenmesinde tasarlanan kontrolörün tercih edilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Tekerlekli Zırhlı Araç, Aktif Süspansiyon, Durum Matris Eşitsizlikleri*

Abstract Active vibration control of wheeled armored vehicles is an important issue that needs to be addressed to prevent vibrations caused by harsh terrain conditions. This study includes active vibration control for a wheeled armored vehicle. 1/8 vehicle model of an 8x8 wheeled armored vehicle was employed to analyze the vertical accelerations. The road profile was created according to ISO 8608 was chosen as the disturbance effect. A state feedback H_∞ controller based on linear matrix inequalities (LMI) is designed and the performance of the controller is observed through simulation studies. By reducing the acceleration amplitudes, it has been revealed that the designed controller can be preferred in improving military personel comfort and preventing damage to the subsystems.

Keywords: *Wheeled Armored Vehicle, Active Suspension, Linear Matrix Inequalities*

I. GİRİŞ

Aktif süspansiyon sistemleri her zaman araştırmacıların ilgisini çeken güncel bir konu olmuştur. Literatürde binek araçlar ile ilgili PID ve bulanık PID kontrolör [1], bulanık mantık kontrolör [2], LQR ve LQG kontrolör [3], kayan kipli kontrolör [4], uyarlamalı kontrolör [5], doğrusal matris eşitsizlikleri tabanlı çeşitli yapılarda durum ve çıkış geri beslemeli optimal kontrolör [6-9] yapıları ile yapılmış birçok aktif kontrol çalışması mevcuttur. Bu çalışmalarda aktif kontrolün pasif ve yarı-aktif kontrole göre üstün bir performans gösterdiği açıkça görülmektedir.

Askeri kara araçları farklı görevleri icra edebilen özel araçlardır. Paletli ve tekerlekli zırhlı araçlar olmak üzere iki gruba ayrılır [10-12]. Zorlu arazi şartlarında yüksek hareket kabiliyeti

ve bakım kolaylığı açısından son yıllarda tekerlekli zırhlı araçların kullanımı daha çok tercih edilmektedir [10].

Tekerlekli zırhlı araçlar genellikle personel taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca üzerinde birçok alt sistem bulunmaktadır. Zorlu arazi şartlarında görevini icra eden bu araçların yoldan kaynaklı titreşimlere maruz kalması personel konforunda bozulmalara ve elektronik sistemler başta olmak üzere alt sistemlerde performans kayıplarına ve hasara sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçmek için süspansiyon büyük önem arz etmektedir [10-19].

Pasif süspansiyon, tekerlekli zırhlı araçlarda kullanıldığında sabit yay ve sönüm katsayısına sahip olması sebebiyle rastgele ve düzensiz arazi şartlarından gelen titreşimleri önlemede yetersiz kalmaktadır. Mohsen vd. bu sorunun önüne geçmek amacıyla genetik algoritma ile optimum katsayıları belirleyerek pasif süspansiyon sisteminden daha verimli sonuçlar almaya çalışmıştır [18]. Bazı çalışmalarda ise yarı aktif kontrol yapıları kullanılarak yoldan kaynaklı titreşimler önlenmeye çalışılmıştır [11-13], [15-17]. Her ne kadar yarı aktif süspansiyon ile pasif süspansiyona göre daha verimli sonuçlar elde edilse de yarı aktif süspansiyonda damperin sadece belirli aralıkta kontrol edilebilmesi tekerlekli askeri araçlar için aktif süspansiyon kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Literatürde tekerlekli zırhlı araçların aktif süspansiyon kontrolü ile ilgili LQR kontrolör [10], kararlılık artırma ile sistem dinamiğini iyileştirilmesi [14] gibi az sayıda çalışma mevcuttur.

Bu çalışmada tekerlekli zırhlı araçlar için aktif süspansiyon kontrolünün öneminden ve gerekliliğinden yola çıkılarak literatüre katkı sağlayacak bir çalışma yapılması hedeflenmiştir. Bu amaçla 8x8 tekerlekli zırhlı araca ait 1/8 taşıt modelinin düşey ivmelerini minimize etmek amacıyla doğrusal matris eşitsizlikleri tabanlı durum geri beslemeli kontrolör yapısı kullanılmıştır. Benzetim çalışmaları ile pasif ve aktif durum karşılaştırılarak kontrolörün performansı gözlemlenmiştir.

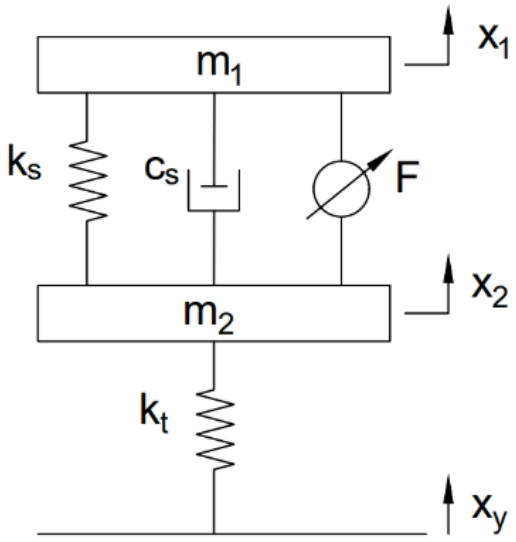
II. MODELLEME

Çalışma kapsamında ele alınan 8x8 tekerlekli zırhlı araca ait 1/8 taşıt modeli Şekil 1'de sunulmuştur. m_1 aracın 1/8 kütlesi, m_2 tekerlek kütlesi, k_s ve c_s sırasıyla süspansiyon yay ve sönüm katsayısı, k_t tekerlek yay katsayısıdır. x_1, x_2 sırasıyla m_1 ve m_2 kütlelerine ait yer değiştirmeleri, x_y bozucu yol girişini, F kontrol girişini ifade etmektedir. Lagrange enerji denklemi (1) kullanılarak 1/8 taşıt modeline ait hareketin diferansiyel denklemleri (2-3) elde edilmiştir.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_i} + \frac{\partial E_p}{\partial q_i} + \frac{\partial E_c}{\partial \dot{q}_i} = Q_i \tag{1}$$

$$m_1\ddot{x}_1 + k_s(x_1 - x_2) + c_s(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) = -F \tag{2}$$

$$m_2\ddot{x}_2 - k_s(x_1 - x_2) + k_t(x_2 - x_y) - c_s(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) = F \tag{3}$$



Şekil 1: Tekerlekli Zırhlı Araca Ait 1/8 Taşıt Modeli [10]

Sistem durum uzayı formunda yazılarak denklem (4) de verilmiştir.

$$\dot{x} = Ax + B_1 w + B_2 u$$

$$y = Cx + D_1 w + D_2 u \tag{4}$$

Burada $x = [x_1 \quad x_2 \quad \dot{x}_1 \quad \dot{x}_2]$ durum vektörü, $w = [x_y]$ bozucu giriş vektörü, $u = [F]$ kontrol giriş vektörüdür. Yol kaynaklı titreşimlerin personel konforu ve alt sistemler üzerindeki olumsuz etkisini gözlemlemek için taşıt gövdesinin ivmesi incelenmelidir [10-11], [16]. Buna istinaden çıkış vektörü $y = [\ddot{x}_1]$ olarak belirlenmiştir. Durum uzayı matrisleri A, B_1, B_2, C, D_1, D_2

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -k_s/m_1 & k_s/m_1 & -c_s/m_1 & c_s/m_1 \\ k_s/m_2 & -(k_s + k_t)/m_2 & c_s/m_2 & -c_s/m_2 \end{bmatrix}$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ k_t/m_2 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1/m_1 \\ 1/m_2 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} -k_s/m_1 & k_s/m_1 & -c_s/m_1 & c_s/m_1 \end{bmatrix}$$

$$D_1 = [0]$$

$D_2 = [{}^{-1}/_{m_1}]$

şeklindedir. Benzetim çalışmalarında kullanılan taşıt parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur [10].

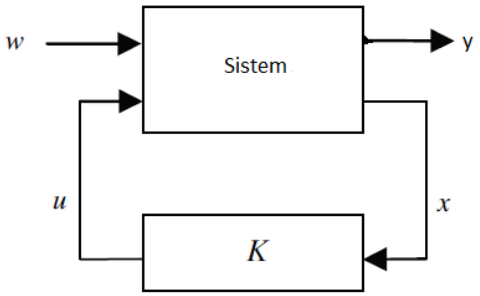
TABLO I
TAŞIT PARAMETRELERİ [10]

Parametre	Değer	Birim
m_1	3100	kg
m_2	200	kg
k_s	180000	N/m
k_t	400000	N/m
c_s	20000	Ns/m

III. KONTROLÖR TASARIMI

K kontolör kazancı olmak üzere denklem (4)'te durum uzayı formunda sunulan sistem için durum geri beslemeli kontrol kanunu denklem (5)'te ve ilgili blok diyagramı ise Şekil 2'de verilmiştir.

$$u = Kx \tag{5}$$



Şekil 2: Durum Geri Beslemeli Kontrolör Blok Diyagramı

Amacımız (4) denkleminde sunulan açık çevrim sistemini kararlı kılacak ve girişlerden çıkışlara olan transfer fonksiyonları matrisinin sonsuz normunu minimize ederek $\gamma > 0$ gibi bir skalerden küçük olmasını sağlayacak kontrolörü bulmaktır. Kontrol kanunu denklem (4)'te yerine konulduğunda kapalı çevrim sistem aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\dot{x} = (A + B_2K)x + B_1w$$

$$y = (Cx + D_2K)x + D_1w \tag{6}$$

$P = P^T > 0$ olmak üzere sistemin kararlılığı

$$V(x) = x^TPx \tag{7}$$

Karesel Lyapunov fonksiyonunun zamana göre türevinin negatif tanımlı olması, diğer bir ifadeyle

$$\dot{x}^T P x + x^T P \dot{x} < 0 \tag{8}$$

eşitsizliğinin sağlanması ile; sistemin girişlerinden çıkışlarına olan transfer fonksiyonları matrisinin sonsuz normunun γ skalerinden küçük olması ise

$$\|T_{yw}\|_\infty = \frac{\|y\|_2{}^2}{\|w\|_2{}^2} = \frac{y^T y}{w^T w} < \gamma^2 \;\rightarrow\; y^T y - \gamma^2 w^T w < 0 \tag{9}$$

eşitsizliğinin sağlanması ile garanti edilir. (8) ve (9) süperpoze edilir ve (6) denkleminde yerine yazılırsa

$$\begin{aligned}&[(A + B_2K)x + B_1 w]^T P x + x^T P[(A + B_2K)x + B_1 w] + \\ &\quad [(C + D_2K)x + D_1 w]^T[(C + D_2K)x + D_1 w] - \gamma^2 w^T w < 0\end{aligned} \tag{10}$$

eşitsizliği elde edilir ve burada

$$\begin{bmatrix} x^T \\ w^T \end{bmatrix}^T \Omega \begin{bmatrix} x \\ w \end{bmatrix} < 0 \tag{11}$$

$$\Omega = \begin{bmatrix} (A + B_2K)^T P + P(A + B_2K) + (C + D_2K)^T (C + D_2K) & PB_1 + (C + D_2K)^T D_1 \\ B_1{}^T P + D_1{}^T (C + D_2K) & -\gamma^2 I + D_1{}^T D_1 \end{bmatrix} < 0 \tag{12}$$

olarak düzenlenebilir. Görüldüğü üzere (11) eşitsizliğinin sağlanabilmesi için (12) eşitsizliğinin sağlanması gerekmektedir. Schur tümleyen [20] kullanılması ve elde edilen ifadenin sağından ve solundan P^{-1} ile çarpılmasıyla

$$\begin{aligned}&P^{-1}(A + B_2K)^T + (A + B_2K)P^{-1} + P^{-1}(C + D_2K)^T (C + D_2K)P^{-1} \\ &-(B_1 + P^{-1}(C + D_2K)^T D_1)\left(-\gamma^2 I + D_1 D_1{}^T\right)^{-1}\left(B_1{}^T + D_1{}^T (C + D_2K)P^{-1}\right) < 0\end{aligned} \tag{13}$$

eşitsizliği yazılır. $X = X^T > 0$ olmak üzere $X = P^{-1}$ değişken dönüşümü ile

$$\begin{bmatrix} (A + B_2K)X + X(A + B_2K)^T X(C + D_2K)^T (C + D_2K)X & B_1 + X(C + D_2K)^T D_1 \\ B_1{}^T + D_1{}^T (C + D_2K)X & -\gamma^2 I + D_1{}^T D_1 \end{bmatrix} < 0 \tag{14}$$

eşitsizliği elde edilir. (14) eşitsizliği KYP Lemma [20] ile

$$\begin{bmatrix} (A + B_2K)X + X(A + B_2K)^T & B_1 \\ B_1{}^T & -\gamma I \end{bmatrix} + \frac{1}{\gamma}\begin{bmatrix} X(C + D_2K)^T \\ D_1{}^T \end{bmatrix}[(C + D_2K)X \quad D_1] < 0 \tag{15}$$

şeklinde ifade edilebilir. (15) eşitsizliği Schur tümleyen [20] ile

$$\begin{bmatrix} (A + B_2K)X + X(A + B_2K)^T & B_1 & X(C + D_2K)^T \\ B_1{}^T & -\gamma I & D_1{}^T \\ (C + D_2K)X & D_1 & -\gamma I \end{bmatrix} < 0 \tag{16}$$

olarak yazılabilir. KX teriminden dolayı dışbükey olmayan (16) eşitsizliği $W = KX$ değişken dönüşümü ile dışbükey hale getirilerek

$$\begin{bmatrix} AX + XA^T + B_2W + W^TB_2{}^T & B_1 & XC^T + W^TD_1{}^T \\ B_1{}^T & -\gamma I & D_1{}^T \\ CX + D_1W & D_1 & -\gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (17)$$

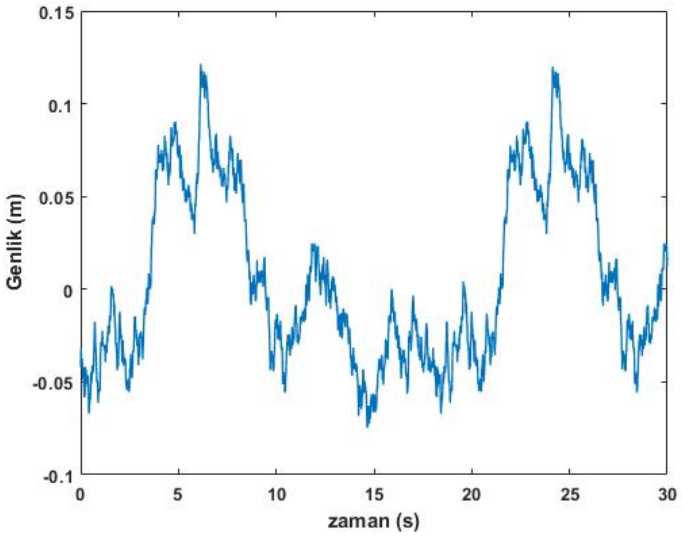
DME olarak elde edilir. Eğer (17) DME çözümü ile $X = X^T > 0$ ve W matrisleri ile γ skaleri elde edilebilirse durum geri beslemeli H_∞ kontrolör kazancı

$$K = WX^{-1} \quad (18)$$

şeklinde bulunur [20].

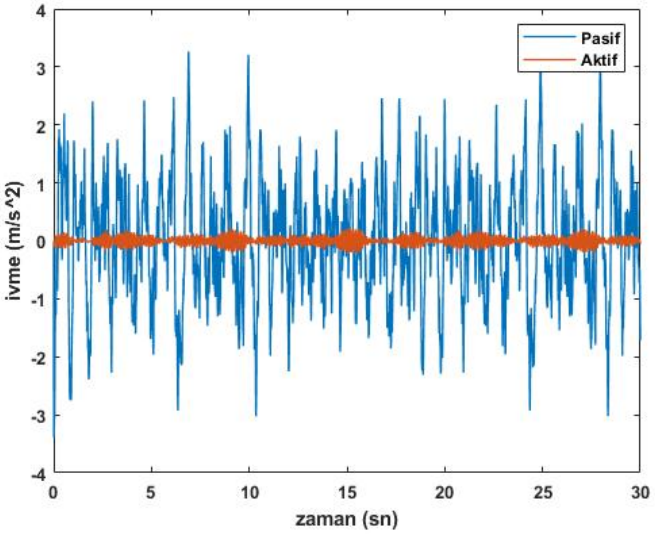
IV. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Durum geri beslemeli H_∞ kontrolör kazancı (17) DME'nin MATLAB ile kullanılan yalmip ayrıştırıcı [21] ve sedumi çözücü [22] kullanılarak çözülmesiyle
$K = 10^5 * [-1.7993 \quad 1.7994 \quad -0.1914 \quad 0.1978]$ olarak hesaplanmıştır. Kontrolörün performansını test etmek için kullanılan ISO 8608'e göre oluşturulan yol profili Şekil 3'te sunulmuştur. Benzetim çalışmaları Matlab / Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3: ISO 8608'e Göre Oluşturulan Yol Profili

Şekil 4'te sunulan pasif ve aktif ivme cevapları incelendiğinde en büyük genlik değerleri pasif ve aktif durum için sırasıyla 3,39 m/s^2 ve 0,23 m/s^2 olarak elde edilmiştir. Tasarlanan kontrolör ile ivme genlikleri % 93,22 oranında bastırılmış, personel konforunun iyileştirilmesinde ve alt sistemlerde oluşabilecek hasarın önüne geçilmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4: Pasif ve Aktif İvme Cevapları

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada 8x8 tekerlekli zırhlı araca ait 1/8 taşıt modeli için aktif titreşim kontrolü yapılmıştır. Kontrol kanunu olarak doğrusal matris eşitsizlikleri tabanlı durum geri beslemeli H_∞ kontrolör yapısı tercih edilmiştir. Bozucu giriş olarak ISO 8608'e göre oluşturulan yol profili kullanılmıştır. Yapılan benzetim çalışmalarında personel konforunun iyileştirildiği ve araç üzerindeki alt sistemlerde oluşabilecek hasarların önüne geçildiği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda kontrol yapısı 8x8 tekerlekli zırhlı araca ait yarım taşıt veya tam taşıt modeli kullanılarak düşey hareketin yanı sıra açısal hareketleri iyileştirebilmek amacıyla tercih edilebilir. Eyleyici doyumu, parametre belirsizliği gibi dinamikler çalışmaya dahil edilebilir. Durum matris eşitsizlikleri tabanlı farklı kontrol yapıları tekerlekli zırhlı araçların aktif süspansiyon kontrolünde kullanılabilir.

KAYNAKÇA

[1] S. Munawwarah and F. Yakub, "Control analysis of vehicle ride comfort through integrated control devices on the quarter and half car active suspension systems," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 235, no. 5, pp. 1256–1268, 2021, doi: 10.1177/0954407020968300.

[2] A. B. Sharkawy, "Fuzzy and adaptive fuzzy control for the automobiles' active suspension system," *Veh. Syst. Dyn.*, vol. 43, no. 11, pp. 795–806, 2005, doi: 10.1080/00423110500097783.

[3] H. D. Taghirad and E. Esmailzadeh, "Automobile passenger comfort assured through LQG/LQR active suspension," *JVC/Journal Vib. Control*, vol. 4, no. 5, pp. 603–618, 1998, doi: 10.1177/107754639800400504.

[4] T. Yoshimura, A. Kume, M. Kurimoto, and J. Hino, "Construction of an active suspension system of a quarter car model using the concept of sliding mode control," *J. Sound Vib.*, vol. 239, no. 2, pp. 187–199, 2001, doi: 10.1006/jsvi.2000.3117.

[5] I. Fialho and G. J. Balas, "Road Adaptive Active Suspension Design Using Linear Parameter-Varying Gain-Scheduling," vol. 10, no. 1, pp. 43–54, 2002.

[6] H. Du, W. Li, and N. Zhang, "Integrated seat and suspension control for a quarter car with driver model," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 61, no. 9, pp. 3893–3908, 2012, doi: 10.1109/TVT.2012.2212472.

[7] H. Chen, P.-Y. Sun, and K.-H. Guo, "Constrained H-infinity control of active

suspensions: an lmi approach," no. October, pp. 157–157, 2005, doi: 10.1109/icca.2002.1229516.

[8] S. M. H. Rizvi, M. Abid, A. Q. Khan, S. G. Satti, and J. Latif, "H∞ control of 8 degrees of freedom vehicle active suspension system," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 30, no. 2, pp. 161–169, 2018, doi: 10.1016/j.jksues.2016.02.004.

[9] A. Y. Babawuro, N. M. Tahir, M. Muhammed, and A. U. Sambo, "Optimized state feedback control of quarter car active suspension system based on LMI algorithm," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1502, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1502/1/012019.

[10] A. Sancar, "Drone Supperted Pre-Scan Optimal Active Suspension For 8X8 Vehicle," Middle East Technical University, 2018.

[11] M. W. Trikande, N. K. Karve, R. Anand Raj, V. V. Jagirdar, and R. Vasudevan, "Semi-active vibration control of an 8x8 armored wheeled platform," *JVC/Journal Vib. Control*, vol. 24, no. 2, pp. 283–302, 2018, doi: 10.1177/1077546316638199.

[12] M. W. Trikande, V. V. Jagirdar, V. Rajamohan, and P. R. Sampat Rao, "Investigation on semi-active suspension system for multi-axle armoured vehicle using co-simulation," *Def. Sci. J.*, vol. 67, no. 3, pp. 269–275, 2017, doi: 10.14429/dsj.67.10820.

[13] M. Wei, X. Rui, W. Zhu, F. Yang, and J. Zhang, "Study on semi-active control of armored vehicle suspensions based on Rui method," *Proc. ASME Des. Eng. Tech. Conf.*, vol. 6, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1115/DETC2018-85778.

[14] K. Hudha, H. Jamaluddin, and P. M. Samin, "Disturbance rejection control of a light armoured vehicle using stability augmentation based active suspension system," *Int. J. Heavy Veh. Syst.*, vol. 15, no. 2–4, pp. 152–169, 2008, doi: 10.1504/IJHVS.2008.022240.

[15] M. W. Trikande, V. V. Jagirdar, and M. Sujithkumar, *Evaluation of semi-active suspension control strategies for 8×8 armoured vehicle using stochastic road profile inputs*, vol. 3, no. PART 1. IFAC, 2014. doi: 10.3182/20140313-3-IN-3024.00035.

[16] S. Saltik, A. S. Yildiz, S. Sivrioglu, and Z. Dülger, "Experimental comparison of control methods for armoured personnel carriers with semi-active magneto-rheological suspension," *Int. J. Heavy Veh. Syst.*, vol. 26, no. 5, pp. 628–647, 2019, doi: 10.1504/IJHVS.2019.101889.

[17] M. W. Trikande, V. V. Jagirdar, and M. Sujithkumar, "Modelling and comparison of semi-active control logics for suspension system of 8×8 armoured multi-role military vehicle," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 592–594, pp. 2165–2178, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.592-594.2165.

[18] M. Mohsen, H. Kamel, A. M. Sharaf, and S. M. El-Demerdash, "Optimal design of passive suspension system of a 6 × 6 multi-wheeled all-terrain vehicle using genetic algorithm," *Int. J. Heavy Veh. Syst.*, vol. 25, no. 3–4, pp. 508–533, 2018, doi: 10.1504/IJHVS.2018.094821.

[19] M. H. I. M. Amin, K. Hudha, Z. A. Kadir, and N. H. Amer, "Skyhook control for 7 DOF ride model of armored vehicle due to road disturbance," *2015 10th Asian Control Conf. Emerg. Control Tech. a Sustain. World, ASCC 2015*, pp. 2–6, 2015, doi: 10.1109/ASCC.2015.7244494.

[20] S. Boyd, L. El Ghaoui, E. Feron, and V. Balakrishnan, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*. 1994. doi: 10.1137/1.9781611970777.ch2.

[21] J. Löfberg, "YALMIP: A toolbox for modeling and optimization in MATLAB," *Proc. IEEE Int. Symp. Comput. Control Syst. Des.*, no. October 2004, pp. 284–289, 2004, doi: 10.1109/cacsd.2004.1393890.

[22] J. F. Sturm, "Using SeDuMi 1.02, a MATLAB toolbox for optimization over symmetric cones," *Optim. Methods Softw.*, vol. 11, no. 1, pp. 625–653, 1999, doi: 10.1080/10556789908805766.

Industry 5.0 And Sustainability. Adoption Case of Machine Learning to Improve Energy Consumption in A Process Industry

Andrés Redchuk [1], Federico Walas Mateo [2*], Julian E. Tornillo[2]

[*]fedewalas@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5437-5789
[1] *ETSII, Computer Engineering, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain.*
[2] *Engineering Faculty, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.*

Abstract: Considering the novel concept of Industry 5.0 model, where sustainability is aimed together with integration in the value chain, and centrality of people in the production environment, this article is focused in a case where energy efficiency is achieved. The work is about a food industry case where a low code AI platform was adopted to improve the environmental footprint of its operations.

The paper describes the adoption process of the solution integrated with an IIoT architecture that generates data to achieve the process optimization. The case shows the way a low code AI platform can ease process optimization, considering people at the process, empowering them and giving a central role in the improvement opportunity.

The content of the paper includes a conceptual framework on key factors around Industry 5.0 model, food industry, IIoT, and machine learning. This case is relevant for the authors by the way the business model proposed by the startup attempts to democratize Artificial Intelligence and Machine Learning in industrial environments. The new model delivers value to facilitate traditional industries to obtain better operational results, and contribute to a better use of resources.

This work is focused on opportunities that arise around Artificial Intelligence as a driver for new business and operating models considering the central role of people at the industrial process. Besides the paper looks into the framework of the adoption of Artificial Intelligence and Machine Learning in a traditional industrial environment towards a smart manufacturing approach.

Keywords: *IIoT; Energy Efficiency; AI/ML; low code platform; Net zero emissions; Industry 5.0*

I. INTRODUCTION

This article addresses the adoption case of a Machine Learning (ML) through a Low Code Platform (LCP) [1] in a food process company to optimize energy consumption. The paper aims to go further from previous research considering the emerging Industry 5.0 (I5.0) paradigm with its human centered and environment sustainability vision.

Some authors [2, 3, 4, 5] give light to the scope and objectives of the I5.0 model, where sustainability is aimed together with integration in the value chain, and centrality of people in the production environment. Besides, the European Commission [6, 7] observes that I5.0 is complementary to Industry 4.0 paradigm driving industries to a sustainable, human-centric and resilient European industry. Finally, both articles highlight that the 5.0 model moves the focus from solely shareholder value to stakeholder value, for all concerned.

The work from [8] remarks the disruptive potential of AI, and more recently, machine learning (ML), to generate new business models and opportunities for entrepreneurs. The

authors support the conceptual development with many cases from practice, and conclude that the innovative potential of the new business models can give rise to radical new operating models that could lead to firms of a kind not seen before. The article give light to the contributions that new business and operating models on AI/ML can handle to improve industrial processes.

This article considers the issues in the previous paragraphs regarding opportunities using data models to generate value from them, and introduce a methodology to ease the evolution of traditional production systems into smart industrial environments [4]. The focus of the paper is to present an agile methodology to ease the adoption of AI/ML in industrial environments, and empower industrial operators. The authors intend to illustrate the way the AI/ML platform with a Low-Code solution approach, being operator centered can give results in fewer time than traditional AI approaches to produce process efficiency.

Nowadays process industries are focused in energy efficiency to improve environmental sustainability in the Net Zero Carbon emissions objective by reducing energy consumption. The article [9] considers the case of the food industry, which requires process heat, most of which was supplied by fossil-fuel-based technologies in 2019. A significant increase in the electrification of process heat generation is assumed to occur. To achieve the overall CO2 emissions targets, the electricity generation will increase the average global renewable electricity share from 25% in 2019 to 74% in 2030. That means that important efforts should be done to make traditional heating in food processing more efficient.

The concepts on the above paragraph are reinforced when reviewing the contribution to the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDGs) [10] in particular the ones referring to industrial innovation, responsible consumption and production, and climate actions.

This paper is structured as follows. Next, Section 2 describes related concepts and current approaches in literature regarding AI/ML and data integration in process industries towards energy efficiency. The paper continues into Section 3 to describe the methodology proposed in the case, and in Section 4 presents the case to be studied. Afterward, Section 5 discusses the results of the case studies. Finally, Section 6 presents the conclusions of the paper.

II. BACKGROUND AND RELATED WORK IN PROCESS INDUSTRIES

This section presents some approaches and concepts which are relevant to the field of energy optimization in process industries by using AI, and the adoption process of the solution under I5.0 paradigm.

Regarding smart factory in the food industry, current approaches in smart manufacturing focus on intelligent collection of data and its analysis with machine learning algorithms [11]. This includes a variety of data sources, including raw material data, machine data, or customer data (e.g., information about sales or complaints).

The topic about information collection and integration has been covered by authoritative standardization bodies such as the International Society of Automation (ISA) [12] and the International Electrotechnical Commission (IEC) [13]. As an example, the multi-layer IEC 62264 standard based on the ISA-95 specifications [14] defines an information model exchange framework enabling the integration of applications running in business and operational departments. Enterprises complying with the standard can define inter-faces between control and business functions, allowing them to make informed decisions on data to exchange so that costs and risks can be kept low in case of implementation errors.

The article [15] highlights the conceptual framework about Information Technology (IT) and Operational technology (OT) infrastructure that enables the I5.0 model. The convergence of OT/IT is critical for the integration of data and AI in the industrial decision-making process, providing the basis for a cognitive shop floor. The paper includes a real case that fulfill the specific needs of OT and IT, achieving fast, and homogeneous transfer of large volumes of data

towards the IT layer.

Reference [16] Presents a case where an electric arc furnace in a steel industry has been optimized through a ML method, leading to lower energy consumption. In the study, different machine learning and data processing methods were used to evaluate the energy efficiency parameters of the furnace process. The authors point that the dataset was collected over five years, in a steelmaking factory, with 42 features. The article gives account of complexities to be solved on the way to get a successful adoption of the methodology to optimize an industrial process.

Another paper that gives insights for this study is the work [17], which through an empirical case study evaluate the effectiveness and efficiency of the proposed method in comparison to existing ones from literature at an industrial process. The research high-lights the importance of considering the domain knowledge in feature selection to build a robust industrial ML model. They define the industrial process as a complex network of thousands of elements interconnected by flows of material, energy, and information. Finally, the paper proposes a feature selection method to capture domain knowledge and identify relevant process signals.

The last work considered in this section is [18], which refers to the responsibility of industries for improving energy efficiency and reducing carbon emissions. The authors developed a model-free demand response (DR) scheme for industrial facilities. The model was applied to a real case in an industry, and the algorithm identified an optimal energy consumption schedule, reducing energy costs without compromising production.

III. METHODOLOGY. THE APPROACH PROPOSED BY A LOW CODE AI PLATFORM

The methodology to be applied in the case considers the opportunities to adopt AI/ML in the process industry, in this opportunity a food manufacturing firm. The approach is based on Low-Code solution [19], and Lean Startup methodology [20] to achieve results in less time than conventional adoption processes of analytics solutions, making possible to democratize artificial intelligence and machine learning in traditional industrial environments.

The value proposal of the new business model presented by the Low Code Platform (LCP) focuses on shortening the adoption cycle of AI/ML in industrial environments by using prebuilt templates for manufacturing processes. This feature of the LCP also pre-tends to capture the domain knowledge from the process operators sooner.

[1] affirms that LCPs facilitate achieving objectives at the core of business information systems research such as increasing productivity and reducing costs of developing and maintaining enterprise software systems and improving organizations' ability to adapt software systems to rapidly changing requirements, and empowering users. The author also points that it is not at all clear what distinguishes LCPs from existing software development facilities, such as classical integrated development environments (IDEs)and tools for model-driven development (MDD).

The LCP used in the case object of this paper, offers seven templates: Forecasting, Anomaly Detection, Optimization, Simulation, Failure Prediction, and Defective Part Pre-diction. Which template to use in each case depends on the nature of the process and the opportunity to address.

These preconfigured frameworks allow users in the shop floor to understand easily what it is aimed with the data model, have it earlier and evaluate results from the plat-form faster. The adoption cycle begins working with the model offline, in a co creation space between industrial process and software sides. Once created, the analytic model is fed by data from the historian database.

This way, the operators evaluate results and gain confidence by iterating through multiple experiments.

Finally, the model is deployed into operations, when is fed with real-time data from the industrial processes. The solution is offered in as a service (SaaS) model, ingesting da-ta in a

data series format from Manufacturing Execution Systems (MES); or Industrial Internet of Things (IIoT) platforms. This way the AI/ML software is integrated in the industrial operation with the shop floor solution, and work with data in real time to generate the pre-dictions to the process operators. A complex issue for the industrial environment, and a weakness reported by the study presented by [21] is cybersecurity. This issue is tackled by hosting the platform at Azure Microsoft Cloud [22]. This cloud solution also provides the infrastructure to achieve the calculation power for the requirement of AI/ML models.

To validate the effectiveness of the platform and have results in a shorter period than traditional approaches, a Lean Startup methodology is used. This way non-value adding activities are minimized and people from the industrial process can be involved earlier, while introducing the new solution. The Lean Startup methodology has three key principles: to replace planning with experimentation, the 'getting out of the building' approach and lastly, agile development [23].

The experimentation process is described by the Build-Measure-Learn feedback loop consisting of three steps: build, measure, and learn. In the first step, build, it is essential to create a Minimum Viable Product (MVP) using as less resources as possible after identifying the most important hypotheses [20]. The goal of building an MVP is to identify the proposed solution's potential [24] and the value for the customer. The measure step aims at collecting data that can verify or dismiss the hypothesis made about the solution to be offered [20]. In the learn step, the goal is to know about the investigated hypotheses from collected data. The learning process shows whether an underlying hypothesis can be verified or not, and indicates if the MVP is a viable solution to the customer problem.

IV. THE CASE

A leading food ingredient company production company in North America wanted to optimize its operations across their food production facilities. The case was developed using the Build-Measure-Learn feedback loop detailed previously in section 3. The first phase, BUILD, started after defining the adoption scope and its objectives. One of the improvement opportunities or "pain Points" identified was making their energy production processes more efficient. Energy was the second cost behind raw material, and the firm has a goal to reduce 25% CO2 emissions by 2030.

The Industrial operations team wanted to utilize AI to predict each boiler's thermal efficiency so that the gas loading could be optimized according to efficiency. The process perfectly fits the organization's goals to cut energy consumption, running costs, degradation across the turbine portfolio, and carbon emissions.

The process experts at the food company self-trained with the support of experts in data analysis from the LCP vendor. Meanwhile, the industrial process experts collaborate with the data experts at the AI/ML platform to clarify doubts, and specific topics about the characteristic of the process to improve.

The industrial company uses natural gas turbines and boilers to generate power and steam to the plant. However, each boiler's thermal performance may fluctuate due to different configurations and piping, environmental conditions, and uneven wear and tear, meaning that they were consuming the same natural gas rate but not necessarily producing the same output.

Regarding OT/IT infrastructure the firm has a robust architecture integrated according ISA95 standards. Real-time data from the production processes is generated and stored in historian-type databases. Then the firm has a very valuable quantity of process data to feed the model off line.

To forecast and optimize the boiler efficiency, the operations team need to predict the optimal biases in fuel intake between the boilers. The operations team used the LCP AI Platform's pre-built machine-learning model templates to configure three models:

• Boiler simulator model: to predict expected fuel usage
• Optimal control parameters model: to identify the optimal control parameters that would minimize the total fuel consumption of all boilers
• Fuel consumption model: to predict how the different parameters impact fuel consumption

Using the LCP AI platform, the operations team uploaded 18 months of time cycle data generated by its gas turbines and boilers. Through the visual data analysis tools, the operations team can detect missing data, determine the importance of characteristics and relationship correlation, and outliers in the process.

The following stage according to the Lean Startup methodology was the MEASURE one. In this phase a model was produced in the software platform and the industry users evaluated the use case with historical data ingested on the platform.

A data exploration and evaluation of data model by the firm Process Managers was performed and analytics experts from the software startup provided support at all times. The process engineers went thought the model, and finally they validated it.

The LCP AI platform trained the AI models with the clean offline historical data. The LCP automatically selects the best model by cross-validating the historical data. The LCP AI was used to configure a simulator model for each boiler to predict the expected fuel usage given the plant steam demand, as well as the operating conditions of the turbine and boiler. An optimizer model was then configured on top of these boiler simulator models to identify the optimal control parameters that would minimize the total fuel consumption of all boilers while respecting the physical and safety constraints of each boiler. The operations team configured an additional simulation model to predict how different parameters affect fuel consumption.

The second phase of the methodology was completed with the model going live at the platform on line. Real time from the IIoT solution started to be ingested to the cloud-based solution. All the integration was made by software specialists from the Startup. Be-sides the software solution has an Application Process Interface (API), that simplifies the integration with the IIoT platform. This way the plant users accessed to the ML solution and had continuous support from the software provider.

The last stage was the one called Learn, according to Lean Startup methodology. In this last phase the production staff recognized the value that the use case contributed. Results were analyzed by the software supplier and process engineers- The use case was reviewed on a platform mapping session where both teams gained deeper insights into data, business value, and complexity of previously identified use cases.

Once the AI models are productionized, the operations team used LCP AI to refine the protocols and apply rules to the company's specific operating environment. In the testing phase, there was a 2.5% improvement in thermal performance over previous re-ports.

LCP AI's automated model training infrastructure ensure that the AI models continuously improve with new data from the steam generation process.

Finally, all the staff of the process team was trained, the platform was adopted, and the process was changed to follow the notifications of the platform. The third phase took other 2 weeks. Figure 1 illustrate the Build-Measure-Learn cycle applied to the LCP adoption.

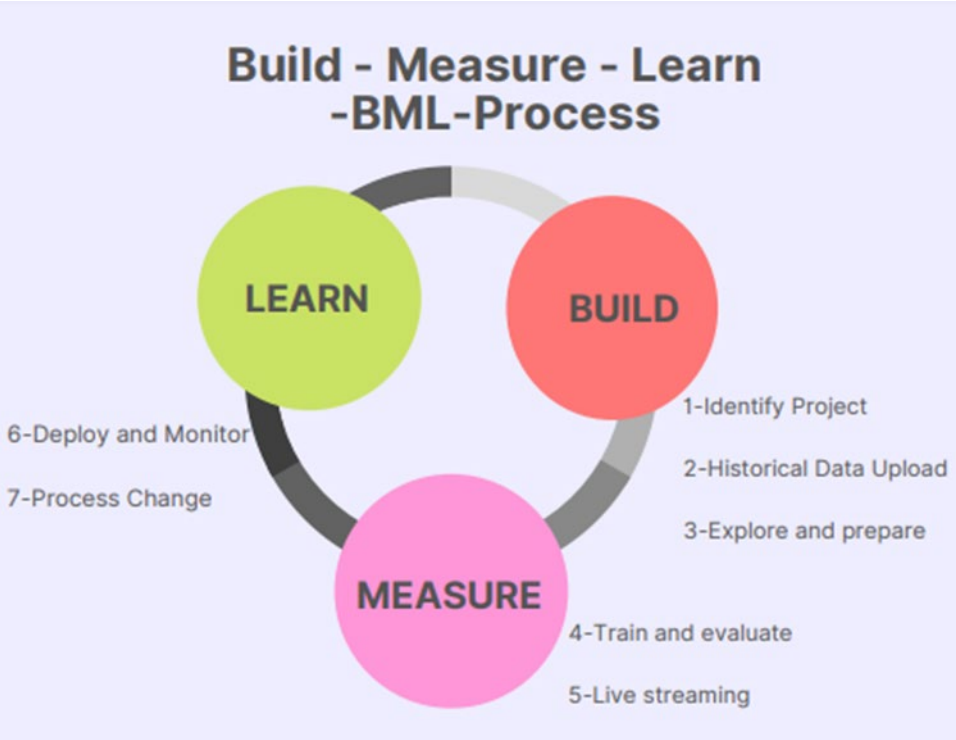


Figure 1- Lean startup process structured as Build–Measure–Learn (BML), and the seven steps followed in the case. Source: Authors.

V. RESULTS AND DISCUSSION

Based on the thermal efficiency of each boiler, the LCP platform estimates the optimum fuel required for each boiler while ensuring overall steam production meets demand.

By utilizing the LCP Al platform's predictive models, the food company optimized multiple gas turbines, lowering fuel costs by 4%, with the carry-on impact of reducing greenhouse-gas emissions by 10+ million pounds of CO2 per year. Not only has this contributed to the company meeting its overall sustainability targets, it has helped the plant to significantly reduce energy costs. Besides, various temperature and pressure set points were programmed to produce the required moisture. These set parameters could generate inconsistent moisture levels, however, and force operators to check moisture content every two hours and adjust the set points manually. Such a highly dynamic process can result in large food wastage when optimal quality is not achieved.

Impressed by the progress made, the continuous improvement team and the operations team were convinced that further gains could be achieved if the model generated forecasts within shorter time intervals.

Since the implementation of LCP AI, the industrial company has not only increased thermal efficiency by 5.09% but has also cut CO2 emissions by 9 million pounds, saving energy costs worth $330,000.

VI. CONCLUSIONS

The case seems to be useful to clarify the way a traditional factory could be made more efficient by AI solutions. The adoption of the LCP through an agile methodology impact in shortening the adoption times, and by easing the co-creation of the model be-tween the industrial and software people.

The adoption methodology and the LCP also impacts in achieving one of I5.0 pillars, the centrality of people. The process engineers were involved from the first time and then they

understood the solution and its benefits achieving a strong compromise with the improvement project.

The application of AI played a central role in improving the company's operations, helping it accomplish significant sustainability objectives it had identified.

A point to consider is the need of an integrated architecture. This could be a weak-ness for many traditional industries. The case was developed in a plant with a mature architecture that eased the evolution towards the use of AI, this is a strength for this company that is not common in many other firms.

I5.0 presents a model for the next level of industrialization, advocating for intelligent supply chains and hyper customization. The integration of data and AI in industrial decision-making is at the core of this new vision, providing the basis for a cognitive shop floor. This vision however is weakened in many industries by missing coordination between the operation and technology domains, demanding an immediate solution.

Future research lines intend to go deeper into the I5.0 model to analyze solutions that facilitate the adoption of AI in industrial processes to gain supply chain resilience.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank a research project that made possible the content of this article. The projects is "Mejora de Procesos, Optimización y Data Analytics: Aplicación en Procesos e Industrias de Interés Regional Mediante Estudios de Casos Reales", approved by Resolution of the UNLZ Engineering Faculty.

REFERENCES

[1] A. C. Bock, U. Frank (2021). Low-Code Platform, Bus Inf Syst Eng 63(6):733–740

[2] M. Di Nardo, H. Yu, (2021). Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. Special Issue Appl. Syst. Innov. 4, 45.

[3] M. Doyle-Kent, M.; Kopacek, P. (2020) Industry 5.0: Is the manufacturing industry on the cusp of a new revolution? Adv. Mech. Eng., 432–441.

[4] F. Walas Mateo, A. Redchuk, J. E. Tornillo. Industry 5.0 and new business models in mining. Adoption Case of Machine Learning to optimize the process at a copper Semi Autogenous Grinding (SAG) Mill. July 2022. 5th European IEOM Rome

[5] B. Chander, S. Pal, D. De, R. Buyya. (2022). Artificial Intelligence-based Internet of Things for Industry 5.0. In: Pal, S., De, D., Buyya, R. (eds) Artificial Intelligence-based Internet of Things Systems. Internet of Things. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87059-1_1

[6] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, M. Breque, L. De Nul, A. Petridis- (2021). Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry, Publications Office, https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407.

[7] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, J. Müller. (2020). Enabling Technologies for Industry 5.0: results of a workshop with Europe's technology leaders, Publications Office, https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634

[8] A. Redchuk, and F. Walas Mateo (2022). New Business Models on Artificial Intelligence—the Case of the Optimization of a Blast Furnace in the Steel Industry by a Machine Learning Solution. Applied System Innovation. 5(1):6. https://doi.org/10.3390/asi5010006.

[9] S. Teske, K. Nagrath. (2022) Global sector-specific Scope 1, 2, and 3 analyses for setting net-zero targets: agriculture, forestry, and processing harvested products. SN Appl. Sci. 4, 221. https://doi.org/10.1007/s42452-022-05111-y

[10] UN General Assembly. "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development" United Nations (UN), Oct. 2015.
[11] J.P.U. Cadavid,; S. Lamouri, B. Grabot, R. Pellerin, A. Fortin. (2020) Machine learning applied in production planning and control: a state-of-the-art in the era of industry 4.0. Journal of Intelligent Manufacturing, pp. 1–28.
[12] International Society of Automation. Available online: https://www.isa.org/ (accessed on 1 July 2022).
[13] International Electrotechnical Commission. Available online: https://www.iec.ch/ (accessed on 1 July 2022).
[14] ISA95, Enterprise-Control System Integration. Available online: https://www.isa.org/isa95/ (accessed on 1 July 202.
[15] L. Patera, A. Garbugli, A. Bujari, D. Scotece, A. Corradi. (2022). A Layered Middleware for OT/IT Convergence to Empower Industry 5.0 Applications. Sensors, 22, 190. https://doi.org/10.3390/s22010190
[16] V. Manojlović, Ž. Kamberović, M.. Korać, M.. Dotlić. (2022). "Machine learning analysis of electric arc furnace process for the evaluation of energy efficiency parameters",2022, Applied Energy 307 118209 DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.118209
[17] H. Abukwaik, L. Sula, P. Rodriguez P. (2022) "TopSelect: A Topology-based Feature Selection Method for Industrial Machine Learning". Proceedings - 1st International Conference on AI Engineering - Software Engineering for AI, CAIN 2022, 46,47. 10.1145/3522664.3528618
[18] X. Huang, S.H. Hong, M. Yu, Y. DIng, J. Jiang. (2019). "Demand Response Management for Industrial Facilities: A Deep Reinforcement Learning Approach". IEEE Access. 7, 8742652, 82194,82205, 21, 10.1109/ACCESS.2019.2924030
[19] J. Cabot (2020). Positioning of the low-code movement within the field of model-driven engineering. In Proceedings of the MODELS'20: ACM/IEEE 23rd International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, Virtual Event, Canada, 18–23 October 2020.
[20] E. Ries (2011). The Lean Startup. New York: Crown Business.
[21] T.H. Davenport (2020). Is AI Getting Easier? Forbes Media LLC.: New York, NY, USA, 2020.
[22] Azure Website. 2022. Available online: https://azure.microsoft.com/ (accessed on 22 July 2022).
[23] S. Blank (2013). Why the Lean Startup changes everything. Harvard Business Review, May 2013.
[24] W. R. Kerr, , R. Nanda, M. Rhodes-Krop. (2014). Journal of Economic Perspectives. Volume 28, Number 3, 2014. Pages 25–48. DOI: 10.1257/jep.28.3.25

Electrical Hazards and Protection

Mehmet Fatih ÇAKAR

*mfatihcakar@aydin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3091-5810
Electrical and Electronics Engineering, Istanbul Aydın University, Turkey

Abstract: When electrical works are compared to the other jobs, it is seen that the risk is higher in electrical works. People working in these works should always be on alert since electrical works don't accept even the slightest mistake. Unfortunately, many people die every year due to electrical accidents. In addition, electricity is the most important cause of fires that cause thousands of deaths and injuries every year. For this reasons, electrical works require much more precautions. Today, many equipment against electricity are used, but among these equipment, the most important equipment used to provide life safety and protection against fire is residual current devices (RCDs). Since residual current devices which are not used at the required value do not provide the necessary protection, it is necessary to pay attention to the values of the residual current devices used. On the other hand, considering the working principle of residual current devices, it is seen that not every electrical installation is suitable for the use of these equipment. Therefore, the use of residual current devices in every electrical installation is out of question. In such cases, different methods are used instead of residual current devices to provide protection against electricity. If safety is understood and defined properly and necessary precautions are taken, significant results and great improvements can be achieved for human safety. Fires caused by electricity can also be reduced by the correct implementation of these measures. In this study, an overview of protection against direct and indirect contact with electricity, types of protection against electricity, additional protection provided by residual current devices, types of residual current devices, implementation of earthing systems and the relation of residual current devices with earthing systems will be provided in the light of relevant regulations and standards.

Keywords: *Safety, Precaution, Direct Contact, Indirect Contact, Residual Current Devices, Earthing Systems, Standards, TT Systems, TN Systems, IT Systems*

I. INTRODUCTION

ELECTRICITY has an important place in our modern life as our need for energy increases with the development of technology and industrialization [8]. On the one hand, the capacity of electricity generation, transmission and distribution increases, on the other hand electrical safety needs increases. While some employees work directly with electricity, some employees work with electricity indirectly [1,2]. There occurs electrical shock when human body touchs directly to the electrical current or any equipment that has direct connection with the electrical current. Depending on the electrical severity, electricity could cause fires, damage to propert, burns to skin and even death. Therefore, these occupational groups have higher degree of electrical hazard. Many deaths, injuries and fires due to electrical are already reported each year [2,6]. In order to increase the understanding and knowledge of electrical hazards, there have been important additions and revisions to electrical regulations and standards over the last 10-15 years [14,16]. With these standards and regulations, it is aimed to protect the workers working on or near the exposed live electrical parts and devices operating with voltage of 50 V and more.

Electrical safety is very important since it is not possible to realize apparently the amount of current carried by a bare conductor or a cable. In other words, we can not understand whether a conductor is dead or live [3]. This appearance can guide us wrong. When the causes of electrical accidents are investigated, it is seen that this is the main source of many of these accidents. If the proper safety precautions are taken, most of the electrical accidents could be minimized. Safety can be provided by protective measures such as fuses, cutters, isolators, seperators, arc horns and surge arresters [5]. In addition to these protective measures, there is another significant protection which is earthing system. Basic precautions to be taken against electricity have been expressed in the studies done so far, but detailed information about earthing systems has not been mentioned. In the studies, it is very rarely mentioned how the residual current devices are applied to the earthing systems.

The main purpose of this study is to mention the implementation of earthing systems and introduce the residual current devices which is an additional protection against electric shock. Based on standards and regulations, fundamentals information will be given about protective precautions against electric shock and measures against electrical fires in this study.

Chapter II explains separately the precautions to be taken against direct contact, against indirect contact and against both indirect and direct contact. The next chapter introduces residual current devices (RCDs) used for additional protection. The working principle of RCDs and the types of RCDs are also explained in this chapter. Chapter IV provides information about fire protection. The next chapter clarifies the earthing systems, which is one of the important measures to be taken against electrical hazards. This chapter also provides information about TT, TN-C-S, TN-S, TN-C and IT earthing systems and explains the connections of residual current devices with these systems. The last chapter is the conclusion of electrical hazards and protection.

II. TYPES OF PROTECTION AGAINST ELECTRIC SHOCK

When there is a direct contact between human body and electrical current or between human body and a part of a device which is in direct contact with electrical current, electrical shock occurs [4]. If there is an electrical shock, risk assessment must be performed and necessary precautions must be taken to prevent the person being injured due to electrical shock [18].

The goal of implementation of protective measures is making make live electrical parts inaccessible and creating a non-hazardous environment for accessible conductive parts. While taking these measures, various parameters such as climatic conditions, mechanical stresses, ambient temperature, capability of persons, presence of water and area of contact of persons have to be taken into account [12].

A. Protection Against Direct Contact

Direct contact refers to a person's direct contact with a part of an energized equipment or device for reasons such as malfunction, carelessness and clumsiness [15]. There are different ways to provide protection against direct contact.

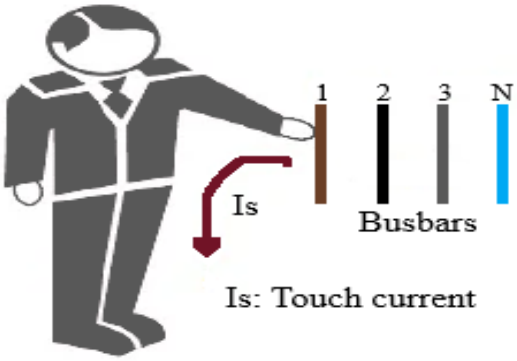


Fig. 1. Direct contact

A.A. Protection by insulation

In order to protect the cables and the other commonly used devices (portable tools and household appliances, etc.) against electric shock, insulation measure is used. By covering the live parts of these equipments with insulation, protection is provided. The insulating materials must have the properties of electrical, mechanical, thermal and chemical durability to achieve an efficient protection.

A.B. Protection by barriers and enclosures

By placing the live parts inside enclosures and behind barriers, it is aimed to ensure protection for all contact with these live parts. Protection with barriers and enclosures is the most widely used measure. Equipment used as enclosures or barriers must have at least IP 2X or XXB protection degree to achieve an efficient protection [27].

A.C. Protection using obstacles

The purpose of this precaution is to prevent unintentional contact with the energized parts by using obstacles such as grids and guardrails. However, they do not prevent contact in the case of deliberate disruption of the obstacles.

A.D. Protection by distance

Protection by distance which is also known as protection by placing outside the reach zone should only be intended to provide protection for unintentional contact with energised parts. There should be minimum 2,50 m between two parts. If there is a distance less than 2,50 m between two parts, these parts are considered simultaneously accessible parts. The parts at different voltages and simultaneously accessible should not be within hand reach distance [20].

B. Protection Against Indirect Contact

Indirect contact implies the contacting with a conductive part of an equipment or a device which accidentally energized (normally earthed and dead) because of insulation fault as shown in Fig. 2.

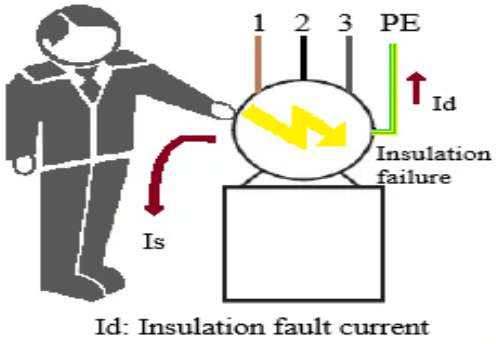


Fig. 2. Indirect contact

This insulation fault can be detected and eliminated rapidly so that anyone can be prevented from coming into contact with conductive parts. There are number of ways to take precautions against danger of indirect contact.

B.A. Protection by automatic disconnection of the power supply

Automatic disconnection of the power supply is required if there is a risk of hazardous physiological effects on the person emerging from the duration and value of contact voltage when a fault occurs. The coordination of the characteristics of the protective devices and protective conductors is necessary in these systems. Moreover, earthing type used in the system is required.

B.B. Protection by class-II equipment

When there is a fault in the basic insulation, hazardous voltages occur on an exposed conducting parts of an electrical device. The main goal of this precaution is to prevent the formation of these hazardous voltages. Class-II devices are also defined as ''double insulation'' because an additional insulation is used to the basic insulation [12,17]. There are two physically separated protecting and functional insulations between any possible point of external contact and internal live conductors in double devices [19]. Protection should be ensured either by additional insulation, electrical equipment or reinforced insulation. The symbol of Class-II equipments is shown in Fig. 3.

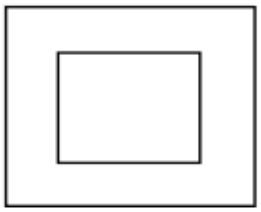


Fig. 3. Class-II equipment symbol [12]

B.C. Protection in non-conductive locations

The purpose of this protection method is to avoid synchronous contact with parts that may have different voltages because of the fault of the basic insulation of the parts under voltage. Therefore, it is very important that the walls and floor are insulated. In addition, there should be no protective conductors in the non-conductive locations. This protection method must not be used in some private facilities and where there is a high risk of electric shock.

B.D. Protection by local equipotential bonding not-connected to earth

This precaution is aimed to prevent the occurance of dangerous voltages. Equipotential bonding conductors must interconnect all outer conducting parts and simultaneously accessible parts. There must not be direct electrical contact between earth and local equipotential bonding system over exposed conductive parts.

B.E. Protection by electrical separation

This protection measure is used in a circuit to prevent electric shock currents by contact with exposed conducting parts that may be energized by a fault in the basic insulation of that circuit. The circuit must be fed through a separation source such as separation transformer or a current source ensuring an equal degree of safety. The live parts of the separated circuit must not be connected to any point of another circuit or to ground [11,27]. The exposed conducting parts of the separated circuit must not be connected either to the protective conductor or to the exposed conducting parts of other circuit when only one part of the device is supplied. All these exposed conducting parts of separated circuit must also be connected by an equipotential bonding conductor which is insulated and not connected to the earth.

C. Protection Against Both Indirect Contact and Direct Contact

Extra-low voltage (ELV) systems should be used to obtain protection against both indirect and direct contact. Voltages such as 24 V and 12 V are used as extra-low voltage and the upper limit value for this voltage is considered to be 50 V. Extra-low voltage system is used in places where the risk is high such as wandering-lead hand lamps and swimming pools.

C.A. Protection by safety extra-low voltage (SELV)

Safety extra-low voltage should be used if there is a serious danger when electrical equipment is operated. In order to ensure protection, a non-hazardous voltage which is supplied by a safety source is used. Live parts of safety extra-low voltage circuits must not be connected to earth, protective conductors and live parts of other circuits [27]. Moreover, exposed conductive parts of these SELV circuits must not be intentionally connected to the exposed conducting parts and protective conductor parts of another circuit or to earth. Sockets and plugs used in SELV circuits must be special to avoid connection to a different voltage level.

C.B. Protection by protective extra-low voltage (PELV)

Protective extra-low voltage is used where there is no high risk, or in other words, where SELV is not required. Except these places, this system is preferred for safety purposes where low voltage is necessary. The opinion of both PELV system and SELV system are similar, but in PELV systems the extra-low voltage circuit is connected to earth while in SELV systems the extra-low voltage circuit is not connected to earth.

C.C. Protection by limiting the discharge energy

Protection against direct and indirect contact can be provided together if an equipment in which the energy discharge is limited contains relevant tools for limiting the currents to be below the values that may cause danger. The circuits using this protection method should be separated from all other circuits as in SELV circuits. The equipment on which this precaution is applied must limit the current that can pass through the body of humans and other living things to a safe value.

C.D. Protection by functional extra-low voltage (FELV)

Additional measures should be taken to obtain protection against both indirect and direct contact where for functional reasons not all the requirements for SELV or PELV systems can be fulfilled, and where SELV and PELV systems are not required. The combination of these additional precautions is called functional extra-low valtage.

III. ADDITIONAL PROTECTION

Safety against electrical accidents can be achieved by having the perfect structure of devices and installations. However, for various reasons such as tear and wear of insulation, improper maintenance, accidental contact, carelessness, and immersion in water cause fault conditions, which require additional protection. This additional protection is ensured by highly sensitive RCDs which can automatically cut off the power and prevent death and injury with enough rapidity.

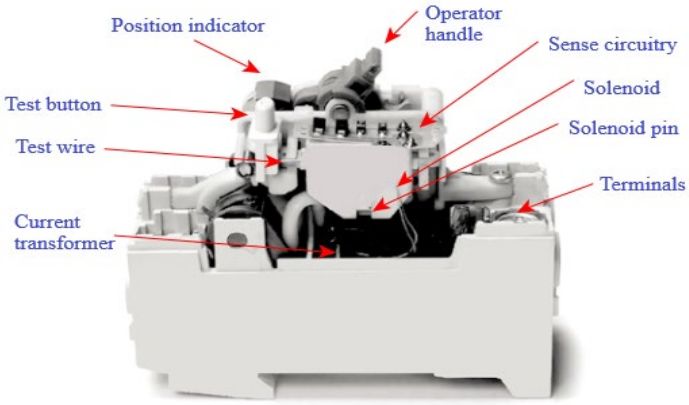


Fig. 4. Structure of RCDs

A. Working Principle of RCDs

The main purpose of using residual current devices is to take precautions against indirect contact. If high sensitive residual current device model is used, it has also an additional contribution against direct contact. The basic working principle of residual current devices is based on the difference between entering current and leaving current in the circuit they are used for protection. This protection equipment continuously measures the difference value between these currents. As long as the difference between incoming current and outgoing current is zero, everything is normal. If the difference value is not zero, it means that there is a fault tor leakage current [11]. When the fault current value (difference value) reaches the adjusted threshold value of the residual current device, it disconnects the circuit's power automatically thanks to a current-sensing relay and a magnetic core. This event must occur in under 30 ms. In order to provide an enough sensitive protection against contact with live parts, residual current devices are rated at 30 mA of residual current as specified in respective standards [24,25,26].

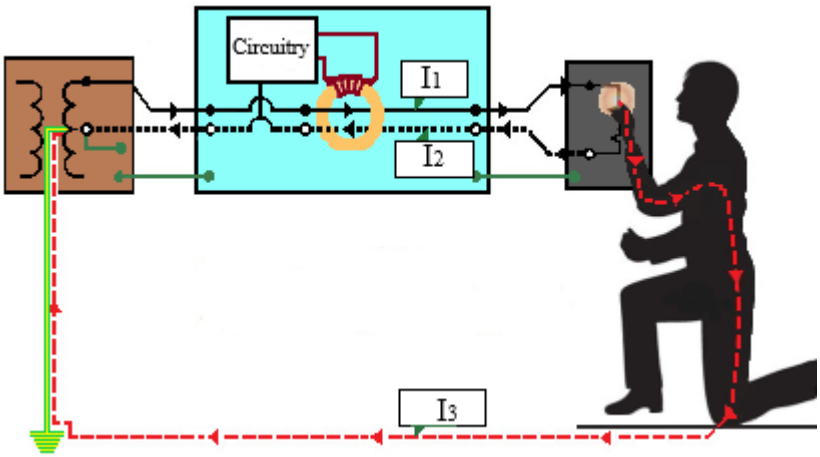


Fig. 5. Working principle of RCDs

A healthy circuit in normal conditions has such equation:

$$I_1 + I_2 = 0 \tag{1}$$

As shown in Fig. 5, I_1 can be considered as current in positive direction and I_2 can be considered as current in negative direction. If the sum of these currents is zero, there is no fault current, Otherwise, there will be a leakage current which is I_3.

B. Types of RCDs

The suitable types of RCDs should be used to ensure a proper protection since the waveforms of the leakage residual current could be various. Different types of RCDs are defined in the relevant standard, IEC 60755.

B.A. Type AC

Type AC of RCDs is the most widely used type of RCDs. It is suitable to protect inductive, resistive or capacitive equipment and also equipment without any electronic components by detecting the alternating sinusoidal residual current. Type AC of residual current devices is designed to detect and respond to only AC sinusoidal wave currents. This type devices are widely used in circuits with distorted earth fault current [23]. Type AC is appropriate for circuits such as electric showers, hob, tungsten lighting, oven and immersion heater.

B.B. Type A

Type A of residual current devices has the same characteristics as Type AC since this type is used to detect sinusoidal alternating residual current. In addition, Type A is used for pulsating direct residual current. Type A RCDs are designed to take protection for equipment with electronic components. Electronic components are installed in circuits such as Class-I IT equipment, lighting equipment, inverters, induction hobs and power supplies for Class-II equipments.

B.C. Type F

Type F is a new type of residual current device introduced recently in standards. In addition to the applications of Type AC and Type A, Type F RCDs are designed to use for frequency controlled equipment and appliances. Washing machines, air conditioning controllers with

variable speed drivers, dishwashers, some Class-I power tools and tumble driers which contain synchronous motors are the examples of this equipment.

B.D. Type B

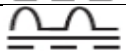
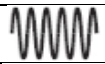
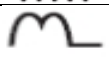
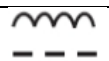
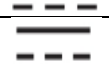
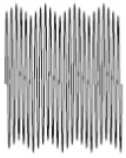
Type B RCDs are suitable for applications of Type F, Type A and Type AC since this type has the characteristics of detecting sinusoidal AC, smooth DC, pulsating DC and composite of multi-frequency residual currents. Type B devices are additionally intended to be used for three phase and single phase equipment. Inverters, industrial machines, photovoltaic systems, welding equipment, lifts, uninterruptible power supplies (UPS) and escalators are the examples of this equipment.

B.E. Type S

Type S is a time-delayed residual current device. In order to provide selectivity in systems, this type RCDs is used. Type S is not useful for additional protection since it trips over the required time.

The person who will use the residual current devices should be aware of the features of the equipment to be installed in order to prevent undesired trips. Selective type and short time delayed of these protective devices are recommended [21].

TABLE I
TYPES OF RESIDUAL CURRENT DEVICES

Current Waveform	AC	A	F	B
	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓
		✓	✓	✓
		✓	✓	✓
		✓	✓	✓
			✓	✓
			✓	✓
				✓
				✓
				✓
				✓
				✓
				✓

IV. PROTECTION AGAINST ELECTRICAL FIRES

According to investigations, approximately 2.000.000 fires, which causes thousands of death and injury are reported every year in Europe. The most important cause of these fires, which mostly occur in buildings, is identified as electricity. Short circuits and overloads

(overcurrents), overvoltages, earth faults, electric arc in connections and cables are the causes of electrical fires.

Fault currents can not be detected by overcurrent protection devices that can provide preliminary protection such as fuses or automatic fuses since they are partially or even more below the rated currents of the overcurrent protection devices. At currents slightly exceeding the rated current of the overcurrent protection devices, tripping occurs only after a long time [10]. For these reasons, residual current devices with a value of 300 mA are used for fire protection, while residual current devices with a value of 30 mA are used for life protection [28].

V. EARTHING SYSTEMS

The connection of all exposed parts and all metal parts in electrical installations with earth in a conductive manner with the help of an electrode is called ''earthing''. Earthing is necessary to protect life safety as well as to operate machines properly [7]. With the installation of earthing system it is aimed to provide a healthier and safer working environment by earthing the static electricity and leakage currents on the electrical equipment or facility. For this purpose, neutral, protection and functional earthing systems are generally installed. Electrical systems are divided into three classes as TT, TN and IT systems according to their earthing types. The first letter used to describe the earthing systems refers to connection of the power system to the earth and the second letter refers to connection of the exposed conductive parts of the installation to the earth.

The meaning of codes used as first letter in earthing systems are as follows:

T: Using the first letter as T denotes a direct connection of a point to earth.

I: Using the first letter as I means that all live parts are disconnected from earth or all live parts are connected from one point to earth via an impedance.

The meaning of codes used as second letter in earthing systems are as follows:

T: Electrical connection of all exposed conducting parts directly to the earth, regardless of earthing of any point of the power system means that the letter T is used as the second letter.

N: The meaning of using second letter as N is electrical connection of exposed conducting parts directly to the earthed point of the power system which is neutral point or a phase conductor.

If there is a next letter after the second letter, there is the arrangement of the protective and neutral conductor. The codes of these letters are as follows:

S: Using the letter after the second letter as S means that the protection function is provided by a conductor other than the earthed line conductor or neutral conductor.

C: Connecting protective and neutral conductors via a single conductor means that the letter C is used after the second letter.

In addition, from the conductors used in the following figures, PE represents protective conductor and PEN represents neutral acting as protective conductor [22]. Symbols of protective conductor (PE),neutral conductor (N) and combined protection and neutral conductor (PEN) are shown in Fig. 6.

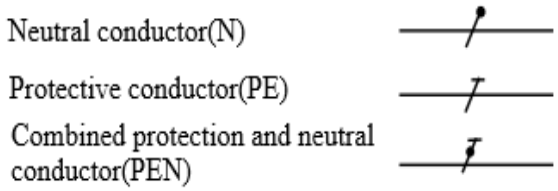


Fig. 6. Symbols of N, PE and PEN conductors [9]

A. TT Systems

In TT systems, the earthing point of the system is connected directly to earth and exposed conducting parts (bodies) are connected to earthing electrodes different from the earthing electrodes of the system.

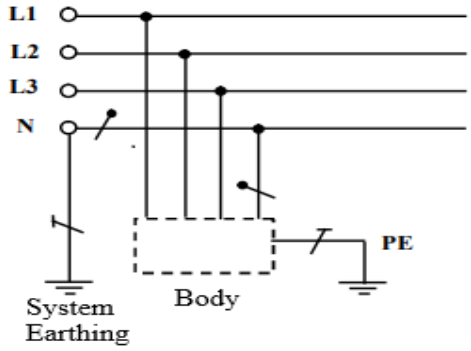


Fig. 7. TT system [9]

The use of RCDs and overcurrent devices is accepted in TT systems.

B. TN Systems

In TN systems, the exposed conducting parts(bodies) of the installation are connected to system earthing with protective conductors while the earthing point of the system is connected directly to earth. Depending on the arrangement of the protective conductor (PE) and neutral conductor (N), there are three types of the TN system.

The use of RCDs and overcurrent devices is accepted in TN systems, but there are some exceptions for system types.

B.A. TN-C system

In the TN-C system, neutral conductor and protective conductor are combined in a single (common) conductor (PEN) throughout the system as shown in Fig. 8.

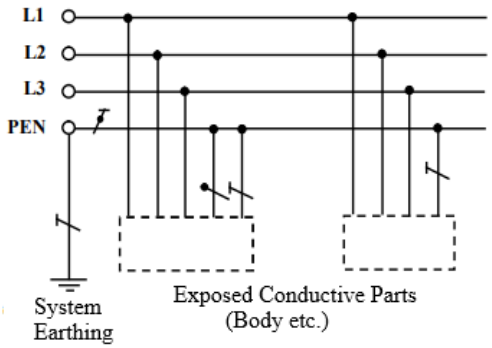


Fig. 8. TN-C system [9]

RCDs should not be used in this system.

B.B. TN-S system

A separate neutral conductor and a separate protective conductor are used throughout the entire system in the TN-S systems.

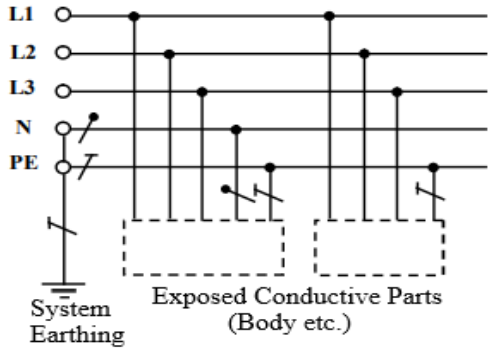


Fig. 9. TN-S system [9]

RCDs can be used in TN-S systems.

B.C. TN-C-S system

In the TN-C-S system, the neutral function and protective function are combined in a common (single) conductor in one part of the system and these functions are used separately in another part of the system.

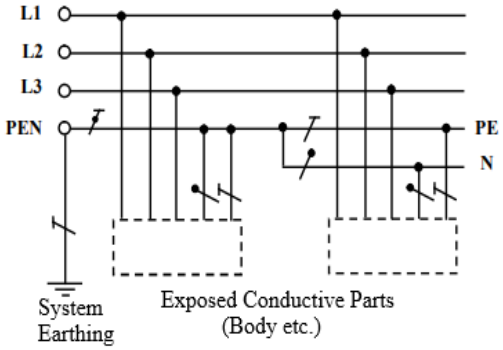


Fig. 10. TN-C-S system [9]

Combined neutral and protective conductor (PEN) must not be used on the load side if a RCDs is to be used in this system. The PEN conductor and the protective conductor must be connected to each other on the source side of the RCDs.

C. IT Systems

In IT systems, the earthing point of the system is connected to earth via an impedance such as inductance coil or resistor, or the earthing point of the system is not connected to earth. Moreover, the exposed conductive parts (bodies) are connected to the earthing electrodes of inductive coils or resistor, or bodies are connected to earth separately.

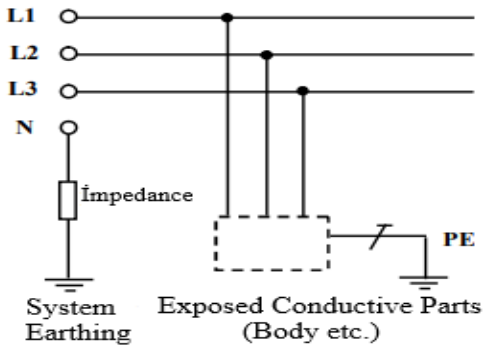


Fig. 11. IT system. The earthing point of the system is not connected to earth [9].

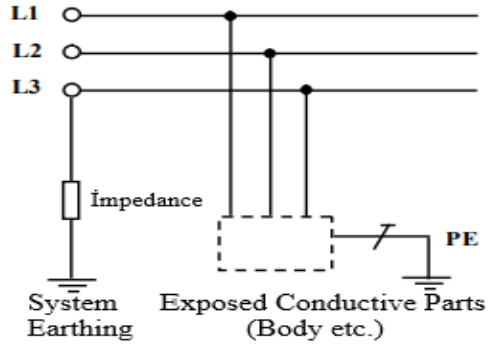


Fig. 12. IT system. The earthing point of the system is connected to earth via an impedance [9].

Residual current devices, overcurrent devices and insulation monitoring devices are used in IT systems.

VI. CONCLUSION

Hundreds of workers die due to electrical hazards each year. When we look at the recent investigations, it is seen that the main causes of these deaths are inadequate or improper earthing system of electrical components, failure to completely or properly cut off the energy prior to maintenance and working on live equipment intentionally [13]. Besides deaths, shocks, burns and fires can be other consequences of electrical hazards. In this scope, if necessary measures are taken properly based on the regulations and standards, these results can be reduced, although not completely eliminated.

In this study, precautions to be taken against direct contact, against indirect contact and against both indirect and direct contact have been expressed based on standards and regulations. Afterwards, the working principle of residual current devices, the types of RCDs and the current values of RCDs which should be used to provide life safety and protection against fire have been specified. In addition, the earthing system, which is one of the important measures to be taken against electrical hazard has been explained. The earthing systems TT, TN-C-S, TN-S, TN-C and IT systems have been clarified and it has been stated whether residual current devices are suitable for these earthing systems. Along with all the precautions mentioned in this study, electricity users should be well informed about electrical hazards and safety precautions. Moreover, awareness should be created.

REFERENCES

[1] Ezennaya, S. O., F. O. Enemuoh, and V. N. Agu. "An Overview Of Electrical Hazards And Safety Tips: On The Job/Office And Home Awareness Call." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 8.5 (2017): 466-472.

[2] Elsayed, Doaa Mohamed Sobhy, and Hanem Awad Mekhmier. "Awareness of electricity workers regarding occupational health hazards: preventive study." *Am J Nurs Res* 5 (2017): 219-25.

[3] Avik, Manik C. Ghosh1 Raju Basak, and Ghosh3 Writwik Balow4 Ayan Dey. "An Article on Electrical Safety."

[4] Zhao, Dong, Jason Lucas, and Walid Thabet. "Using virtual environments to support electrical safety awareness in construction." *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*. IEEE, 2009.

[5] İNCEKARA, Nasip Gül, and İş Sağlığı. "YÜKSEK VE ORTA GERİLİM İLETİMİNDE İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ SORUNLARI ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ."

[6] Pirttimäki, Heidi. *Safety in Electrical Work*. MS thesis. 2013.

[7] BURUNKAYA, Mustafa. "Statik Elektriğe Karşı Koruma için Güvenli Bir Topraklama Sistemi ve Antistatik Çalışma İstasyonunun Kurulması." *Politeknik Dergisi* 11.2 (2008): 93-98.

[8] Boubaker, Sahbi, Souad Mekni, and Houssem Jerbi. "Assessment of Electrical Safety Beliefs and Practices: A Case Study." *Engineering, Technology & Applied Science Research* 7.6 (2017): 2231-2235.

[9] Elektrik Tesislerinde Topraklamalar yönetmeliği, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2001.

[10] YILMAZ, Yener, and Şerafettin ÖZBEY. "KAÇAK AKIM KORUMA CİHAZLARI." *Sakarya University Journal of Science* 7.2 (2003): 142-145.

[11] Legrand, "Electrical hazards and protecting persons"

[12] Schneider Electric,"Protection against electric shocks"

[13] Neitzel, Dennis K. "Electrical hazard analysis." *IEEE Industry Applications Magazine* 13.3 (2007): 12-16.

[14] Neitzel, Dennis K. "Understanding NFPA 70E electrical safety requirements." *2008 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference*. IEEE, 2008.

[15] https://www.ee.iitb.ac.in/course/~emlab/assets/shocks.pdf

[16] Roberts, Daniel. "Risk management of electrical hazards." *2012 IEEE IAS Electrical Safety Workshop*. IEEE, 2012.

[17] Uhunmwangho, E., A. F. Akinnifesi, and O. Afunlehin. "Ensuring safety and Protection against Electrical hazards." (2015): 1-14.

[18] Gordon, Lloyd B., and Tommy R. Martinez. "A complete electrical risk assessment method for all electrical hazards and its application." *2018 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)*. IEEE, 2018.

[19] Bernstein, Theodore. "Electrical shock hazards and safety standards." *IEEE Transactions on Education* 34.3 (1991): 216-222.

[20] https://www.emo.org.tr/ekler/b3418a8f6d9d018_ek.pdf

[21] Czapp, Stanisław. "Protection against electric shock using residual current devices in circuits with electronic equipment." *Elektronika ir Elektrotechnika* 76.4 (2007): 51-54.

[22] Mitolo, Massimo. "Shock hazard in the presence of protective residual-current devices." *IEEE Transactions on Industry Applications* 46.4 (2010): 1552-1557.

[23] Czapp, Stanisław. "Comparison of residual current devices tripping characteristics for selected residual current waveforms." *Elektronika ir Elektrotechnika* 100.4 (2010): 7-10.
[24] IEC 61008-1. "Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)-Part 1: General rules".
[25] IEC 61009-1. "Residual current operated circuit-brekaers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCOs)-Part 1: General rules".
[26] IEC 60755. "General safety requirements for residual current operated protective devices".
[27] HD 60364-4-41. "Low voltage electrical installations -Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock".
[28] Güner, R. "Elektrikte işçi sağlığı ve güvenliğinin temel unsuru: Kaçak akım röleleri." *Elektrik Mühendisliği* 447 (2013): 20-23.

Farklı Çelik Malzemeler Kullanılarak Geliştirilen Batarya Kutusunun İncelenmesi

Studying of Battery Box Developed Using Different Steel Materials

Esra DÖNMEZ[*,1], Ümit POLAT[2], Enes KURTULUŞ[3]

[*,1]: edonmez@coskunoz.com.tr, ORCID ID: 0000-0003-2325-6191
[3]: ekurtulus@coskunoz.com.tr, ORCID ID: 0000-0003-4271-8566
[1,3]: *Ar-Ge Departmanı, Coşkunöz Metal Form, Bursa, Türkiye*
[2]: *Makine Mühendisliği, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye*

Özet: Geleceğimizi son derece etkileyen küresel ısınma, çevre kirliliği ve sürdürülebilirlik gibi konular dünyanın dört bir yanından gelen tepkilerle birlikte büyük endüstrilerin gündemine oturmuştur. Özellikle otomotiv endüstrisi hava kirliliği ve küresel ısınmaya en çok etki eden sektörlerden biri olduğu için bu konuda oldukça dikkat çekmektedir. Otomobil sanayisi de bu eleştiriler karşısında çözümler üretmeye çalışmaktadır. Elektrikli otomobiller en iyi çözümlerden biri olarak görülmektedir.

Elektrikli araçların en önemli bileşenlerinden biri bataryadır. Çünkü çarpışma anında batarya modüllerinde yangın ve patlama riski bulunmaktadır. Bu nedenle hayati bir önem taşıyan bataryanın güvenli bir şekilde çalışması ve performansının zaman içinde kaybolmaması gerekmektedir. Batarya güvenliği konusunda en kritik eleman batarya kutusudur. Çünkü bataryayı herhangi bir yönden alabileceği darbelerden koruyan yapısal parçalar içermektedir. Batarya kutularında güvenliğin sağlanması adına ISO2626-2, UN38.3, ECE-R100, GB/T 34570 standartların olduğu bilinmektedir. Tüm bu standartlar pil dâhil tüm batarya kutusu çözümünü kapsama almaktadır. Pil olmaksızın, batarya kutusuna özgü indirgenmiş bir kabul şartı veya ilgili standart halen geliştirilme aşamasındadır.

Bildiriye konu olan bu çalışmada, batarya güvenliği konusunda hayati önem taşıyan batarya kutusunun farklı çelik malzemeler kullanılarak ürün geliştirmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda farklı çelik malzemelerin çarpışma davranışının incelenmesi ile karşılaştırma sağlanması hedeflenmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada rollform kesitlerin de bulunduğu batarya kutusu CATIA yazılımı ile tasarlanmış, geliştirilen tasarım üretilebilirlik kapsamında da değerlendirilmiştir. Ürün geliştirme sürecinden sonra LS-DYNA mühendislik yazılımı kullanılarak yandan çarpma analizi gerçekleştirilmiştir. Batarya kutusunun olası çarpışma durumunda sergileyeceği davranışlar (parça bazlı sönümlenen enerji ve modüller üzerindeki olası etkiler vb.) incelenmiştir. Her bir malzeme, aynı şartlarda sonlu elemanlar analizine tabi tutularak, elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler *— Batarya Taşıyıcı, Çelik, Rollform, Çarpışma Analizi, Yandan Çarpma Analizi*

Abstract: Issues such as global warming, environmental pollution, and sustainability, which affect our future immensely, have been on the agenda of major industries with reactions from all over the world. In particular, the automotive industry draws attention in this regard, as it is one of the sectors that most affect air pollution and global warming. The automobile industry

is also trying to find solutions to these criticisms. Electric cars are seen as one of the best solutions.

One of the essential components of electric vehicles is the battery. Because there is a risk of fire and explosion in the battery modules in the event of a collision. For this reason, the battery, which is vital, must operate safely, and its performance must not be lost over time. The most critical element in battery safety is the battery box. Because it contains structural parts that protect the battery from impacts from any direction. It is known that there are ISO2626-2, UN38.3, ECE-R100, GB/T 34570 standards to ensure safety in battery boxes. All these standards cover the entire battery box solution, including the battery. Without the battery, a reduced acceptance requirement or related standard specific to the battery pack is still under development.

In this study, the product development of the battery box, which is vital to battery safety, was made using different steel materials. As a result of the study, it is aimed to provide a comparison by examining the collision behavior of different steel materials.

The battery box design, including roll form sections, was modeled in CATIA software in the study carried out. The developed design was evaluated within the scope of manufacturability. After the product development process, side impact analysis was performed using LS-DYNA engineering software. The behavior of the battery pack in the event of a possible collision (part-based damped energy, generated reaction forces, possible effects on modules, etc.) has been investigated. Each material was subjected to finite element analysis under the same conditions, and the results were compared.

Keywords *— Battery Carrier, Steel, Rollform, Collision Analysis, Side Impact Analysis, Battery Box*

I. GİRİŞ

Elektrikli araçların en önemli bileşenlerinden biri olan bataryanın yanma veya patlama riskine karşı çarpışma durumlarında korunmasını sağlayan parçası batarya kutusudur. Şekil 1'de de görüldüğü gibi genellikle elektrikli araçların zemininde bulunmaktadır. Hayati önem taşımasından dolayı en kritik ve gelişime açık parçalardan biridir.

Bu kapsamda malzeme ve yöntem özelinde piller ve batarya kutusu üzerine dünya çapında çalışmalar büyük bir hızla sürdürülmektedir. Çalışma yapılmadan önce elektrikli araç, batarya kutusu yandan çarpma analizi özelinde yapılmış literatür araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre:

2014 yılında Zhenpo Wang, Jia Cui ve Jingyi Luo tarafından gerçekleştirilen "Analysis of Collision Safety of Power Battery System of Electric Bus with Simulation" adlı çalışmada, elektrikli bir otobüse yapılan yandan çarpma analizinde; batarya kutusu ile batarya arasındaki bağlantılar güçlendirilerek, çarpışma sırasında pil takımının yer değiştirmesi önemli ölçüde azaltmıştır. Buna ek olarak; çarpışma alanındaki rijitliği azaltmak ve enerji absorbsiyonunu arttırmak adına, elektrikli otobüsün iskelet tasarımında lokal zayıflatma gibi iyileştirmeler sayesinde enerji absorbsiyon oranında %20'lik bir artış gözlemlenmiştir. ***(1)***

2016 yılında Micheal Schaffer, Marco Münster, Ralf Sturm ve Horst E. Friedrich tarafından yapılan "Development of an Optimised Side Crash Concept for the Battery-Electric Vehicle Concept Urban Modular Vehicle" adlı diğer bir çalışmada; modüler olarak tasarlanan elektrikli bir aracın bataryasının güvenliğini arttırmak adına mevcutta olan sandviç yapılı alüminyum bir tasarıma optimizasyon çalışması yapılmıştır. Ortaya çıkan yeni tasarımda spesifik enerji emilimi yaklaşık %24 oranında arttırılmış, girişim ve deformasyon oranı ise %30 azaltılmıştır. ***(2)***

2021 yılında Weigao Qiao, Zhanxi Zhang, Dong Lu ve Lei Yu tarafından gerçekleştirilen "Study on Side Collision of Battery Boxes Based on HyperWorks" adlı çalışmada batarya

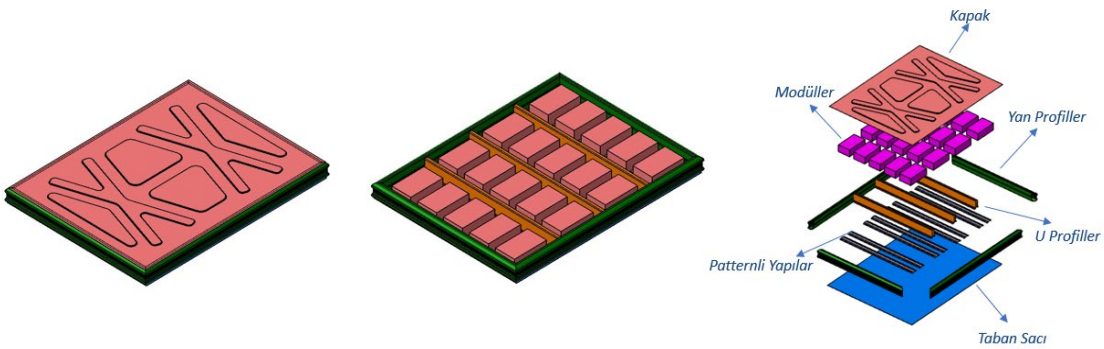
kutusunun güvenliğini arttırmak adına optimizasyon çalışmaları yapılarak maksimum deformasyon ve enerji emilimi değerleri iyileştirilmiştir. Optimizasyon öncesinde ciddi bir şekilde hasar gören hatta kırılma noktasına gelen batarya kutusu, optimizasyon sonrasında batarya kutusunun ortasında küçük bir deformasyonla sonuçlanmıştır. Bunun sonucunda yan taraflarından sıkıştırılan batarya kutusunun orta kısmının kolayca deforme olabileceği gözlemlenmiştir. ***(3)***

Bu çalışmada ise; DP800 ve MS1500 olmak üzere iki farklı çelik malzemeden geliştirilmiş batarya kutusuna yandan çarpma analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında DP800 çelikten tasarlanan batarya kutusu ile MS1500 çelikten tasarlanan batarya kutusu parça bazlı sönümlenen enerji, ortaya çıkan reaksiyon kuvvetleri, modüller üzerindeki olası etkiler gibi birçok parametre özelinde karşılaştırılmıştır.

Şekil 1: Örnek Bir Batarya Kutusunun Araçtaki Konumu ve Patlatılmış Görüntüsü ***(4)***

II. MATERYAL VE YÖNTEM

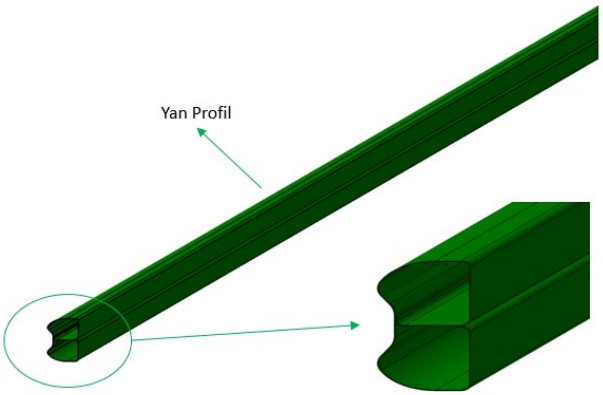
Çalışmada roll form kesitler odağında tasarlanan batarya kutusu CATIA V5 R30 mühendislik yazılımı kullanılarak ürün geliştirmesi tamamlanmıştır. Mevcut tasarım; pil hacimlerine ve aracın tasarım hacmine uygun olacak şekilde, yandan gelecek kuvveti absorbe etme yeteneğine sahip bir tasarım hedefleyen müşteri isterlerine göre gerçekleştirilmiştir. CATIA yazılımı kullanılarak tasarlanan batarya kutusu şu şekilde detaylandırılabilir:



Şekil 2: Tasarlanan Batarya Kutusunun tamamı, Kapaksız Hali ve Patlatılmış Görüntüsü

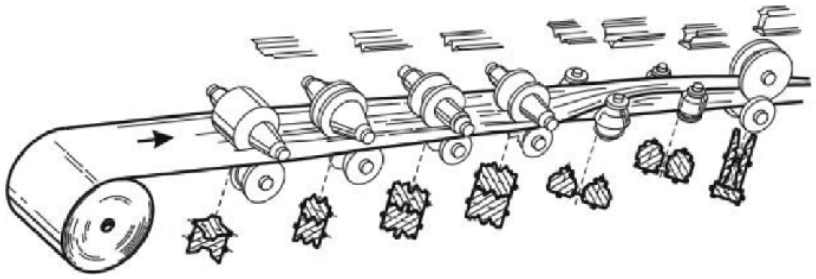
Şekil 2'de tasarlanan batarya kutusu görülmektedir. Batarya kutusu roll form kesitler odağında tasarlanmıştır. Toplam ağırlığı yaklaşık 85 kg'dır. Boyutları ise 1750 mm - 1350 mm şeklindedir. Batarya kutusu komplesine DP800 ve MS1500 olacak şekilde farklı malzemeler çalışılarak ürün geliştirmesi yapılmıştır. Şekil 2'deki patlatılmış görüntüsünde de görüldüğü gibi 6 farklı temel parça içermektedir. Bunlar aşağıdan yukarıya sırasıyla taban sacı, yan profiller, patternli yapılar, U profiller, modüller ve son olarak kapak parçasıdır.

Batarya kutusunun en kritik parçalarından olan yan profil detaylıca incelendiğinde uzun yan kesitler 3,5 kg, kısa yan kesitler 2,5 kg ağırlığındadır. Şekil 3'te de görüldüğü gibi yan kesitlere özgün bir tasarım yapılarak roll form prosesi odağında çalışılmıştır.



Şekil 3: Rollform Yan Profil ve Kesit Görüntüsü

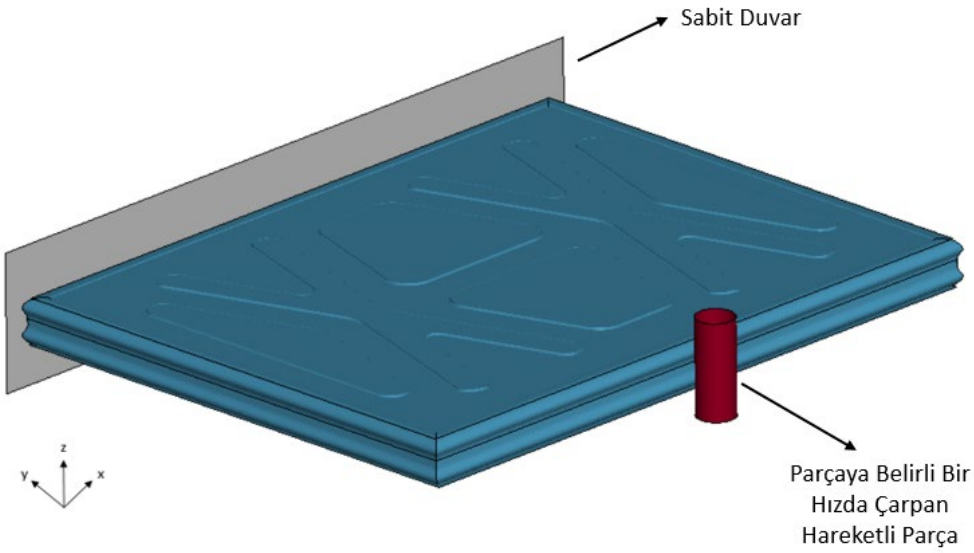
Şekil 4'te de görüldüğü gibi roll form prosesi, rulo haldeki sacın rulo açıcıda açıldıktan sonra formlandırma kalıbı olarak da adlandırılan merdaneler ve stantların arasından geçirilerek adım adım istenilen şekle sokulmasıdır. Avantajlarıyla birlikte elbette dezavantajları da bulunan bu proses otomotiv sektöründe aktif olarak kullanılan bir metodolojidir.



Şekil 4: Örnek Roll Form Prosesi ***(5)***

Mevcut batarya kutusuna tasarımı tamamlandıktan sonra LS-DYNA mühendislik yazılımı aracılığı ile yandan çarpma testini simüle eden analiz oluşturulmuştur. LS-DYNA yazılımı kullanılarak yapılan analiz şu şekilde detaylandırılabilir:

LS-Prepost uygulaması kullanılarak ağ örme (mesh) işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında LS-Prepost uygulamasında materyal, kontak, destek ve çarpışma parçası için rijit elemanları ve sınır koşulları atandıktan sonra *"China Crush GB/T 31467.3 2015"* standardı kullanılarak batarya kutusuna yandan çapı 150 mm olan "*vertical pole"* (silindirik direk) ile 100 kN kuvvet uygulanarak LS-DYNA çözücüsü ile çözdürülmüştür. Çıkan sonuçlar LS-Prepost uygulaması ile incelenmiştir. Bu sonuçlar odağında DP800 ve MS1500 olarak malzeme tanımı yapılan iki ayrı batarya kutusu için; modüllere gelen basınçlar, çarpmanın etki ettiği U profilin ve yan kesitin enerji emilimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5: Yandan Çarpma Analizi

DP800 ve MS1500 malzeme mekanik özellikleri şekil 6'da özetlenmiştir:

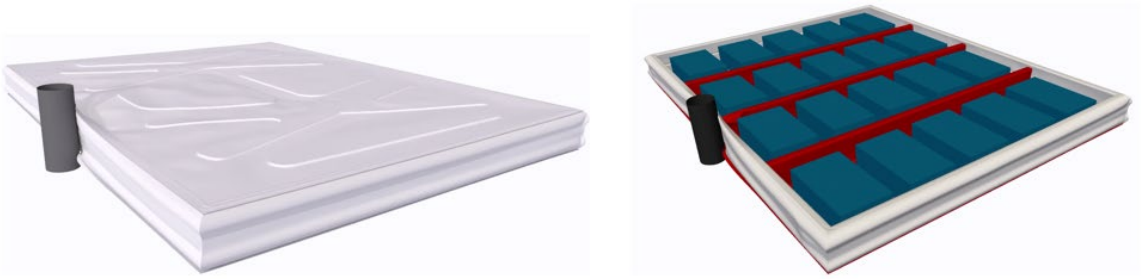
	DP800	MS1500
Akma Mukavemeti (MPa)	450-550	1220 - 1520
Çekme Mukavemeti (MPa)	780-900	1500 - 1750
Elongation A_{80} (%) min	18	3

Şekil 6: DP800 ve MS1500 Malzeme Mekanik Özellikleri ***(6)***

III. BULGULAR

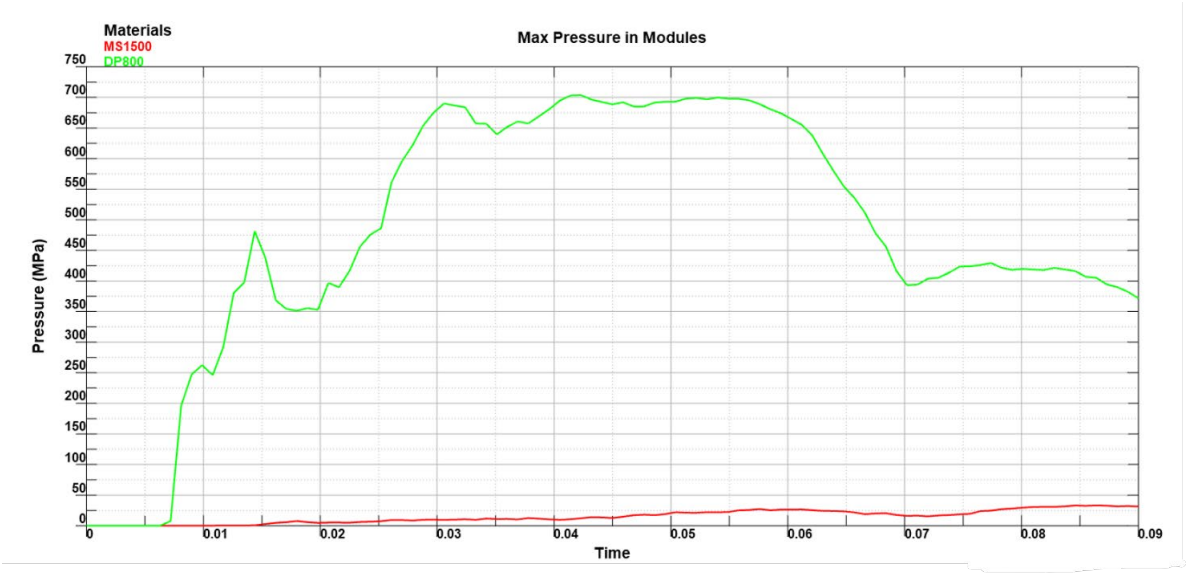
Çalışmada batarya kutusu tasarımı ayrı ayrı DP800 ve MS1500 malzeme kullanılarak LS-DYNA yazılımında analize tabi tutularak sonuçları incelenmiştir. Şekil 7 ve 8'de her iki malzemeden tasarlanan batarya kutusuna yapılan analizlerin simülasyon görselleri bulunmaktadır.

Şekil 7: DP800 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusuna Yapılan Yandan Çarpma Analiz Simülasyonu



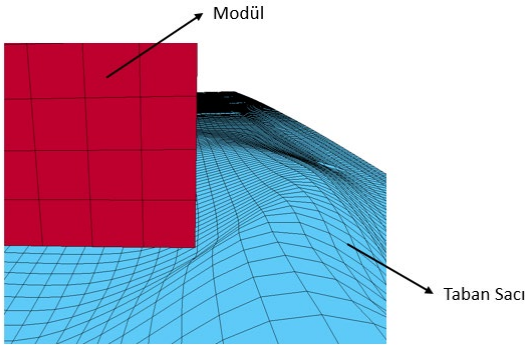
Şekil 8: MS1500 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusuna Yapılan Yandan Çarpma Analiz Simülasyonu

Sonuçlar incelenirken; ilk olarak Şekil 9'da da görüldüğü gibi batarya kutusu içerisinde bulunan modüllere gelen maksimum basınç değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 9: Batarya Kutusu İçerisinde Bulunan Modüllere Gelen Maksimum Basınç Değerleri

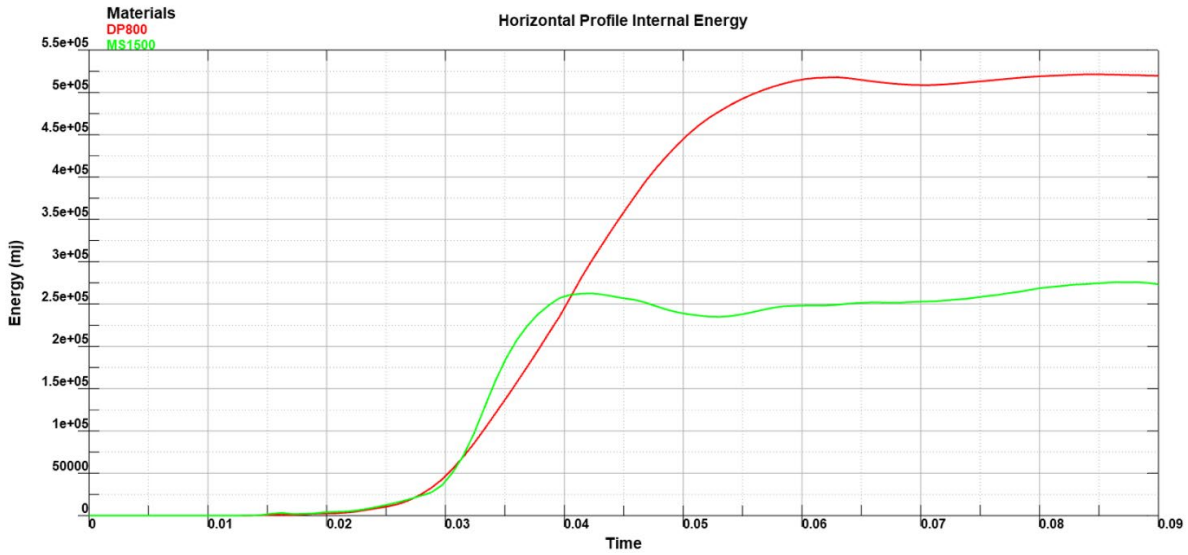
MS1500 malzeme kullanılarak tasarlanan batarya kutusunda modüllerde görülen maksimum basınç değeri ortalama 25 MPa civarındayken, DP800 malzeme kullanılarak tasarlanan batarya kutusundaki modüllerde maksimum basınç değeri 700 MPa olarak gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, MS1500 malzemede batarya kutusu neredeyse hiç bükülmediği için modüle herhangi bir parça tarafından çarpma durumu oluşmamaktadır. Öte yandan, DP800 malzeme ile tasarlanan batarya kutusunda Şekil 10'da da görüldüğü gibi taban sacı bükülerek batarya kutusuna oldukça yüklü miktarda basınç uygulamıştır ve sonucunda batarya modülünde patlama riski oluşturacak miktarda bir basınç meydana gelmiştir.



Şekil 10: DP800 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusunun Çarpışma Sonucunda Modülünde ve Taban Sacında Oluşan Görüntü

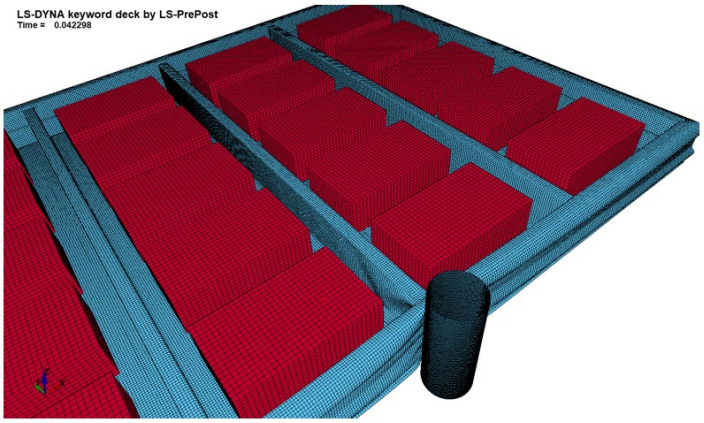
Daha sonra, şekil 11'de de görüldüğü gibi DP800 ve MS1500 malzeme batarya kutularında bulunan çarpmanın etki ettiği U profillerin enerji emilimleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlara baktığımızda batarya kutusuna yüklenen 100 kN kuvvetten sonra MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusunda kuvvetin etki ettiği U profil, ilk aşamada DP800 malzemeden tasarlanan batarya kutusundaki U profilden daha hızlı bir şekilde enerji sönümlemiştir.

Sonraki aşamada DP800 malzeme çok daha yüksek deformasyonlara maruz kaldığı için ortalama enerji emilimi yaklaşık $2{,}85 \times 10^5$ mJ seviyesindeyken MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusunda çarpışma etkisinde kalan U profilin ortalama enerji emilimi yaklaşık $1{,}63 \times 10^5$ mJ seviyesindedir.

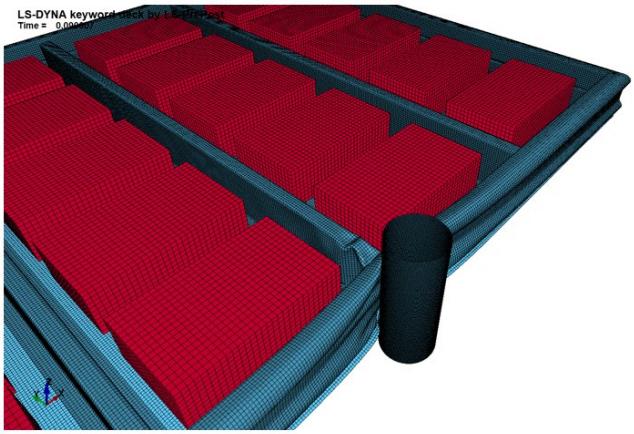


Şekil 11: DP800 ve MS1500 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusunun Çarpışmaya Maruz Kalan U Profilinde Görülen Enerji Absorbsiyonları

Ardından, Şekil 12 ve Şekil 13'de de görüldüğü gibi çarpmanın etkisinde kalan yan profillerin çarpışma davranışları sonucunda enerji emilim değerleri incelenmiştir.

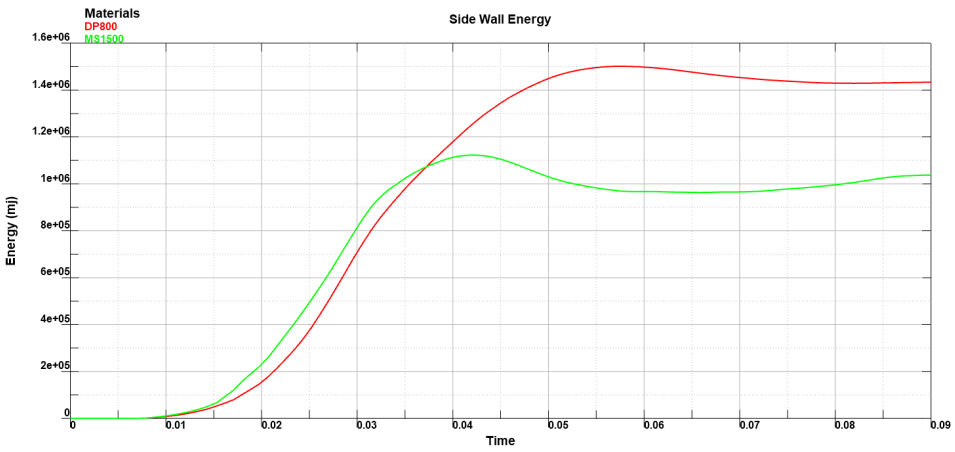


Şekil 12: MS1500 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusunun Çarpışma Davranışı



Şekil 13: DP800 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusunun Çarpışma Davranışı

Şekil 14'de de görüldüğü gibi MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusu çarpışmaya maruz kalan yan profilin, yüklenen 100 kN kuvvetten sonra, U profilde de olduğu gibi ilk anda daha hızlı bir şekilde enerji absorbe ederken ortalama 7,4x10^5 mJ seviyesini görmüştür. DP800 malzemeden tasarlanan batarya kutusu çarpışmaya maruz kalan yan profili ise ortalama 9,6x10^5 mJ değerindedir. Bunun sebebi, DP800'de daha uzun süre deforme olmasından ötürü yan profilin durmadan enerji absorbe etmesidir.



Şekil 14: DP800 ve MS1500 Malzemeden Tasarlanan Batarya Kutusunun Çarpışmaya Maruz Kalan Yan Profilinde Görülen Enerji Absorbsiyonları

IV. SONUÇ

MS1500 ve DP800 üzerine kıyas yapıldığında batarya modüllerinde oluşan maksimum basınç kuvvetine bakıldığında; DP800 malzemeden tasarlanan batarya kutusunda bulunan modüllerin patlama riski oluşturacak boyutta basınca maruz kaldığı görülürken, MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusu komplesinde oldukça düşük miktarda deformasyon görüldüğü için modüllerde herhangi bir tehlike oluşturacak kapsamda bir basınç kuvveti söz konusu değildir. Bu sebepten ötürü, DP800 malzemeden tasarlanan batarya kutusunda çarpışmaya maruz kalan yan profil ve U profilde enerji absorbsiyonu MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusuna göre yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma sonucunda MS1500 malzemeden tasarlanan batarya kutusunun uygun koşullar altında yandan çarpışma durumunda herhangi bir tehlikeyle (patlama riski gibi) karşı karşıya kalınmadığı görülmüştür. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere, batarya taşıyıcıda farklı komponentlerde farklı malzemeler değerlendirilebilmektedir. Bu sayede, ilerleyen çalışmalarda, MS1500 malzemenin gösterdiği mukavim davranıştan yola çıkılarak, tasarımda iyileştirmeler gerçekleştirmek ve alternatif malzeme tercihleriyle batarya taşıyıcı yapılarında ağırlık kazancı sağlamak mümkün olabilecektir.

REFERANSLAR

1. *Analysis of Collision Safety of Power Battery System of Electric Bus with Simulation.* Wang, Zhenpo, Cui, Jia and Luo, Jingyi. s.l. : ITEC Asia-Pacific, 2014.
2. *Development of an Optimised Side Crash Concept for the Battery-Electric Vehicle Concept Urban Modular Vehicle.* Schaffer, Micheal, et al. Stuttgart, Germany : German Aerospace Center (DLR), 2016.
3. *Study on Side Collision of Battery Boxes Based on HyperWorks.* Qiao, Weigao, et al. Wuhan, China : ICEMCE 2021, 2021.
4. Han, Fei. ResearchGate. *ResearchGate.* [Online] 2018. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-roll-forming-process_fig1_329193854.
5. DOCOL, TATA STEEL &. *Cold-rolled DP800-GI HyperForm® & Docol® 1500M martensitic.*
6. evfiresafe. *evfiresafe.* [Online] 2021. https://www.evfiresafe.com/what-is-an-ev-traction-battery.

Akdeniz Bölgesi'nde Sürdürülebilir Arıcılıkta Üstün Nitelikli Ana Arı Yetiştirmede Etkili Yetiştirme Faktörlerinin Araştırılması

Investigation on Effective Breeding Factors in Raising Highly Qualified Queens at Sustainable Beekeeping in the Mediterranean Region

Ulviye Kumova[*,1], G.Tamer Kayaalp[1], Melis Çelik Güney[1]

[*]ulkumova@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1461-8587

[1]*Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Balcalı-Adana, Türkiye*

Özet: Bu araştırma, Akdeniz Bölgesi'nde sürdürülebilir ana arı yetiştiriciliğinde, anasız olarak hazırlanan başlatıcı-bitirici kolonilerin farklı ek diyetlerle beslenmesinin ana arıların bazı fiziksel ve üreme özelliklerini ortaya koymak üzere yürütülmüştür. Araştırmada, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Arılığında bulunan ıslah materyali, bal arısı (*A. mellifera* L.,) kolonileri kullanılmıştır. Bu ıslah materyalinden seçilen bir adet damızlık koloni ile sağlıklı ve eşit güçte üç adet başlatıcı ve bitirici koloni kullanılmıştır. Bu koloniler, beslenen (A Grubu: Arı yemi+Pudra şekeri; B Grubu: Soya unu+Süt tozu+Arı yemi) ve beslenmeyen (C Grubu: Kontrol) olarak üç gruba ayrılmıştır. Beslenen kolonilere, larva transferinden 3 hafta öncesinden ana arı gözlerinin kapatılmasına kadar beslenme diyetleri uygulanmıştır. Başlatıcı ve bitirici kolonilere, her transfer döneminde, damızlık koloniden alınan 45'şer adet bir günlük (24 saatlik) larvalar transfer edilmiştir. Larva transferi üç farklı araştırma grubu kolonilere, üç gün ara ile dört kez (3x4x45=540) Nisan 2018 döneminde uygulanmıştır. Deneme gruplarına uygulanan 4 larva transfer sonuçlarına göre; larva kabul oranı, kapalı meme uzunluğu, meme hacmi, ana arı çıkış ağırlığı, yumurtlamaya başlama süresi ve ana arı çiftleşme ağırlığı belirlenmiştir. Ana arıların bu özellikleri sırasıyla ortalama %68.14, 19.84±0.33 mm, 1.25±0.01 ml, 182.99±1.74 mg, 11.94±0.14 gün ve 236.23±2.49 mg olarak belirlenmiştir. Larva transfer yöntemi ile elde edilen ana arıların bazı fiziksel ve üreme özellikleri üzerine beslemenin önemli etkisinin olduğu ortaya konulmuştur ($P<0.05$).

Bu araştırma ile Türkiye'nin Akdeniz Bölgesini arıcılık potansiyeli olarak temsil eden, Çukurova yöresinde; teknik ana arı yetiştiriciliğinde ele alınan faktörlerin, ana arıların kalitesi üzerine önemli etkiler yaptığı ortaya konulmuştur. Akdeniz Bölgesi'nde sürdürülebilir arıcılıkta, ana arı yetiştiricilerinin, yetiştirme mevsiminde yapacağı, besleme uygulamaları, bölgede daha kaliteli ve nitelikli ana arı üretimini geliştirerek, verimli üretim kolonilerinin oluşturulmasına ve bal veriminin arttırılmasına katkı sağlayacaktır. Günümüzde iklimsel değişikliklerin, sürdürülebilir arıcılıkta da ortaya çıkaracağı olumsuzluklar göz önüne alındığında, verimli ve nitelikli ana arılarla çalışmak bölge koşullarında önemli olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Apis mellifera*, *Ana Arı Yetiştirme*, *Larva Transferi, Ek Besleme, Ana Arının Özellikleri, Sürdürülebilir Arıcılık*

Abstract: This research was conducted on the feeding of starter-finish colonies prepared without queen with different supplementary diets on sustainable apiculture in the Mediterranean Region. This study was conducted to reveal some physical and reproductive characteristics of queen bees. In the research, Honey bee (*A. mellifera* L.,) breeding colonies in the Apiary of the

Faculty of Agriculture, Department Animal Science of University of Çukurova were used as material. This breeding material selected one breeding colony with three healthy and equally strong starter-finish colonies were used. This colonies were divided into three groups fed (Group A: Bee feed+Powdered sugar / 1: 3; Group B: Soy flour+Milk powder+Bee feed / 2: 2: 3) and unfed (C: Control). Feeding diets were applied to the colonies for 3 weeks from the transfer of the larva to the closure of the queen bee cells. In each transfer period, 45 one-day (24-hour) larvae from the breeding colony were transferred to the starter and finisher colonies. Larval transfer was applied to colonies of three different research groups, four times (3x4x45=540) with three-day intervals in April 2018. In the transfer of larvae applied to the experimental groups; larval acceptance rate, sealed length of queen cell, volume of queen cell, queen weight at emergence, pre-oviposition period and queen mating weight were determined. These of queens were determined as 68.14%, 19.84±0.33 mm, 1.25±0.01 ml, 182.99±1.74 mg, 11.94±0.14 days and 236.23±2.49 mg, respectively. It has been demonstrated that feeding feeding significantly on some physical and reproductive characteristics of queens obtained by the larval transfer method ($P<0.05$).

In this research, in Çukurova region; It has been revealed that the factors discussed in technical queen bee breeding have significant effects on the quality of queen bees. In sustainable beekeeping in the Mediterranean Region, the feeding practices to be carried out by queen beekeepers during the breeding season will contribute to the establishment of productive production colonies and increase honey yield by improving the production of higher quality and qualified queen bees in the region. Considering the negative effects of climatic changes in sustainable beekeeping, working with efficient and qualified queen bees will be important in the regional conditions.

Keywords: *Apis mellifera L., Queen Rearing, Grafting Larvae, Supplemental Feeding, Characteristics of Queenbees, Sustainable Beekeeping*

I.GİRİŞ

TÜRKİYE'de mevcut arı kolonilerinin üretim etkinliğini sınırlayan, verimliliğini düşüren makro ve mikro düzeyde pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar arasında teknik açıdan temel ve en önemli sorun, damızlık ana arı üretimi ve kaliteli ana arı gereksinmesinin karşılanamamasıdır. Ülke genelinde kaliteli ana arı üretiminin ve kullanımının yetersiz olması, arıcıların kalitesiz, verimsiz ve yaşlı ana arılar ile çalışması, bal veriminin düşmesine, koloni kayıplarının artmasına ve ekonomik kayıpların yaşanmasına neden olmaktadır. Ülke genelinde damızlık ve kaliteli ana arı üretiminin ve kullanımının yetersiz olması, arıcıların talebini karşılamaktan çok uzakta kalmaktadır. Genotipi iyileştirmeden, ana arı ırk ve verim özelliklerini test etmeden, ıslah ve seleksiyon çalışmaları ve denetimli çiftleştirme yapılmadan yapılan arı yetiştirme çalışmaları, amaçsız ticari bir üretimden öteye gidememiştir. Bu konuda devlet tarafından yapılan her türlü teşvik, sübvanse uygulamaları da yetersiz kalmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 7.7 milyon koloni bulunmaktadır ve bu kolonilerin her iki yılda ana arılarının değiştirilmesi gereği göz önüne alındığında her yıl yaklaşık 3-4 milyon nitelikli, verim ve davranış özellikleri belli ana arılara gereksinim duyulmaktadır **[1-4].**

Bal arısı kolonilerinde başarının temel ölçütlerinden en önemlisi olan bal verimi, koloni populasyon gücü (yavru ve ergin arı miktarı) ile doğrudan ilişkili bir özelliktir **[5-7].** Kolonilerde bal veriminin farklı düzeyde olmasına etki eden faktörler bulunmaktadır. Bunlar; kolonilerin genotipik yapıları, beslenme şekilleri, arıcılık yapma şekli, koloni yönetimi, nektar ve polen kaynakları, damızlık ana arı kullanılmaması, genç ve verimli ana arılarla çalışılmaması, teknik ana arı yetiştirme sisteminin programlı olarak uygulanamamasıdır **[8].** Üstün genetik özelliklere sahip damızlık ana arı kullanan işletmelerde, bal verimi %100 artış

göstermekte ve koloni başına 50-60 kg bal verimi alınabilmektedir. Ana arının kalite özellikleri ve koloni içerisindeki performansının belirlenmesinde; ana arı çıkış ağırlığı, çiftleştikten sonraki ağırlığı, yeni bir koloniye kabul edilme oranı, yumurtlamaya başlama süresi ve günlük yumurtlama kapasitesinin önemli ve doğrusal etkileyen özellikler arasında yer aldığı belirtilmektedir **[9-11].**

Sürdürülebilir arıcılık çalışmalarında randımanlı, başarılı ve ekonomik açıdan karlı bir üretimin gerçekleşmesinde kolonilerde nitelikli, genetik performansı yüksek ana arı üretiminin sağlanması, damızlık materyalinin doğru seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Tarım sektöründe önemli bir potansiyele sahip olan Çukurova yöresi, geniş narenciye alanları, kültür bitkileri ve dağlık yörelerdeki doğal bitki kaynaklarının zenginliği ile arı yetiştiriciliğinde de önemli bir yeri bulunmaktadır. Çukurova yöresi, ülke çapında göçer arıcılık yapan binlerce arıcının sonbahar ve kış aylarında kolonilerini kışlattıkları, kolonilerinin ana arısını değiştirdikleri ve etkin bal üretimine hazırladıkları bir bölgedir. Çukurova genelinde, her yıl teknik ana arı üretimi ve kaliteli damızlık ana arı yetiştirme sistemi kurulamadığı için bölge arı yetiştiricileri 2, 3 veya 4 yıllık ana arılar ile çalışmak zorunda kalmaktadır. Ilıman iklime sahip bu yörede birinci yıldan sonra ana arıların biyolojik olarak döllü yumurta bırakmaları azalmakta, yaşlı ana arılar ile kolonilerde gelişme ve bal üretimi etkin ve sağlıklı yapılamamaktadır **[12-14].** Akdeniz iklimine sahip bu yörede mevcut bulunan kolonilerin, ana arılarının her yıl erken ilkbaharda, değiştirilmesi önem taşımaktadır. Bu gereksinme yılda 250 000-300 000 adet nitelikli ana arıların bölge arıcılarına transfer edilmesini gündeme getirmektedir. Bu nedenle Çukurova koşullarına adapte olmuş, üstün özelliklere sahip arı, ırk, ekotip veya genotiplerin seçilerek damızlıkta kullanılması ve bu kolonilerden teknik yöntemlerle ana arıların yetiştirilerek, bölge arı yetiştiricilerine dağıtılması gerekmektedir. Bu sistemin uygulanması ile bölgede daha kaliteli ve verimli kolonilerin oluşturulması ve bal veriminde önemli bir artışın sağlanmasının yolu açılacaktır **[15].**

Bu çalışma, Akdeniz iklim koşullarına sahip Çukurova yöresinde, sürdürülebilir arıcılık faaliyetlerine katkı getirmek, bal verimini doğrudan etkileyen üstün nitelikli ana arı yetiştirme sistemini ortaya koymak, bölge arıcılarının kaliteli ve verimli ana arı kullanmasının önünü açmak, bal verimini arttırmak ve arıcıların ekonomik düzeylerini yükseltmek amacıyla yapılmıştır. Bölge arı yetiştiricilerinin nitelikli bal arıları ile çalışması gerçekleştirilerek, bölgenin arıcılık düzeyi yükselecek, arıcılık ve tarımsal yapısı canlanacaktır. Bölge üreticilerinin arıcılıktan sağladığı gelir yükselerek, arıcılığın bölgede güvenilir bir şekilde sürdürülebilirliği garanti altına alınacaktır. Tüm bu sonuçlar Türkiye ve Akdeniz bölge ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, etkin bir ana arı yetiştirme yönteminin belirlenmesinde, ticari ve damızlık ana arı yetiştiriciliğinde ele alınması gereken faktörlerin ortaya konulmasında, kaliteli ve üretken ana arıların yetiştirilmesinde konu ile ilgili araştırıcılara ve arı yetiştiricilerine ışık tutan bilimsel ve uygulamalı sonuçları kapsamaktadır.

II. LİTERATÜR TARAMASI

Ekonomik, basit ve büyük çapta ana arı yetiştirme tekniği, 1888 yılında, ABD'de geliştirilmiştir. Günümüzde bu teknik tüm dünya ülke arıcıları tarafından başarılı bir şekilde kullanılmaktadır **[16].** Ana arı büyüklüğü ve diğer ana arı kalite faktörleri üzerine, ana arının larva döneminde, ilk 24 saat içinde aldığı besin miktarı ve kalitesi etkili olmaktadır **[17].** Ana arı yetiştirme tekniğinde, başlatıcı ve bitirici kolonilere bakabilecekleri sayıda larva transferi yapılması ve çıkış ağırlığı yüksek ana arıların elde edilmesi için transferde 1 günlük (0-24 saat) yaşta larvaların kullanılması gerekmektedir **[18-19].** Ana arı çıkış ağırlığı 200 mg olan ana arıların kaliteli, 220 mg'dan daha fazla ağırlığa sahip ana arıların üstün kaliteli olduğunu ve bu

üstün kaliteli ana arıların 200 mg ağırlığa sahip ana arılara oranla kolonilere daha kolay kabul edildikleri belirtilmektedir **[20].**

Araştırma amacıyla yılın değişik mevsiminde ve aylarında ana arılar teknik olarak yetiştirilebilmektedir. Ana arı yetiştiriciliğinde ana arıların kalitesine etki eden faktörler; çevresel ve iklimsel koşullar, nektar ve polen kaynakları, besleme uygulamaları, kaliteli erkek arı varlığı ile kovan içi ve dışı çevre sıcaklığıdır. Yapay yüksüklere transfer edilen genç larvaların, kabul edilmesinde, başlatıcı koloninin anasız olması ve beslenmesinin üst düzeyde yapılması gereklidir **[21].** Ana arıların çıkış ağırlığının bir kalite ölçütü olduğu ve ana arının diğer tüm kalite özellikleri üzerinde de etkisi bulunduğu belirtilmektedir **[22].** Yaşlı larvalardan (48 ve 72 saatten daha fazla) yetiştirilen ana arıların çıkış ağırlığının, 24 saatlik larva grubuna oranla çok daha hafif ağırlıkta olduğu açıklanmıştır **[23].**

Larva transferinin yapıldığı ortam sıcaklığının 25-30 ^{0}C ve nispi nemin % 60 düzeyinde olması larvaların canlı kalması açısından önemlidir. Larva kabul oranı yüksek ve çıkış ağırlığı ağır ana arıların üretilmesinde, aşılamadan önce yapay yüksüklerin tabanına arı sütü konulması geçerli bir yöntem olarak belirtilmektedir **[24].** Ana arıların yumurtlamaya başlama süresinin, çıkış tarihinden itibaren ilk yumurtlamaya başladıkları tarihe kadar geçen süre olarak ele alındığı; bu sürenin uzunluğunun genetik ve çevresel koşullara bağlı olarak 4 ile 22 gün arasında değişebildiği açıklanmıştır **[25].** Yüksek kalitede ana arı yetiştirmede; transfer larva yaşının, 0-24 saat ve başlatıcı kolonilerin anasız olmasının, ana arıların kalitesi üzerine çok önemli etkileri olduğu vurgulanmıştır **[26-27].**

Çukurova koşullarında, 1988 yılında etkin bir ana arı yetiştirme mevsimini belirlemek üzere, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılan transfer sonucu larva kabul oranı sırasıyla %91.4, %83.3, %81.7, %85.0, %60.0 ve %58.3 olarak bulunmuştur. Bu aylara ait ana arı yumurtlama öncesi süresi ise sırasıyla 12.40±0.4, 11.6±0.2, 11.5±0.3, 13.0±0.2, 13.7±0.4 ve 15.9±1.0 gün olarak belirlenmiştir **[28].** 1989, 1990 ve 1991 yıllarında koloni başına sırası ile toplam 505, 720 ve 1100 adet yapılan larva transferinde, larva kabul oranını sırası ile %87.8, %91.6 ve %85.2 olarak açıklanmıştır **[29].** Ana arıların yumurtlamaya başlama süresi hafif grupta (170 mg ve altı) 10 gün, ağır grupta (190 mg ve üzeri) 11.64 gün olarak belirtilmiştir **[30].** Erzurum koşullarında, larva transfer yoluyla yetiştirilen Kafkas ırkı kolonilerde ana arı kabul oranı %80, kapalı yüksük uzunluğu 24.28±0.29 mm, ana arı çıkış ağırlığı 203.0±2.30 ve yumurtlama öncesi süre 12.15±0.39 gün olarak açıklanmıştır **[31].**

Çukurova koşullarında araştırma kolonilerine üç dönemde yapılan transferlerde, larva tutma oranları kek+şurupla beslenen grupta % 77.59±1.65, kekle beslenen grupta %68.68±3.23 ve kontrol grubunda ise %70.45±0.86 olarak belirlenmiştir **[32].** Ankara koşullarında Anadolu ırkı kolonilere 4 farklı besleme grubuna (şurup, şurup + polen, vitamin + şurup ve doğal bitki) 1 ve 2 günlük larva aşılanması sonucu; 1 günlük yaş grubunda ortalama larva kabul oranı %73.4±4.56, ana arı çıkış ağırlığı 166.6±1.74 mg, meme uzunluğu 24.2±0.036 mm ve meme hacmi 1.24±0.014 ml olarak bulunmuştur **[33].** Çukurova'da Muğla ekotipi ile İtalyanxMuğla melezi genotiplerle yapılan ana arı yetirmede, kolonilerin Nisan ve Mayıs 2000 döneminde larva kabul oranı %84.91±0.37 ve %75.26±0.50 olarak belirlenmiştir **[34].**

Ege Bölgesi koşullarında Ege ve KafkasxEge genotiplerinde; balmumu ve plastik yüksük kullanılarak yapılan larva transferinde larva tutma oranı %68.96±3.42 ve %61.86±3.79 olarak belirlenmiştir **[35].** Sivas koşullarında Karniol, İtalyan, Kafkas-TKV, Kafkas Camili, Muğla, Tokat ve Sivas arı genotipleri ile yapılan ana arı yetiştirmede, larva tutma oranı ortalama %75.83±1.41, ana arı yumurtlama öncesi süre ortalama 12.89.04±0.14 gün olarak bulunmuştur **[36].** Ege Bölge koşullarında Anadolu ırkı Ege ekotipi ana arılarda ortalama yüksük boyu 23.2±0.10 mm, yüksük hacmi 1.08±0.010 ml, ana arı çıkış ağırlığı 178.8 ±1.30 mg ve yumurtlama öncesi süre 10.8±0.19 gün olduğu belirlenmiştir **[37].** Çukurova koşullarında, larva transfer yöntemiyle yapılan ana arı yetiştirmede %100, %75, %50 ve %25 düzeyinde arı sütü uygulanan kolonilerde larva tutma oranı sırasıyla %97.78±0.84,

%86.37±1.37, %78.07±1.83 ve %70.52±2.12 olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada, ana arı yüksük uzunluğu ise sırasıyla 23.74±0.12, 22.50±0.14, 20.99±0.18 ve 20.16±0.14 mm olarak bulunmuştur **[38].**

Ankara koşullarında ana arı yetiştirmede; hafif (190 mg altı), orta (190-200 mg arası) ve ağır (200 mg üstü) grupta ana arı çıkış ağırlığı sırasıyla ortalama 186.5±1.20, 194.4±0.66 ve 209.0±1.44 mg (ort:196.3±1.51 mg) olarak belirlenmiştir. Ana arıların yumurtlama başlangıcından 3 gün sonrası ağırlıkları sırasıyla 216.8±2.24, 216.5±2.66 ve 230.8±3.02 mg (ort: 220.9±1.78 mg), yumurtlama öncesi süreleri sırasıyla 10.63±0.221, 10.72±0.244 ve 10.46±0.243 gün olarak belirlenmiştir **[39].**

Ardahan koşullarında 2006 yılında, değişik tip ve koloni gücünde başlatıcı koloniler kullanılarak yapılan ana arı yetiştirmede; I., II. ve III. dönemde larva kabul oranı %62.92, %50.83 ve %41.90; ana arıların çiftleşme öncesi ağırlığı 182.00, 178.50 ve 166.20 mg ve yumurtlama öncesi sürenin 9.96, 10 ve 12 gün olduğu bulunmuştur **[40].** Ana arıların fiziksel kalitesi açısından, çiftleşmemiş yeni bir ana arının, çıkış ağırlığının ortalama (WT) 184.8±21.67 mg olduğu belirtilmiştir **[41].** Ege Bölgesi koşullarında İtalyan, Kafkas ve Ege ekotipi ana arılarının 2007-2008 Nisan ayında; çıkıştan iki sonraki ana arı ağırlıkları 173.30 ± 0.933 mg, yumurtlama başlangıç ağırlıkları 222.22 ±1.100 mg ve yumurtlama öncesi süreleri 10.81±0.129 gün olarak belirlenmiştir **[42].**

İran koşullarında, *A .m. med*a kolonilerinde, 2007 yılında, 4 aşılama larva yaş grubuna (1, 2, 3 ve 4 gün) ait beslenen grupların, aşılamadan 3 hafta öncesinden ana arı gözleri kapanana kadar polen idame yemi (pudra şekeri, yağsız süt tozu, bal/2:2.1) ile beslenmesi sonucu; ana arı çıkış ağırlığı beslenen kolonilerde 159.82±1.54 mg, beslenmeyen kolonilerde 144.69±2.56 mg olarak belirlenmiştir **[43].** Kaşmir koşullarında, anasız kolonilerle yapılan larva transferi sonucunda kapalı meme uzunluğunun 31.00±0.13 mm, larva kabul oranı (Mayıs, Haziran, Temmuz) ortalama %88.10, ana arı çıkış ağırlığı 197.34±7.44 mg ve yumurtlama öncesi süre 11.66±0.55 gün olarak bulunmuştur **[44].**

Doğal çiftleşen hafif ve ağır çıkış ağırlığına sahip ana arıların yumurtlamaya başlama süresinin sırasıyla 8.70 ve 10.47 gün olduğu **[45].** *Apis*'in üç genotipinde *(A .m. lamarckii, A. m. carnica ve A. m. ligustica)* toplam 243 ana arının çıkıştan sonraki ağırlıkları hafif (110-130 mg), orta (140-160 mg) ve ağır (160 mg'ın üzerinde) olarak gruplandırılarak ağır grubun, çıkış ağırlığının koloniye giriş başarısını (%79.23) önemli ölçüde etkilediği (x =8.34, P< 0.004) belirlenmiştir **[11].** Ege Bölgesi koşullarında beş dönemde Ege ekotipi ve İtalyanxEge melez arı gruplarına, farklı sayıda larva transferinin yapıldığı çalışmada; larva kabul oranı sırası ile %71.1±2.72 ve %70.6±2.23 olduğu belirlenmiştir **[46].**

Şanlıurfa iklim koşullarına uyum sağlamış yerli bal arısı genotipi ile yapılan larva transferinde ana arıları çıkış ağırlığı ortalama 170.36±2.688 mg (hafif grup) ve 211.67±5.523 mg (ağır grup) olarak elde edilmiştir (P<0.01) **[47].** *A. m. jemitica* arılarına uygulanan yaş aşılama larva transferinde, larva kabul oranı %77, anasız kolonilerde meme uzunluğu 18.11±2.60-18.44±1.99 arasında olduğu belirlenmiştir **[48].**

III. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada arı materyali olarak Ç.Ü.Z.F. Zootekni Bölümü Arılığında bulunan, davranış ve performans özellikleri belirlenerek, seleksiyon çalışmaları ve yapay tohumlama tekniği ile beş yıldır elde tutulan ıslah materyali bal arısı (*Apis mellifera* L.,) kolonileri kullanılmıştır. Arılıkta bulunan bu ıslah materyali koloniler, 2018 yılının erken ilkbahar döneminde, kontrol edilerek, 1 adet damızlık koloni ile sağlıklı ve eşit güçte 3 adet, başlatıcı ve bitirici koloni seçilmiştir. Başlatıcı ve bitirici koloniler, beslenen (A Grubu: Arı yemi+Pudra şekeri/1:3; B Grubu: Soyaunu+Süt tozu+Arı yemi/2:2:3) ve beslenmeyen (C: Kontrol) olarak üç gruba ayrılmıştır. Araştırmada kullanılan sıvı arı yemi (fruktoz, glikoz ve sakarozdan pastörize

edilerek üretilen), pudra şekeri; (sakkorozdan toz olarak hazırlanan) ve soya unu ile süt tozu piyasada hazır olarak bulunan firmalardan temin edilmiştir. Beslenen koloni gruplarına transferlerden 3 hafta öncesinden başlayarak, ana arı gözlerinin kapatılmasına kadar haftada 3 kez 300 gr besleme diyetleri uygulanmıştır. Bu kolonilere transferin yapılacağı döneme kadar diğer kolonilerden arılı-yavrulu destekler verilerek, koloni populasyon gücü açısından düzenlemeler yapılmıştır **[49].**

Araştırmaya seçilen başlatıcı ve bitirici kolonilerin ana arıları, larva transferinden 48 saat önce alınarak, koloniler larva transferine hazır durumuna getirilmiştir. Bu koloniler, bal-kapalı yavru-polen-açık yavru-transfer çıta boşluğu-polen-bal şeklinde düzenlenmiştir. Larva transferinde 24 saatlik (1 günlük) larvalar kullanılmıştır. Başlatıcı ve bitirici koloniler, transferlerden bir gün öncesinden kontrol edilerek, doğal ana arı memeleri varsa bozulmuştur **[50-51]**. Seçilen bir adet damızlık koloniye transferden 48 saat önce ana arıların yumurtlaması için kabartılmış temiz, boş petekler verilerek ana arıların bu petekler üzerinde hapsedilmesi ve transfer günü için 24 saatlik yaşta kız kardeş larvaların elde edilmesi sağlanmıştır.

Anasız olarak hazırlanan 3 adet başlatıcı ve bitirici kolonilere damızlık koloniden her transferde 45'şer adet ve 24 saatlik larvalar transfer edilmiştir. Larva transferi 3 farklı araştırma grubu kolonilere 3 gün ara ile 4 kez 9-18 Nisan 2018 döneminde uygulanmıştır. Araştırma süresince toplam 3x45x4=540 adet larva transferi yapılmıştır. Transferden önce balmumundan yapılan yapay ana arı yüksüklerinin tabanına birer damla saf arı sütü (%100) damlatılmıştır **[38].** Bu işlemlerin yürütüldüğü transfer odasında sıcaklık 25-28 ^{0}C ve oransal nem %60-%65 olacak şekilde kontrol altında tutulmuştur **[24].** Transfer çerçeveleri, larva transferi yapıldıktan sonra bekletilmeden tek tek başlatıcı ve bitirici kolonilere verilmiştir. Başlatıcı ve bitirici kolonilerine verilen transfer çerçeveleri her larva transferinden 48 saat sonra kontrol edilerek larva kabul sayıları belirlenmiştir. Bu veriler kullanılarak, koloni gruplarının 4 transferine ait larva kabul oranı bir formül (larva kabul oranı (%)= kabul edilen larva sayısı/transfer edilen larva sayısıx100) yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır **[52].**

Başlatıcı-ve bitirici üç grubun (A, B ve C), 1., 2., 3. ve 4. larva transferinde tutan kapalı ana arı memeleri kafeslere tek tek konularak laboratuvarda meme uzunlukları (mm) (13, 18, 24, 27 Nisan 2018) belirlenmiştir. Gelişmelerinin 10. gününde meme uzunluğu yapılan bu ana arı memeleri kafeslerle iç sıcaklığı 33 C^0 ve oransal nemi %60-65 olan bir inkübatöre yerleştirilmiştir **[53].** Ana arıların çıkışları dikkatli bir şekilde izlenerek, içinden çıktıkları boş ana arı memelerinin içine ölçülü bir enjektör yardımı ile sıvı doldurularak ana arıların yüksük hacmi (ml) belirlenmiştir (13, 18, 24, 27 Nisan 2018).

Başlatıcı ve bitirici üç grubun (A, B ve C), 1., 2., 3. ve 4. transferinden elde edilen ana arılar kafeslerle çiftleştirme kolonilerine (yavrusuz ve 2 çerçeveli ergin arılı) dağıtılmıştır (19, 24, 26, 27 Nisan). Ana arı memelerinden çıkan ana arılar hassas terazide (0.001 mg) tartılarak ana arı çıkış ağırlıkları (mg) (20, 25, 27, 30 Nisan 2018) belirlenmiştir [54]. Çiftleştirme kolonilerine dağıtılan ve kabul edilen ana arıların doğal ortamda kontrollü çiftleşmeleri sağlanmıştır. Araştırma grubu bulunan 120 kolonideki ana arılar, 5. günden başlayarak günde 2 kez kontrol edilerek yumurtlamaya başlama süreleri (gün) belirlenmiştir (3, 7, 9, 11 Mayıs 2018). Beslenen (A ve B) ve beslenmeyen (C) koloni gruplarının 1., 2., 3. ve 4. transferi temsil eden 120 adet ana arının çiftleşme ağırlığı, yumurtlamaya başladıktan dört gün sonra (7, 11, 13, 15 Mayıs 2018) hassas terazi tartılarak, çiftleşme ağırlıkları (mg) belirlenmiştir.

Bu araştırmada, larva kabul oranı, kapalı meme uzunluğu, meme hacmi, çıkış ağırlığı, çiftleşme ağırlığı ve yumurtlama öncesi süre değerlendirilerek yetiştirme yöntemleri arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Larva kabul oranı, kapalı meme uzunluğu, meme hacmi, çıkış ağırlığı, çiftleşme ağırlığı ve yumurtlama öncesi süresine ait veriler için iki yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Araştırma koloni grupları ve transferler arasındaki farklılıkların

belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi uygulanmıştır. Çalışmanın matematiksel modeli aşağıda belirtilmiştir **[55-56].**

$Y_{ijk}= \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{(ij)} + e_{ijk}$ i=1,2,...,t j=1,2,...,b k=1,2,...,r

Burada;

Y_{ijk}: = i. bloktaki, j. muamelenin, k. tekerrürüne ait gözlem değerini,

μ: Genel ortalamayı,

α_i : i. muamele etkisini,

β_j : j. blok etkisini,

$\alpha\beta_{(ij)}$: i. muamelenin j. bloğundaki interaksiyon etkisini,

e_{ijk} : hata payını göstermektedir.

IV. BULGULAR

A. Başlatıcı ve Bitirici Koloni Gruplarının Larva Kabul Sayıları ve Larva Kabul Oranları

Araştırmada beslenen (A ve B Grubu) ve beslenmeyen (C Grubu) koloni gruplarına 9-18 Nisan 2018 döneminde 3 gün ara ile 4 kez yapılan larva transferinden elde edilen larva kabul sayıları ve larva kabul oranları Tablo I ve Tablo II' de verilmiştir. Araştırma süresince kolonilere toplam 540 adet (3x4x45) larva transferi sonucunda koloni gruplarında larva tutma sayısı toplam 368 adet olarak belirlenmiştir.

TABLO I
BAŞLATICI VE BİTİRİCİ KOLONİ GRUPLARININ LARVA KABUL SAYISI (ADET)

Gruplar	Larva Transfer Sayısı	Larva Kabul Sayısı	LARVA KABUL SAYILARI				
			1.Transfer (9 Nisan)	2.Transfer (12 Nisan)	3.Transfer (15 Nisan)	4.Transfer (18 Nisan)	Grup Ortalama
A Grubu	180	151	43	41	36	31	37.75
B Grubu	180	129	40	34	29	26	32.25
C Grubu	180	88	29	24	19	16	22.00
Genel Toplam	540	368	112	99	84	73	92.00

TABLO II
BAŞLATICI VE BİTİRİCİ KOLONİ GRUPLARININ LARVA KABUL ORANI (%)

Grup	1. Transfer[a]	2. Transfer[b]	3. Transfer[c]	4.Transfer[d]	Genel Ortalama
A Grubu[a]	95.55	91.11	80.00	68.88	83.89±5.98
B Grubu[b]	88.88	75.55	64.44	57.77	71.66±6.81
C Grubu[c]	64.44	53.33	42.22	35.55	48.89±6.35
Genel Ort.	82.96±9.46	73.33±10.96	62.22±10.96	54.07±9.79	68.14

Araştırmada beslenen (A ve B) ve beslenmeyen (C) üç başlatıcı-bitirici kolonilere uygulanan 4 larva transferinde larva kabul oranı ortalama % 68.14 olarak belirlenmiştir. Araştırma koloni grupları arasında larva kabul oranı en yüksek *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonilerde ortalama %83.89 olarak bulunmuştur. Larva kabul oranı transfer dönemi göz önüne alındığında en yüksek A grubunun 1. transferinde (% 95.55) gerçekleşmiştir. Hem araştırma gruplarının hem de uygulanan larva transferlerin lavra kabul oranı üzerine etkisi olmuştur ($P<0.05$).

B. Araştırma Grup Kolonilerinin Ana Arı Meme Uzunluğu, Meme Hacmi ve Ana Arı Çıkış Ağırlığı

Başlatıcı ve bitirici (A, B ve C Grubu) kolonilere uygulanan 4 larva transferinden elde edilen kapalı meme uzunluğu, meme hacmi ve ana arı çıkış ağırlığına ait veriler değerlendirilerek elde edilen sonuçlar Tablo III, Tablo IV ve Tablo V'de verilmiştir.

TABLO III
ARAŞTIRMA GRUBU KOLONİLERİN ANA ARI MEME UZUNLUĞU (MM)

Grup	N	1. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	2. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	3. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	4.Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)
A Grubu [a]	40	22.70±0.26	23.40±0.40	23.60±0.42	24.00±0.25	23.42±0.33
B Grubu [b]	40	18.80±0.41	19.70±0.49	18.70±0.36	21.00±0.39	19.55±0.41
C Grubu [c]	40	16.90±0.34	16.40±0.34	15.90±0.17	17.10±0.23	16.57±0.27
Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)		19.46±0.33	19.83±0.41	19.40±0.31	20.70±0.29	19.84±0.33

Başlatıcı ve bitirici üç grubun 4 transfer sonucu elde edilen kapalı ana arı meme uzunluğu ortalama 19.84±0.33 mm olarak bulunmuştur (Tablo III). Araştırma grupları arasında meme uzunluğu en yüksek *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonilerde ortalama 23.42±0.33 mm olarak belirlenmiştir. Ana arı meme uzunluğu transfer dönemi göz önüne alındığında en yüksek A grubunun 4. transferinde (24.00±0.25 mm) olduğu görülmüştür. Uygulanan larva transferlerinin ana arı meme uzunluğu üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) iken araştırma gruplarının ana arı meme uzunluğu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ayrıca araştırma grupları ile uygulanan larva transferlerin (transfer x grup) ana arı meme uzunluğu üzerine ortak etkisi olmuştur ($P<0.05$).

TABLO IV
ARAŞTIRMA GRUBU KOLONİLERİN ANA ARI MEME HACMİ (ML)

Grup	N	1. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	2. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	3. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	4.Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)
A Grubu [a]	40	1.44±0.01	1.48±0.02	1.50±0.02	1.51±0.01	1.48±0.01
B Grubu [b]	40	1.19±0.02	1.25±0.02	1.18±0.02	1.34±0.02	1.24±0.02
C Grubu [c]	40	1.07±0,01	1.04±0.02	1.01±0.09	1.08±0.01	1.05±0.01
Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)		1.23±0.01	1.25±0.02	1.23±0.01	1.31±0.01	1.25±0.01

Başlatıcı ve bitirici üç grubun 4 transfer sonucu elde edilen ana arı meme hacmi ortalama 1.25±0.01 ml olarak belirlenmiştir (Tablo IV). Araştırma koloni grupları arasında ana arı meme hacmi en yüksek ortalama 1.48±0.01 ml olarak *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonilerde bulunmuştur. Ana arı meme hacmi, transfer dönemi göz önüne alındığında en yüksek A grubunun 4. transferinde (1.51±0.01 ml) olduğu görülmüştür. Uygulanan larva transferlerinin ana arı meme hacmi üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) iken

araştırma gruplarının ana arı meme hacmi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur. Ayrıca araştırma grupları ile uygulanan larva transferlerin (transfer x grup) ana arı meme hacmi üzerine ortak etkisi olmuştur (P<0.05).

TABLO V
ARAŞTIRMA GRUBU KOLONİLERİN ANA ARI ÇIKIŞ AĞIRLIĞI (MG)

Grup	N	1. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	2. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	3. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	4.Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)
A Grubu [a]	40	191.80±1.57	186.90±1.55	182.70±2.57	196.80±1.05	189.55±1.68
B Grubu [b]	40	183.90±2.05	183.90±2.17	185.90±2.06	184.80±1.98	184.62±2.06
C Grubu [c]	40	169.10±1.55	174.00±1.51	175.10±1.70	181.10±1.14	174.82±1.47
Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)		181.60±1.72	181.60±1.74	181.23±2.11	187.56±1.39	182.99±1.74

Araştırma grubu kolonilere uygulanan 4 transfer sonucunda, ana arı çıkış ağırlığı ortalama 182.99±1.74 mg olarak saptanmıştır. Araştırma sonunda koloni grupları arasında ana arı çıkış ağırlığı en yüksek *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonilerde ortalama 189.55±1.68 mg olarak belirlenmiştir. Ana arı çıkış ağırlığı, transfer dönemi göz önüne alındığında en yüksek A grubunun 4. transferinde (196.80±1.05 mg) olduğu saptanmıştır. Uygulanan larva transferlerinin ana arı çıkış ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz (P>0.05) iken araştırma gruplarının ana arı çıkış ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur. Ayrıca araştırma grupları ile uygulanan larva transferlerin (transfer x grup) ana arı çıkış ağırlığı üzerine ortak etkisi olmuştur (P<0.05).

C. Araştırma Grubu Kolonilerin Yumurtlama Öncesi Süresi ve Ana Arı Çiftleşme Ağırlığı

Araştırma grup kolonilerinin (A, B ve C Grubu) 4 transferinde belirlenen ana arı yumurtlama öncesi sürelerine ve ana arı çiftleşme ağırlıklarına (yumurtlamaya başladıktan dört gün sonra) ait bulgular Tablo VI ve Tablo VII' de gösterilmiştir.

TABLO VI
ARAŞTIRMA GRUBU KOLONİLERİN ANA ARI YUMURTLAMA ÖNCESİ SÜRE (GÜN)

Grup	N	1. Transfer[a] ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	2. Transfer[b] ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	3. Transfer[c] ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	4.Transfer[d] ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)
A Grubu [b]	40	13.10±0.17	11.90±0.17	11.30±0.15	10.70±0.15	11.75±0.16
B Grubu [a]	40	13.30±0.21	12.10±0.17	11.60±0.16	10.90±0.10	11.97±0.16
C Grubu [a]	40	13.30±0.15	12.30±0.15	11.90±0.10	11.00±0.00	12.12±0.10
Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)		13.23±0.17	12.10±0.16	11.6±0.13	10.86±0.08	11.94±0.14

Araştırmada, üç gruba ait ana arı yumurtlama öncesi süresi ortalama 11.94±0.14 gün olarak belirlenmiştir (Tablo VI). Araştırma koloni grupları arasında, yumurtlama öncesi süresi en kısa süren grubun ortalama 11.75±0.161 gün ile *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonilerde olduğu belirlenmiştir. Yumurtlama öncesi süresi, transfer dönemi göz önüne alındığında en düşük A grubunun 4. transferinde (10.70±0.15 gün) gerçekleşmiştir. Hem uygulanan larva transferlerinin hem de araştırma gruplarının ana arı yumurtlama öncesi süre üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Ayrıca araştırma grupları ile uygulanan larva transferlerin (transfer x grup) ana arı yumurtlama öncesi süre üzerine ortak etkisi olmamıştır (P>0.05).

TABLO VII
ARAŞTIRMA GRUBU KOLONİLERİN ANA ARI ÇİFTLEŞME AĞIRLIĞI (MG)

Grup	N	1. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	2. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	3. Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	4.Transfer ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)	Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)
A Grubu [a]	10	239.70±3.24	240.00±1.60	241.40±3.21	255.30±1.88	244.10±2.48
B Grubu [b]	10	235.10±3.40	232.80±2.91	236.50±2.46	240.60±4.22	236.20±3.24
C Grubu [c]	10	226.40±1.40	231.90±2.28	226.50±1,78	228.80±1.52	228.40±1.74
Genel Ort. ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)		233.79±2.68	234.90±2.26	234.80±2.48	241.50±2.54	236.23±2.49

Tablo VII'nın incelenmesinden, üç araştırma grubunun 4 larva transferinden elde edilen ana arı çiftleşme ağırlığı (yumurtlamaya başladıktan dört sonra) ortalama 236.23±2.49 mg olarak bulunmuştur. Araştırma koloni grupları arasında, en yüksek ana arı çiftleşme ağırlığı ortalama 244.10±2.48 mg ile *Arı Yemi+Pudra Şekeri* ile beslenen (A Grubu) kolonileri olduğu görülmüştür. Ana arı çıkış ağırlığı, transfer dönemi göz önüne alındığında en yüksek A grubunun 4. transferinde (255.30±1.88 mg) gerçekleşmiştir. Uygulanan larva transferlerinin ana arı çiftleşme ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) iken araştırma gruplarının ana arı çiftleşme ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ayrıca araştırma grupları ile uygulanan larva transferlerin (transfer x grup) ana arı çiftleşme ağırlığı üzerine ortak etkisi olmuştur ($P<0.05$).

Ayrıca, ana arı çıkış ağırlığı ile ana arı meme uzunluğu ve ana arı meme hacmi arasındaki ilişki $r=0.593$ olup bu ilişki istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ana arı çıkış ağırlığı ile ana arı yumurtlama öncesi süre arasındaki ilişki $r=-0.264$ olup bu ilişki istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ana arı çıkış ağırlığı ile ana arı çiftleşme ağırlığı arasındaki ilişki $r=0.862$ olup bu ilişki istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

V. TARTIŞMA

Bu araştırmada, Akdeniz Bölge koşullarında nitelikli ana arı yetiştirme modeli içinde ele alınan farklı besleme diyetlerinin, anasız başlatıcı ve bitirici kolonilerde larva kabul oranı, ana arı meme uzunluğu, meme hacmi, çıkış ağırlığı, yumurtlama öncesi süre ve çiftleşme ağırlığı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu araştırmadan elde edilen, iki farklı besleme diyeti ile beslenen ve beslenmeyen (kontrol) üç gruba ait larva kabul oranı ortalama %68.14 olarak bulunmuştur. Ancak karbonhidrat ve protein içerikli beslenen A ve B Grubu başlatıcı ve bitirici kolonilerde larva kabul oranı %83.89 ve %71.66 olarak belirlenmiştir. Ana arı yetiştirme kolonilerine uygulanan ek besleme diyetleri, aşılanan larvaların kabul oranını arttırmıştır. Araştırmadan elde edilen ortalama larva kabul oranı %68.14 olup Akdeniz ve Ege bölgesi iklim koşullarında bu değer ortalama %79.4 **[28]**, %72.24 **[32]**, %80.08 **[34]**, %83.18 **[38]** ve %70.85 **[46]** olarak bulan bildirişlerden düşük çıkmıştır. Araştırmadan elde edilen bu sonuç, Ege bölge koşullarında, lavra tutma oranını %68.96±3.42 olarak belirleyen **[35]**'in değeri ile aynı bulunmuştur. Ancak beslenen A Grubu (%83.89) ve B Grubunun (%71.66) lavra kabul oranı, bu araştırıcıların değerlerine yakın ve/veya yüksek değerde bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada bulunan bu değer, Türkiye'nin farklı bölge koşullarında ve farklı ülkelerde ortalama %88.2 **[29]**, %80 **[31]**, %73.4 **[33]**, %75.83 **[36]**, 88.10 **[44]** ve %77.0 **[48]** olarak bildiren araştırmacılardan düşük çıkmıştır. Ayrıca bu araştırmada karbonhidrat ve protein içerikli beslenen A ve B Grubunun larva kabul oranının, bu araştırmacıların sonuçlarına yakın ve benzer değerde çıktığı görülmektedir. Belirlenen bu ortalama larva kabul oranı (%68.14), Ardahan koşullarında bu değeri %51.88 **[40]** olarak bildiren araştırmacının değerinden yüksek çıkmıştır.

Bu araştırmada üç gruptan 4 larva transferinde elde edilen kapalı meme uzunluğu ortalama 19.84±0.33 mm olarak belirlenmiştir. Akdeniz ve Ege iklim bölge koşullarında meme uzunluğunu ortalama 23.2±0.10 mm **[37]**, 23.74±0.12 mm **[38]** olarak bildiren araştırmacıların değerinden düşük çıkmıştır. Ancak bu araştırmada beslenen A Grubunun 23.42±0.33 mm olan meme uzunluğu, Çukurova koşullarında %100 arı sütü ile yapılan transferden elde edilen **[37]** ve **[38]**'in sonuçları ile aynı çıkmıştır. Bu araştırmadaki ortalama meme uzunluğu, Türkiye'nin ve bazı ülkelerin bölge koşullarında meme uzunluğunu 24.28±0.29 mm **[31]**, 24.2±0.036 mm **[33]** ve 31.00±0.13 mm **[44]** olarak bildiren araştırmacılardan düşük çıkmıştır.

Bu araştırmada üç farklı başlatıcı ve bitirici koloni gruplarının (beslenen ve beslenmeyen), ana arı meme hacmi ortalama 1.25±0.01 ml olarak bulunmuştur. Bu sonuç meme hacmini Orta Anadolu koşullarında 1.24±0.014 ml **[33]** ve Ege koşullarında 1.08±0.010 ml **[37]** olarak bildirilen sonuçlardan yüksek çıkmıştır.

Araştırmada üç farklı koloni grubunun 4 transferine ait ana arı çıkış ağırlığı ortalama 182.99±1.74 mg olarak bulunmuştur. Bu değeri ortalama olarak, Erzurum koşullarında 203.0±2.30 mg **[31]**, Ankara koşullarında 196.63±1.10 mg **[39]**, Kaşmir koşullarında 197.34±7.44 mg **[44]** ve Şanlıurfa koşullarında 191.102±4.11 mg **[47]** olarak bildirilen araştırmacılardan düşük çıkmıştır. Bu değeri ortalama Ankara koşullarında 166.6±1.74 mg **[33]**, İzmir koşullarında 178.8±1.30 mg **[37]**, Ardahan koşullarında 175.56 mg **[40]**, Ege koşullarında 173.30±0.933 mg **[42]** ve İran koşullarında 152.255±1.54 mg **[43]** olarak belirten bildirişlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu değeri 184.8±21.67 mg **[41]** olarak belirten bildirişle aynı değerde olduğu görülmektedir.

Araştırma koloni gruplarının (A, B ve C) 4 transferine ait ana arıların yumurtlama öncesi süresi ortalama 11.94±0.14 gün olarak belirlenmiştir. Bu değeri Çukurova koşullarında, 1988 yılında Nisan ayında ortalama 12.40±0.4 gün **[28]**, Erzurum koşullarında ortalama 12.93±0.18 gün **[31]** ve Sivas koşullarında 12.89.04±0.14 gün **[36]** olarak bildirilen değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Ancak bu değer Ege koşullarında 11.64 gün **[30]** ve Kaşmir koşullarında, 11.66±0.55 gün **[44]** olarak bildiren sonuçlarla aynı çıkmıştır. Bu araştırmada bulunan ortalama yumurtlama öncesi sürenin; Ege koşullarında 10.8±0.19 gün **[37]**, Ankara koşullarında hafif, orta ve ağır ana arılarda ortalama 10.60±0.134 gün **[39]**, Ardahan koşullarında 2006 yılında 3 dönemde 10.65 gün **[40]**, Ege Bölgesi koşullarında Nisan ayında 10.81±0.129 gün **[42]** ve hafif ve ağır çıkış ağırlığına sahip ana arılarda 8.70 ve 10.47 gün **[45]** olarak belirtilen bildirişlerden yüksek çıktığı görülmektedir.

Araştırma koloni gruplarının 4 transferine ait ana arıların çiftleşme ağırlığı ortalama 239.56±2.49 mg olarak belirlenmiştir. Bu değer; Ankara koşullarında hafif (190 mg altı), orta (190-200 mg arası) ve ağır (200 mg üstü) grupta, ana arıların yumurtlama başlangıcından 3 gün sonrası ağırlıklarını sırasıyla 216.8±2.24, 216.5±2.66 ve 230.8±3.02 mg (ort: 220.9±1.78 mg) bulan **[39]**'dan ve Ege koşullarında bu değeri ortalama 2007 yılında 218.64±1.029 mg ve 2008 yılında 218.87±0.962 mg olarak belirleyen **[42]**'den daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Bu araştırma, Doolittle larva transfer yöntemi ile yapılan teknik ana arı yetiştiriciliğinde; larva kabul oranı, meme uzunluğu, meme hacmi, ana arı çıkış ağırlığı, yumurtlama öncesi süre ve ana arının çiftleşme ağırlığı açısından Akdeniz iklimine sahip Çukurova yöresi ile Türkiye'nin ve dış ülkelerin bazı bölgeleri arasındaki farklılığın olduğu ortaya konulmuştur. Bu farklılıkta; arı ırkı, yıl, mevsim, yetiştirme şekli, larva transfer şekli ve besleme diyetlerinin etkisi olduğu görülmektedir.

VI. SONUÇ

Bu araştırmanın ışığı altında, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesini arıcılık potansiyeli olarak temsil eden Çukurova yöresinde, teknik ana arı yetiştiriciliğinde, başlatıcı ve bitirici kolonilere transferlerden 21 gün öncesinde farklı besleme diyetleri ile beslenmesinin ana arıların kalitesi

üzerinde önemli etkiler yaptığı ortaya konulmuştur. Ana arı yetiştiriciliğinde başlatıcı kolonilerin besleme diyetinde özellikle protein + karbonhidrat içerikli beslenmesinin, ana arıların fiziksel ve üreme özellikleri açısından çok önemli olduğu ortaya konulmuştur. Akdeniz bölge koşullarında sürdürülebilir arıcılık çalışmalarında, arı yetiştiricilerinin teknik olarak kendi kolonilerinin ana arılarını her yıl değiştirmeleri gerekmektedir. Bu bölge koşullarında en kaliteli ana arıların Nisan ayında yetiştirildiği bu araştırma ile belirlenmiştir. Bu araştırma sonuçlarının, Çukurova arı yetiştiricilerine kaliteli ana yetiştirmeleri konusunda katkı getirdiği, larva transfer yaşının, beslenme diyetinin, aşılama tarihinin, ana arı yetiştirme döneminin belirlenmesi açısından yol gösterici olduğu ortaya konmuştur. Böylece, Akdeniz Bölge arıcılarının bu ana arı yetiştirme modeli ile yetiştirecekleri verimli ve kaliteli ana arılar ile daha güçlü kolonilerle çalışarak daha yüksek bal üretimi sağlamalarının yolu açılacaktır. Günümüzde iklimsel değişikliklerin, sürdürülebilir arıcılıkta ortaya çıkaracağı tüm olumsuzluklar da göz önüne alındığında, verimli ve nitelikli ana arılarla çalışmak bölge koşullarında önemli sonuçlar getirecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2018-10061 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Sağladığı maddi destek ve katkılar için Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, çalışmada emeği geçen tüm ekibe teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Kumova, U., 2000. Ülke arıcılığını çağdaşlaştırma konusu üzerine öneriler. TKV Teknik Arıcılık Dergisi, 70: 6-10. Ankara.
[2] Öztürk, A. İ., 2014. Ana arıda kalite kavramı ve ana arı kalitesini etkileyen faktörler. Anadolu J. of AARI 24 (1), 59-65 MARA.
[3] Karaca, Ü., Karaman. S., 2018. Türkiye ana arı üretim maliyeti ve karlılık analizi. Anadolu. J. of AARI. 28 (2), 17–28. MARA.
[4] TÜİK, 2021. Hayvancılık İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/start.do.
[5] Cale, G. Hr., Gowen, J. W., 1956. Heterosis in the honeybee (*A. mellifera* L.,). Genetics. 41(2), 292-303.
[6] Thyri, H., 1965. Correlation between colony populations and honey yields during the Calluna honey flow. 20th International Beekeeping Congress. 3pp.
[7] Woyke, J., 1984. Correlation and interactions between population, length of worker life and honey production by honeybees in a temperate region. J. Apic. Res ., 23 (3): 184-156.
[8] Griffes, J., 2005. Honeybee improvement program. http://griffes.tipod.com/HIP1.html. 12.6.2005.
[9] Rhodes, J., Somerville, D., 2003. Introduction and early performance of queen bee-some factors affecting success. Rural Industries Research and Development Corporation.
[10] Field, O. S., 2008. Field notes on queen rearing. IBRA. Cardiff. 31 pp.
[11] Masry, S. H. D., Abd El-Wahab, T. E., Nadia, M., Hassona, N. M., 2015. Origin, weight at emergence of virgin honey bee queensand its effect on acceptance during ıntroduction. Academic Journal of Entomology 8 (4): 174-182.
[12] Kumova, U., Özkütük, K., 1988. Çukurova Bölgesinde arı yetiştiriciliğinin yapısı. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1): 26-40.
[13] Akdemir, Ş., Kumova, U., Yurdakul, O., Kaftanoğlu, O., 1990. Adana İlinde arı yetiştiriciliğinin ekonomik yapısı. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(1):123-136.

[14] Kumova, U., 1995. Beekeeping of TURKEY. Apimondia XXXIVth International Apicultural Congress, Lausanne Switzer, 3nd Congre Book, pp: 61.
[15] Kumova, U., Korkmaz, A., 2000. Türkiye arı yetiştiriciliğinde Çukurova yöresinin yeri ve önemi. Hayvansal Üretim Dergisi. 41: 48-55. Bornova-İzmir.
[16] Doolittle, G. M., 1889. Scientific queen-rearing. Chicago, Illlinois, USA. Thomas G. Newman&Sons.
[17] Laidlaw, H. H., Eckert, J. E., 1962. Queen Rearing. University of California. USA.1-165.
[18] Weiss, K., 1971. Über ausbildung und leitung von könignen aus eiern und jüngen arbeitermaden. Apidologie, 2 (1): 3-47.
[19] Woyke, J., 1971. Correlation between the ages at which honeybee brood was grafted characteristics of resultant queen and of insemination. Journal of Apicultural Research, 10 (1): 45-55.
[20] Taranov, G. F., 1973. Weight of queens and their quality. Apicultural Abstract, 85/75.
[21] Laidlaw, H. H., 1979. Contemporary queen rearing. Dadant and Sons. Hamilton, Illinois, USA. 199 pp.
[22] Corbella, E., Gonçalves, L. S., 1982. Relationship between weight at emergence number of ovarioles spermatecal size of Africanized honeybees queens (*Apis mellifera* L.,). Apicultural Abst, 153/84.
[23] Rawash, I. A., El-Gayer, F. H., El-Healy, M. S., İbrahim S.M.A., 1983. Effects of larval age and number of cell cups of quality of Cairo-Egyption F1 Hybrid of honeybees Queens. Apic. Abst. 925/85.
[24] Weiss, K., 1983. The influence of rearing conditions on queen development, Queen rearing biological basis and tecnical instructions. Apimondia Publishing House, Bucharest, 83-148.
[25] Szabo, T. I., Heikel. D. T., 1987. Number of spermatozoa in spermathecae of queens aged 0 to 3 years reared in Beaverlodge. Alberta J. of Apic. Res. 262: 79-82.
[26] Ruttner, F., 1988. Breeding techniques and selection for breeding of the honeybee. G. Beardand Son Ltd. Brighton, England.
[27] Scott-Dupree, C. D,. 1989. Queenbee rearing. Queens Printer for Ontario, Canada.
[28] Kaftanoğlu, O., Kumova, U. 1992. Çukurova Bölgesi koşullarında ana arı (*Apis mellifera* L.,) yetiştirme mevsiminin ana arıların kalitesine olan etkileri. Tübitak, Doğa, Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi. 16 (3): 569-577. Ankara.
[29] Fuhai, L.. Fuxiu, L., Shengming, H., Shibi, C., 1993. Study on the relationship between royal jelly yield and supplementary feeding. HoneyBee Royal Jelly Env. China Popular Sci. Press. Beijing-China.131-144. 1993.
[30] Öztürk, A. İ., 1994. Ana arı yetiştiriciliğinde çıkış ağırlığı ve sperm depolamanın ana arı kalitesine etkileri. Doktora Tezi. Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bornova. İzmir.
[31] Dodoloğlu A., Genç F., 1997. Yetiştirme ve tohumlama yöntemlerinin ana arıların *(A. m.* L.*)* bazı özelliklerine etkileri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 21, 379-385.
[32] Öztürk, C., Kumova, U., 1998. Çukurova Bölge koşullarında bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerine uygulanan farklı besleme ve yetiştirme yöntemlerinin arı sütü verimine olan etkilerinin araştırılması. TKV Teknik Arıcılık Dergisi. Sayı: 59. 2-8. Ankara.
[33] Gençer, H. V., Shah, S. Q., Fıratlı, Ç., 2000. Effects of supplemental feding of queen rearing colonies and larval age on the acceptance of grafted larvae and queen traits. Pakistan J. of Biological Sciences, 3 (8): 1319-1322.
[34] Kumova, U., Korkmaz, A., Berkin, Ö., İnceer, M., 2005. An ınvestigation about the effects on royal jelly production in different honeybee (*Apis mellifera* L.,) genotypes. Journal of Mellifera. 5-9: 56-64. Ankara.

[35] Karacaoğlu, M., Köseoğlu, M., Uçak Koç, A., 2004. Farklı yöntemlerin Ege ekotipi *(A. m. anatolica)* ve Kafkas *(A. m. caucasica)* x Ege melezi bal arılarının arı sütü verimleri üzerine etkileri. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(1): 29-33.

[36] Güler, A., Alpay, H., 2005. Reproductive characterstics of some honeybee (*Apis mellifera* L.,) genotypes. Journal of Animal and Veterinary Advances, 4(10): 864-870.

[37] Uçak Koç, A., Karacaoğlu, M., 2005. Anadolu arısı Ege ekotipi *(A. m. anatoliaca)* ana arılarında üreme özellikleri. AMÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(1):73-77.

[38] Kumova, U., Korkmaz A., Burğut, A., Çetin M., 2007. Bal arısı (*Apis mellifera L.*.) kolonilerinde larvaların farklı düzeyde arı sütü ile beslenmesinin çeşitli yetiştirme ve üretim faktörleri üzerine ekisinin araştırılması. V. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. 5-8 Eylül 2007. VYY Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Kongre Kitapçığı, Sayfa: 67 (Sözlü Bildiri).

[39] Kahya, Y., Gençer, V., Woyke, J., 2008. Weight at emergence of honey bee *(Apis mellifera caucasica)* queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. Journal Apicultural Research and Bee World, 47(2): 118-125.

[40] Aslan, S., Hamgir, B., 2010. Ana arı üretiminde farklı koloni populasyonuna sahip analı ve anasız başlatma kolonileri ile üretim mevsiminin ana arı kalitesi ve yetiştiricilik parametreleri üzerine etkileri. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi. 27(2), 81-88.

[41] Delaney, D.A., Keller J. J., Caren, J. R., Tarpy D. R., 2011. The physical, insemination, and reproductive quality of honeybee queens (*Apis mellifera* L.,). Apidologie, 42: 1-13.

[42] Uçak Koç A., Karacaoğlu, M., 2011. Effects of queen rearing period on reproductive features of Italian *(A. m. ligustica),* Caucasian *(A. m. caucasica)* and Aegean ecotype of Anatolian honey bee *(A. m anatoliaca)* queens. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 35(4), 271-276.

[43] Mahbobi, A., Farshineh-Adl, M., Woyke, J., Abbasi, S., 2012. Effects of the age of grafted larvae and the effects of supplemental feding on some morphological characteristics of Iranian queen honey bees. (*A. m. meda* Skorikov, 1929). J. of Apicultural Science, 56 (1), 93-97.

[44] Sheikh, B.A., Shahnawaz, A.D., 2013. Mass rearing of queen bees, *Apis mellifera* L. (Hym: Apidae) for bee colony development raised under the temperate conditions of Kashmir. The Bioscan 8(3), 945–948.

[45] De Souza, D.A., Bezzera-Laure, M. A. F., Francoy, T. M., Gonçalves, L. S., 2013. Experimental evaluation of there productive quality of Africanized queenbees (*Apis mellifera*) on the basis of body weight at emergence. Genetics and Molecular Research, 12 (4): 5382-5391.

[46] Erdoğan A., Uçak, K. A., Karacaoğlu, M., 2017. Anadolu arısı Ege ekotipi *(A. mellifera anatoliaca)* ve *İtalyan (A. mellifera ligustica)* xEge melezi bal arılarının ve farklı yüksük sayılarının arı sütü verimleri üzerine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 21(1): 91-98.

[47] Öztokmak, A., Özmen Özbakır, G., 2017. Effects of queen emergence weight on some behavioral characteristics and colony performance parameters in Şanlıurfa local honeybees *(A.mellifera* L.,*)*. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(4): 385-393.

[48] Adgaba, N., Al-Ghamdi, A., Tadesse Y., Alsarhan, R., Single, A., Seif, E. M., Khan, K. A., 2019. The responses of *A. m. jemenitica* to different artificial queen rearing techniques. Saudi Journal of Biological Sciences, 26 (7), 1649-1654.

[49] Winston, M. L., 1987. The biology of the honey bee. Harverd University Press, pp: 1-281,

[50] Lensky, Y., 1971. Rearing queen honeybee larvae in queenright colonies. J. of Apic. Res. 10 (2): 99-101.

[51] Laidlaw, H. H., Page, R. E., 1997. Queen Rearing and Bee Breeding. Wicwas Press, U.S.A. pp:18-116.
[52] Jianke, L.. Weitua. Y., 1995. Interrelationship Beetween Number of Queen Cells and Royal Jelly Quantity and Quality. Apimondia Zengzhou Animal Huzbandry Engineering Collage Zhengzhou. 450045.
[53] Reid, M., 1975. Storage of queen honeybee. Bee World, 56 (1), 21-23.
[54] Anderson, D., 2004. Improving queen bee production. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication, No:04/153, Project No:CSE-85A.
[55] Efe, E., Bek, Y., Şahin, M., 2000. İstatistiksel Yöntemler II. Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, Kahramanmaraş.
[56] Kayaalp, G.T., Yıldırım, N., 2010. Araştırma ve Denem Metodları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:282, Ders Kitapları Yayın No: A-88, Adana.

Word Segmentation in Bi-lingual Printed Gujarati-English Document using Morphological Techniques

Shailesh Chaudhari

sachaudhari@vnsgu.ac.in
Department of ICT, Veer Narmad Sout Gujarat University, Surat, India

Abstract: Optical Character Recognition (OCR) and image analysis of a given image document are the main objectives of the computer vision field. Accuracy of any OCR directly depends on correct segmentation of various parts of document image (like line, word and character). Word segmentation is difficult specifically, when document is multi-script and varying font size and style is used. In the context of word grouping, previous works have mostly been concerned with words of specific script. This paper represents a new method for extracting script independent words from a bilingual Gujarati-English machine-printed document and an algorithm for distinguishing words from the isolated characters using morphological techniques. This approach is based on size of the structuring element for morphological dilation. In this approach first inter and intra-space between characters and words is counted. Then the three different methods median, average and standard deviation are used to calculate the size of the structuring element. Moreover different shapes of structuring element like disk, diamond, and square are used along with aforementioned three methods. The objective of the proposed approach is to segment the word images from document image in order to separate and extract the words of a bilingual printed document. For the experiment, the dataset of the 30 Gujarati test samples from printed Gujarati documents, 30 English test samples from printed English documents, and 25 mixed test samples from printed bilingual Gujarati-English documents are collected. From experiments, an average accuracy of word segmentation 97.99% and 99.44% were obtained for Gujarati and English words respectively. These accuracy rates are achieved by the average method of structuring element's size.

Keywords: *Bilingual, Morphological, Structure Element*

I. INTRODUCTION

An important problem occurs when the document is bilingual or multilingual. If the document is multilingual, then the OCR loses its ability to read the document because of the dependence of characteristics on the structural properties of the character, style and type of writing that generally differs from a script to another. Therefore, it's imperative to identify the languages present in the document in order to redirect it to the appropriate character recognizer.

In reality, we can't speak of discrimination between scripts without involving document's segmentation. In fact, the segmentation of documents into words is an important step in the process of document recognition; this phase becomes crucial in the case of multilingual document. It is the foundation of all the following steps; it increases also the efficiency of a recognition system.

Optical Character Recognition(OCR) is the process of converting into digital text. This includes the automatic interpretation of images of printed and handwritten documents, including text, forms, postal envelopes, bank cheques, engineering drawings, maps etc [1]. Several systems which work in specific domains, like the ones mentioned above, have been developed. Document Image Analysis can be defined as the process that performs the overall interpretation of document images [2]. The main problem is to segment a document page into text, figures, tables, etc known as page segmentation. A remarkable research work has been done into page segmentation and a number of algorithms have been proposed for the same. Page segmentation algorithms can be categorized into three classes: top-down approaches, bottom-up approaches and hybrid approaches [3]. Top-down algorithms start from the document image and iteratively split it into a number of smaller images. The splitting procedure stops when some specified criterion is met. Examples of top-down approaches are X-Y cut [4] and the shape-directed-covers-based [5] algorithm. Bottom-up algorithms start from document image pixels and cluster the pixels into connected components which are then clustered into words, lines, or final zone segmentations. Examples of bottom-up approaches are the Docstrum algorithm [6], the Voronoi diagram based algorithm [7] and the run-length smearing algorithm [8] and the text string separation algorithm [9]. Hybrid approaches are a mixture of the above two approaches. The split-and-merge algorithm [10] is one such algorithm. A gap clustering technique is used to identify the gaps between words regardless of the gap-size variations among different document images [11]. A complete line and word segmentation system for some popular Indian printed languages is presented [12]. A system for Gujarat handwritten numerals using four different profiles namely; vertical, horizontal and two diagonal profiles feature extraction techniques with multilayer feed forward neural network [13]. A line extraction and line wise script identification based on statistical features is presented [14].

The document segmentation allows to segment documents at different levels, like paragraph or block, line, word, char, etc. The word or character level segmentation is the most difficult among all, given that the segmentation must differentiate between different types of spaces between characters, and between words, which is not always obvious to a word extraction system. The objective of the proposed approach is to segment the word images from document image in order to separate and extract the words of a bilingual printed document. In the present work we have used connected component feature to segment and extract the word image as shown in Fig. 1.

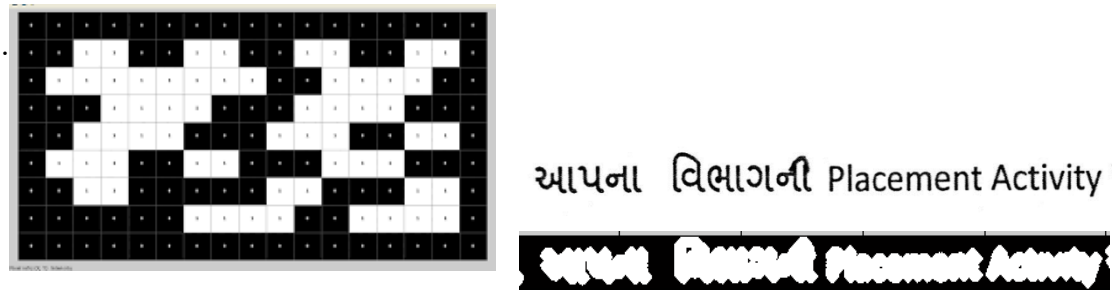


Fig. 1. Connected Components of an Image Object

Our approach uses mathematical morphology to eliminate intra-word spacing and the build connected components formed by different words in the bilingual printed document. We used the morphological dilation to enlarge the image by filling the holes corresponding, in our case, to the intra-word spaces. To accomplish this, we must determine the best Structural Element (SE) that is able to stick the different characters of a word, without sticking words

together as shown in Fig. 2. At this level, two major problems appear. The first is the size of the SE and the second is its shape. The determination of these two characteristic features of the structuring element is the foundation of present work for script independent word extraction.

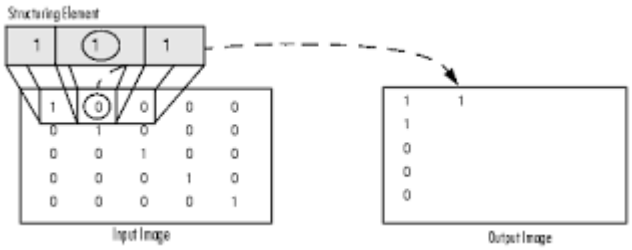


Fig. 2. Structuring Element

Choosing only one or fixed size of the structuring element for each document cannot give a performing segmentation because the intra-word spaces differ from one font to another, and also depend on the size of the font. Similarly, the spaces between words depend on the text alignment, especially in the case of justified text. The shape of the structuring element solves the problem of extracting modifiers along with words. A solution of this problem is to stick modifiers to their words.

The approach developed proceeds line by line to find each time, the size and shape of the structuring elements of the dilation that can separate and extract correctly and with minimal changes different words in a document line. Indeed, we proposed three methods to calculate the size of the structuring element and selected three specific shapes for the structuring element. Our approach consists in testing all the combinations of methods for calculating the size of the structuring element and its forms. In fact, we fix each time the calculation method and we vary the shape. We begin by applying a combination of Gujarati and Roman printed documents. If we get good results, we continue testing on mixed documents. Otherwise, we consider it unnecessary to apply the combination to bilingual documents.

II. METHODOLOGY

A. Space Calculation (Inter character and intra-word)

To calculate the size of the structuring element, first we need to determine spaces in each line and then analyse the line. This analysis is based on the calculation of the vertical projection to determine the values of the different spaces in the document. The next step is to analyse each line vertically and to determine the positions of the spaces within a word and between words of a line If the number of black pixels becomes zero after a sequence of non-zero black pixels then this change corresponds to the presence of a space in the line. Then store the position and calculate the length of this area. In this way, at the end a list composed of space values present in the considered line is created.

Consider an English printed line as shown in Fig. 3. The line is both left-justified and right-justified between the fixed left-hand and right-hand margins and in which each pair of mutually adjacent words is separated by some distance.

Fig. 3. . English Text Line

Firstly, scan the line from the left-margin to the right-margin in the direction of the line height (indicated by Arrow). While scanning a line width, sequentially store the results in the

logical product array as shown in Fig. 4, in terms of "0" (or "black bit") indicating that a black section was detected by that scan and "1" (or "white bit") indicating that the scanned area was all white.

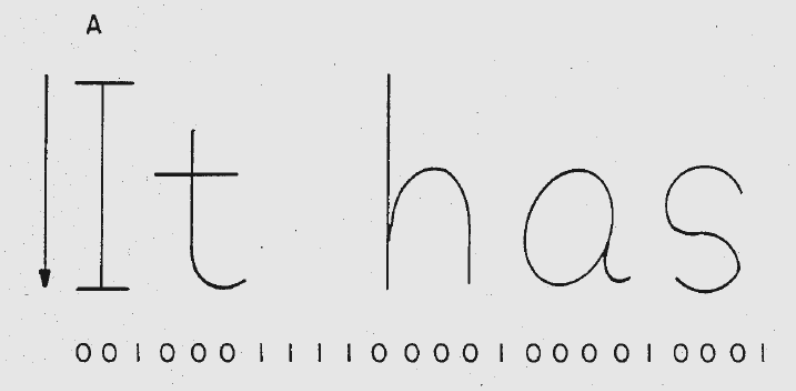


Fig. 4. Logical representation of Fig. 3

After storing the result of one line in the logical product array, examine this array sequentially from the left-hand end as shown by Arrow D in Fig. 5. Then the number of white bits (or "white bit number") in a continuous array sandwiched between black bits "0" on both sides is counted as shown also in Fig. 5. A new list is created which contains only consecutive space values within the inspected line.

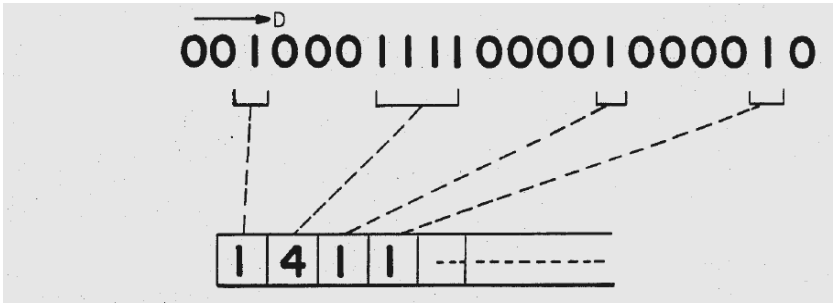


Fig. 5. Space List Creation

Then this list is used for further processing to identify the size of structuring element for morphological dilation operation.

B. Determination of Structure Element(SE) Size

After the detection of spaces in each line of the document, we determine the size of the structuring element according to the three methods (median, mean and standard deviation).

- *SE size using Median*

The median is the numerical value separating the higher half of a data sample from the lower half. The median of a finite list of numbers can be found by arranging all the data from lowest value to the highest value and picking the middle one as in (1).

$$Mdn = l + \left(\frac{\frac{N}{2} - \Sigma fo}{fw} \right) i \quad \text{---------- (1)}$$

where,

L is the lower limit of the interval containing the median.

N is the total number of scores.

Σfo is the sum of the frequencies or number of scores up to the interval containing the median.

fw is the frequency or number of scores within the interval containing the median.

i is the size or range of the interval.

This method proceeds by elimination of redundant spaces present in the line considered. Then sort the new list of spaces in ascending order to permit the interpretation of these values. The median value of this list is considered as the size of the structuring element of the dilation.

- *SE size using Mean*

Mean is the arithmetic average of a range of values or quantities, computed by dividing the total of all values by the total number of values as in (2).

$$\text{Mean} = 1/N \sum_{i=1}^{N} f_k(i) \quad \text{---------- (2)}$$

where,

fk is vector of space list,

k is vector index which takes values k=1, 2,----, N where N is the total no of elements in a vector.

This second method is like the previous one in the determination of distinct values of spaces. It is based on the fact that the threshold value of the SE of the dilation is proportional to the number of spaces present in the image given and their lengths. Indeed, this method sets the size of the structuring element to the average lengths of different spaces in the line introduced.

- *SE size using Standard Deviation*

The standard deviation tells you how the numbers in your sample data are spread. The standard deviation of a data set is the square root of its variance. It is calculated as in (3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}, \quad \text{where} \quad \mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i. \quad \text{---------- (3)}$$

This method is based on the detection of scattered spaces within line. It works on the entire list of spaces in line to be processed. From this list, it calculates the mean. Then, it calculates variance which is the average of the squared differences from the mean. Finally calculate the square root of the variance to get the standard deviation value. This calculation of the structuring element is to generate a list of how much spread occurs between different length spaces. The size of the structuring element corresponds to value of Median or Mean or Standard Deviation.

C. Determination of SE's Shape

After calculating the size of the structuring element, next phase is to identify the suitable shape of structuring element form which allows segmentation of words in the bilingual printed document correctly. The structuring element can have several shapes such as square, diamond, polygon, Euclidean disc, line, point pairs, rectangle, etc. In this approach three specific shapes of the structuring element, the diamond shape, the square shape, and the disk are considered as shown in Fig. 6, Fig. 7 and Fig. 8 respectively.

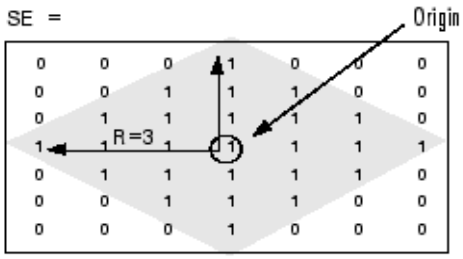


Fig. 6. Diamond Shape of Structural Element

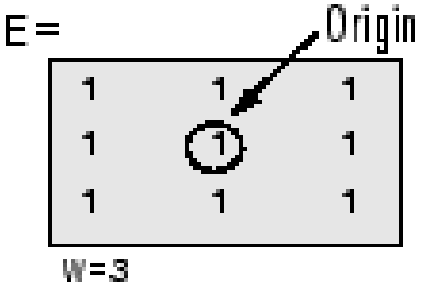


Fig. 7. Square Shape of Structural Element

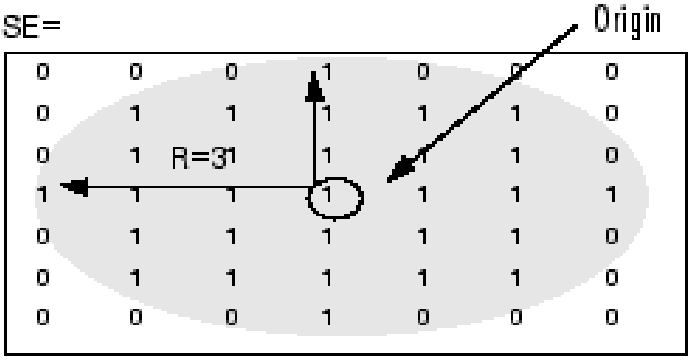


Fig. 8. Disc Shape Structural Element

D. Word Extraction Algorithm

1. *Extract line from the document.*
2. *Create space array by examining inter and intra-word spaces.*
3. *Convert extracted line into binary form.*
4. *Count single and consecutive spaces from the line and store it in a separate array.*
5. *Calculate the size of structuring element using various statistical methods.*
6. *Apply three different methods Median, Mean, and Standard Deviation on space array along with different shape of structuring element.*
7. *Apply different combinations of statistical methods and structuring element shapes.*
8. *Select the best combination, which correctly segment and extract all the words of input line.*

E. Experimental Analysis and Discussion

Due to lack of standard databases, the proposed algorithm has been applied on printed documents collected from various sources. The 30 Gujarati test samples from printed Gujarati documents, 30 English test samples from printed English documents, and 25 mixed test samples from printed bilingual Gujarati-English documents are collected.

- *Diamond Shape & Different Size Methods of SE*

For each line, the diameter of the diamond is equal to the size of the structuring element determined by one of the three calculation methods proposed later. The TABLE I shows the results obtained the diamond shape and three methods of SE size.

TABLE I
SE ACCURACY WITH DIAMOND SHAPE

Structuring Element Shape	Method of Size Calculation	Script	Word Extraction Accuracy
Diamond	Median	Gujarati	56.44%
		Roman	83.49%
	Average	Gujarati	97.99%
		Roman	99.44%
	Standard Deviation	Gujarati	94.40%
		Roman	98.42%

- *Square Shape & Different Size Methods of SE*

For each line, the length of the square is equal to the size of structuring element determined by one of the three calculation methods proposed later. The TABLE II shows the results found by combining the square shape with the three methods of calculating the SE.

TABLE II
SE ACCURACY WITH SQUARE SHAPE

Structuring Element Shape	Method of Size Calculation	Script	Word Extraction Accuracy
Square	Median	Gujarati	28.72%
		Roman	32.74%
	Average	Gujarati	86.66%
		Roman	59.91%
	Standard Deviation	Gujarati	71.10%
		Roman	58.15%

- *Diamond Shape & Different Size Methods of SE*

For each line, the width of the rectangle is equal to the size of the structuring element determined by one of the three calculation methods proposed later and height is equal to two times this value. The TABLE III shows the results found by the disk shape

TABLE III
SE ACCURACY WITH DISK SHAPE

Structuring Element Shape	Method of Size Calculation	Script	Word Extraction Accuracy
Disk	Median	Gujarati	50.87%
		Roman	75.38%
	Average	Gujarati	95.77%
		Roman	99.09%
	Standard Deviation	Gujarati	92.46%
		Roman	98.87%

The TABLE IV represents the best rates achieved for each form of the structuring element.

TABLE IV
BEST ACCURACY WITH DIFFERENT SE SHAPE

Structuring Element Shape	Method of Size Calculation	Script	Good Extraction Accuracy
Diamond	Average	Gujarati	97.99%
		Roman	99.44%
Square	Average	Gujarati	86.66%
		Roman	59.91%
Disk	Average	Gujarati	95.77%
		Roman	99.09%

From experiments, we note that remarkable word extraction accuracies 97.99% and 99.44% were obtained for Gujarati and English words. These rates are achieved by the average method of calculating the structuring element's size based on the spaces values.

The application of this method on the sample printed bilingual documents gave a good extraction rate equal to 98.85%. This result is explained by the sufficiency of method of calculating the size of the structuring element to changes in the lengths of spaces between the words. The Fig. 9, Fig.10, Fig.11 and Fig. 12 shows a sample run of a line from a printed bilingual document consisting of Gujarati vowel modifiers also.

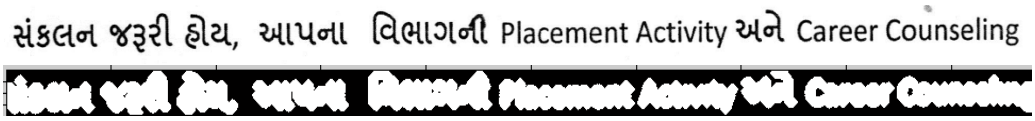


Fig. 9. Word Segmentation from a Bilingual Printed Document

The word segmentation of the printed bilingual document gave 10 words, which correctly corresponds to the words found in the line of the document introduced.

A word extraction method composed of gap clustering techniques has been proposed. The gap clustering technique is resistant to the variations of scanning resolutions, languages in the document, font styles, and so on. The separation and extraction of words in a printed bilingual document constituted the main contribution of our recognition's area, its different stages, and the various available methods of documents segmentation into words. The proposed method has been applied to the segmentation of Gujarati and Roman documents and proven to be effective.

This work can be further extended to the processing of textual handwritten bilingual documents, to mixed bilingual documents (both handwritten and printed forms in the same document) as well as treatment of bilingual documents of any kind.

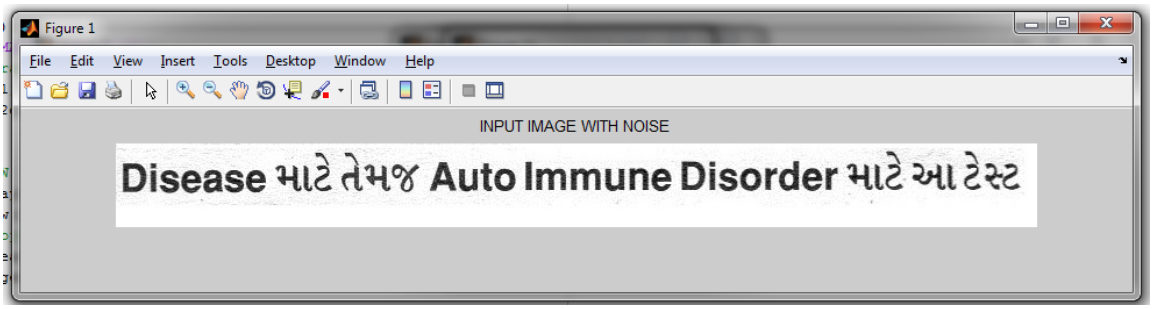


Fig. 10. Text line image containing Gujarati and English words

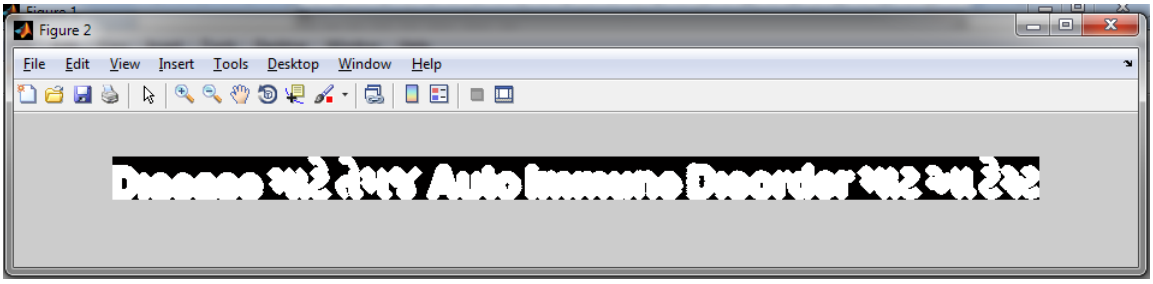


Fig. 11. Text line image after morphological dialation operation

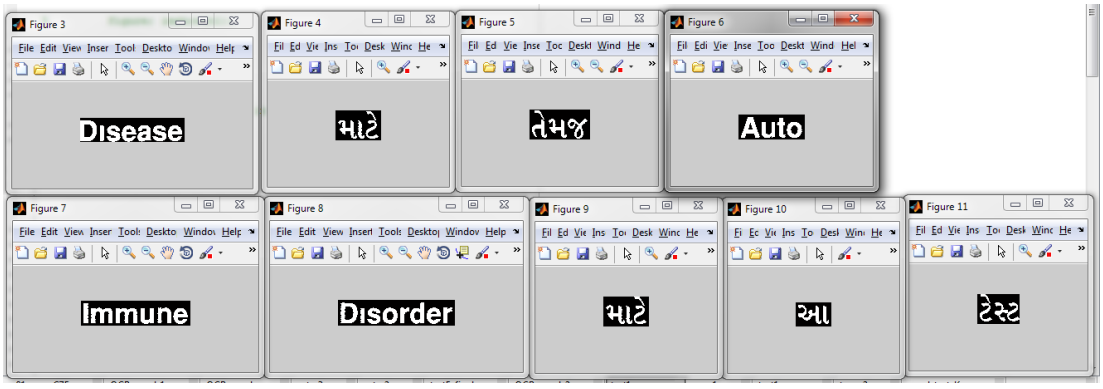


Fig. 12. Segmented words from Bilingual Text line image

III. CONCLUSION

A word segmentation method composed of gap clustering techniques has been proposed. The gap clustering technique is immune to the variations of scanning resolutions, languages in the document, font styles, and so on. The segmentation of words in a printed bilingual document constituted the main contribution of our recognition's area, its different stages, and the various available methods of documents segmentation into words.

We have developed different methods for calculating the size of the structuring element for morphological dilation, combined with different forms and tested on samples of printed Gujarati and Roman documents. After that, we have compared the results, and the best performing was chosen to testing printed bilingual documents in our study. The proposed method has been applied to the segmentation of Gujarati and Roman documents and proven to be effective.

We also plan to extend our method to the processing of textual handwritten bilingual documents, to mixed bilingual documents (both handwritten and printed forms in the same document) as well as treatment of bilingual documents of any kind.

REFERENCES

[1] Y. Y. Tang, M. Cheriet, J. Liu, J. N. Said, and C. Y. Suen, "Document analysis and recognition by computers," Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision.

[2] T. Watanabe, ``Document analysis and recognition," IEICE Transactions Inf. and Syst., vol. E82-D, No. 3, March, 1999.

[3] S. Mao and T. Kanungo, "Empirical performance evaluation methodology and its application to page segmentation algorithms," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, March, 2001.

[4] G. Nagy and S. Seth, "Hierarchial representatoin of optcially scanned documents," Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, vol. 1, pp. 347-349, July, 1984.

[5] H. S. Baird, S. E. Jones, and S. J. Fortune, "Image segmentation by shape-directed covers,"Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, pp. 820-825, June, 1990.

[6] L. O. Gorman, "The document spectrum for page layout analysis," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, pp. 1162-1173, 1993.

[7] K. Kise, A. Sato, and M. Iwata, "Segmentation of page images using the area voronoi diagram," Computer Vision and Image Understanding, vol. 70, pp. 370-382, 1998.

[8] F. Wahl, K. Wong, and R. Casey, "Block segmentation and text extraction in mixed text/image documents," Grahical Models and Image Processing, vol. 20, pp. 375-390, 1982.

[9] L. O. Gorman and R. Kasturi, "Document image analysis," IEEE Computer Society Press, 1995.

[10] T. Pavlidis and J. Zhou, "Page segmentation and classification," Graphical Models and Image Processing, vol. 54, pp. 484-496, 1992.

[11] Soo H. Kim, Chang B. Jeong, Hee K. Kwag, and Ching Y. Suen "Word Segmentation of Printed Text Lines Based on Gap Clustering and Special Symbol Detection", ICPR-2002.

[12] Nallapareddy Priyanka, Srikanta Pal and Ranju Mandal, "Line and Word Segmentation Approach for Printed Documents", IJCA Special Issue on "Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition", RTIPPR, 2010.

[13] Apurva A. Desai. , "Gujarati handwritten numeral optical character reorganization through neural network", Pattern Recognition, Vol. 43, no.7 pp. 2582-2589, 2010.

[14] Shailesh Chaudhari and Ravi Gulati, "Script Identification from bilingual Gujarati-English Documents", International Journal of Computer Applications (IJCA), Vol. 93 No. 17, 2014.

Identification Of Foot Gestures by Machine Learning Using EMG Data on The Surface of The Lower Leg

Oğulcan Çelik[1], İbrahim Kaya*[1]

*ibrahimkaya21@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-0802-4376
[1]*Department of Biomedical Engineering,* Izmir Katip Celebi University*, Izmir, Turkey*

Abstract: Expensive experimental studies have been recorded in the literature using multi-channel EMG data on hand, arm, and foot extremities. There are also single-channel surface EMG signal studies, but these studies are limited. The procedures for recording and defining foot gestures are available in the literature. However, methods for machine learning identification of foot gestures are known to be scarce. Moreover, there is an excess of materials used. Based on the basic movements in the literature, it is aimed to use the signals over a single channel by using surface EMG and machine learning and to examine the received signals within the framework of these processes. It is also known that there are differences in the use of segmentation techniques and that there are different results in classification processes. In this study, it was aimed to design a single-channel experimental setup and to record the surface EMG data of the muscles of the lower leg for 4 seconds. The data obtained after the basic gestures of the foot limb were applied in a certain order were used to compare among themselves. Different foot movement classification techniques have been used. In addition, it is planned to evaluate the accuracy of the recorded data using machine learning methods and to compare it with other methods using the gesture detection technique, which is one of the segmentation methods.

Keywords- *SEMG (Surface Electromyography), Machine Learning (ML), Foot Gesture*

I. INTRODUCTION

DAY by day robotic technologies are used in many areas such as replacing missing limbs and simultaneously applying patient control or moving robot arms and feet with remote control. EMG (Electromyography) signals are used to control and diagnose some basic movements. EMG consists of biopotential signals originating from muscle contraction [1]. These signals are caused by various electrochemical and electromechanical events occurring in the body [2]. Spontaneous muscle movements occur when the action potentials formed in the brain are transmitted to the muscles through the nerves [3]. EMG signals from the body are recorded with the help of electrodes [4]. Electrodes are named according to their use as surface or subdermal (disposable Ag/AgCl or reusable needle electrodes). Signal evaluation can be done in the time domain or frequency domain. Thanks to the studies in the literature on the characteristics of EMG, the signals of many movements can be seen. Observing these movements over the signal allows it to be used in numerous areas [5]. It plays a key role in recording basic movements in machine learning studies. Moreover, it is known that it will be an important structure in the creation of algorithms for future robotic foot prostheses using the signal data obtained with EMG. EMG signals are recorded in seconds and converted into meaningful data using various filtering methods [6]. In the literature, data obtained from healthy individuals are recorded. The qualities of the recorded signals are interpreted and sorted. The training set is formed by using machine learning techniques. During this interpretation, the data

trained in the machine learning process are evaluated with the necessary parameters and specially numbered to contribute to the testing phase. Before these events take place, it is vital to know how and in what direction the movements are made. For this reason, it is essential to clearly understand the characteristics of the muscles and the direction in which the signals formed in the movements occur. In this research we focused on the extraction of widely known EMG features and machine learnings techniques to detect basic foot gestures automatically [7].

II. MATERIAL AND METHOD

The measurement of the muscle signals can be measured by various EMG methods [8]. To understand the sensitivity of the data to be measured, it is crucial to know the various features of EMG [9]. To access EMG data, first, the device to be used must be selected. The BIOPAC device was used in the experiments. In general, EMG signals are recorded with electrodes and amplified and digitized by the bio amplifiers. Afterwards the data is processed in the computer using various signal processing and machine learning methods.

A. Participants

Thirteen healthy individuals (seven males, six females) took part in this study. Their ages were between 18 and 55 and they were all right foot dominant. Subjects were informed and filled an informed consent and responded to the questionnaire with specific questions suited for the experiment.

B. Experimental Setup

The main task of the experiment was to record the EMG data of the basic foot gestures. The movements performed according to standard anatomical positions were examined by considering certain muscle contractions. After these procedures, the completion of foot gestures and recording of contraction signals with real-time EMG device were conducted. Certain muscles contract for basic foot movements. The contractions that occur in certain parts of the leg have anatomical names on the leg musculature. Electrodes to be used in the EMG device should be placed in these areas to accurately record the gesture EMG signals [10]. To reach the conclusion that it can be performed on a single channel, it is important to properly position the electrodes on the specific musculature in the application of basic movements.

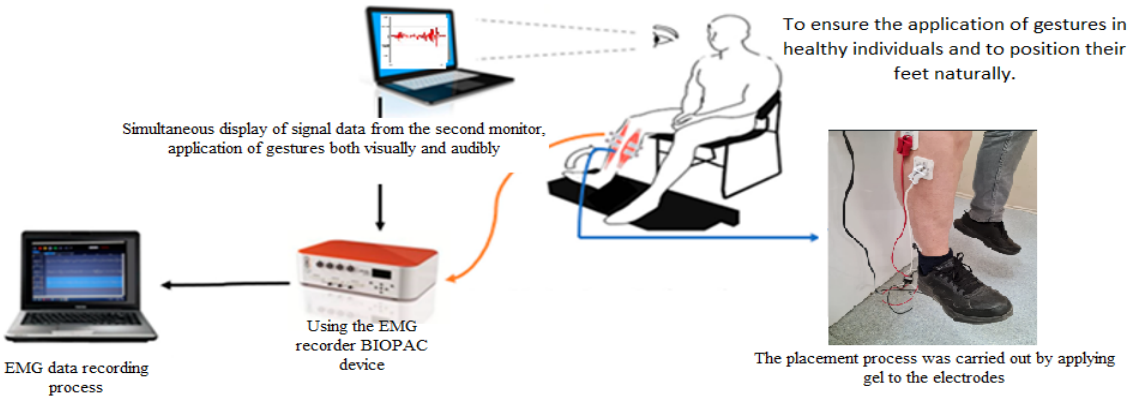


Fig. 1. Setup of the process

C. Electrode Placement

First, electrode impedances were checked by placing the SEMG device in a suitable place and connecting the necessary SS2LB electrode receiver cable extension. The electrodes were

connected to the positive, negative, and ground electrode receivers located at the cable end. The electrode impedance level was measured as KΩ after the gel, which eases signal reception, was placed on the electrode tips, and applied. This process allows to decide how accurately the data was received. It is known from literature verification that impedances for foot data should be at most 50 KΩ. Three disposable Ag/AgCl electrodes were appropriately placed in the proper lower leg musculature, with reference to the sample table, to receive EMG signals from each healthy individual through a single channel. Due to the necessity to find the most intense contraction signal, the electrodes are placed in the yellow regions in figure 2. The positive pole between the Gastrocnemius and Soleus castes is placed under the Head of the Fibula, closest to the main contractile system, is the area of joint contraction close to the Tibialis Anterior, Peroneus Longus, Gastrocnemius Lateralis, Extensor Hallucis Longus and Extensor Digitorum Longus muscles. The negative pole electrode was placed close to the Fibularis Longus and Soleus muscles, two fingers below the positive pole electrode. Since the ground electrode must be fixed, the reference electrode is placed on the Fibular Retinaculum. The reason the reference electrode is placed in the Fibular Retinaculum is that the supplied reference electrode must be in a place where it will not affect the other poles. The positioning of the electrodes was conducted by SENIAM positioning, taking as an example from the dodging in the literature [11]. The use of this method has played a key role in creating a layer suitable for machine learning. To properly receive the signals generated by the contraction of the gestures to be applied and recorded, the electrodes must be positioned on the proper muscles. Hence, the anterior tibialis muscle was used for the dorsiflexion gesture, the peroneus longus muscle was used for foot inversion and eversion, the gastrocnemius lateralis muscle was used for plantar flexion, and all these muscles were used together for the resting position.

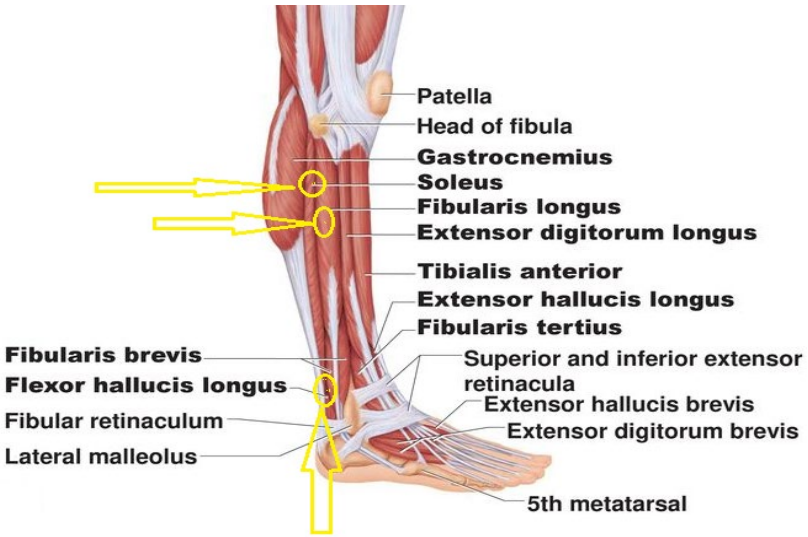


Fig. 2. The places where the positive, negative, and ground electrodes are positioned, respectively, inside the yellow-colored bubbles from top to bottom [12].

D. Foot Gestures and Data Collection

Fig. 3. Sequential demonstration of basic foot gestures [13].

After the electrodes were properly placed on the participant's right foot, the gestures were shown in a practical way to make the gestures to be applied correctly. Signal data is displayed on the monitor to avoid missing data by performing visual tracking of the participant for seconds. Gestures are recorded within a period of 4 seconds. It is performed ten times for a single gesture. As shown in Figure 3, the jets were made in order from left to right and recorded with the BIOPAC device [14].

Gesture SEMG data was recorded by performing ten repetitions of the 4 seconds trials, respectively. For the gestures to be used with machine learning methods, sequential recording was made because the collection of data must be in the proper order and with a certain accuracy. As you can see in Figure 3, the usage patterns of the gestures in the literature were applied as a reference. Dorsiflexion (DF), inversion (IN), eversion (EV), plantar flexion (PF), and resting (RE) gestures were requested from the participants, respectively. Then, the data obtained from the BIOPAC device were converted to MATLAB files with the extension ".m" and saved, and a suitable MATLAB script for machine learning with the data was programmed. In total, five basic foot gestures were repeated ten times and recorded for 4 seconds. The training and testing of the recorded data was conducted using supervised and unsupervised machine learning methods.

To create machine learning model for the classification, the feature extraction process was applied on the program. Classification learning techniques recommended to be used in the literature for foot gestures were applied sequentially [15] and the learning set with the highest learning accuracy was recorded. The accuracy of the test data was calculated by extracting the recorded learning set prediction model. The process of using the surface EMG over a single channel was conducted like the BIOPAC device usage method used by the BIOPAC. To receive the signal data, the electrodes were placed on the muscle contraction areas by applying EMG electrode gel on, to increase the quality of the data. The process of recording EMG signals of the foot gestures was conducted similarly to the application scheme in the article (see Figure 1) [16].

E. Identification of Foot Gestures by Machine Learning

Using the supervised machine learning methods of machine learning, the processing of foot gestures has been discussed in the literature. However, in addition to the application of multiple channels in the processing of signals, the use of supervised machine learning for data to form basic algorithms is insufficient. While deciding to apply the supervised machine learning method, some criteria from earlier studies were considered when positioning the surface EMG electrodes according to the gestures and evaluating the necessary numerical results of the data to be recorded during signal processing [17]. The definition of foot movements was made by setting up a specific procedure (see figure 4) [18].

EMG data is split into multiple partitions or windows using different techniques common in the literature, such as gesture detection and sliding windowing. Gesture detection calculates the beginning and end of a gesture, only returns the EMG corresponding to the muscle contraction [19]. Therefore, segment lengths are variable as they depend on the duration of the gestures. Although it is known that the use of the sliding windowing method in signal data increases the data, we think that it is more reasonable for the gesture recognition method to play an active role in the classification accuracy by taking the entire record of the applied motion. For example, suppose a foot gesture has 4 seconds of signal data and this data is recorded every 250ms using the sliding windowing method. We know that augmentation of data is done by shifting every 250ms. However, by use of the data segments, which we take as 250ms portions of the whole signal another gesture resembling to some part of the correct foot gesture can be

confused with the 250ms of the contraction signal. At least, we argue that the data obtained by surface EMG should be used because of the processes, where the use of gesture detection technique for machine learning plays a key role in achieving a more exact result.

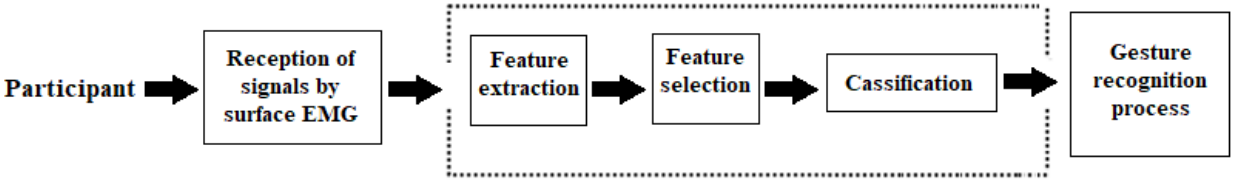


Fig. 4. Stages of transactions.

i. Feature Extraction

Feature extraction techniques map EMG to a feature set. These techniques extract features in different domains such as time, incidence, time-frequency, space, and fractal [20]. A few of the general feature extraction techniques in the literature have been used for EMG [21]. In our study, the time-domain features consisted of Mean absolute value (MAV), root mean square (RMS), waveform length (WL), zero crossings (ZC), standard deviation (SD), variance (VAR), mean, Integrated EMG (iEMG), sample entropy (SampEn), Absolute Value Of The Summation Of Exponential Root(Abs-RSE), kurtosis (KURT), skewness (SKEW), absolute value of the summation square root (Abs-RSS), Average Energy (ER) , Difference Absolute Mean Value (D-MAV) and Auto Regressive Model (ARM) [22]. With the help of MATLAB EMG Features Toolbox [23], the signal data has been extracted into its features. After the features were extracted, they were collected into a single data frame. This data frame constitutes the training set.

ii. Classification

K-NN (K-Nearest Neighbors) is one of the algorithms used for classification and regression in Supervised Learning. It is considered the simplest machine learning algorithm. With K-NN, the closest K points to the new point we want to classify are searched. K represents the number of nearest neighbors of the unknown point. The k quantity of the algorithm (usually a single number) is chosen to estimate the results consisting of the k closest training samples in the feature space of the input [24][25]. Weighted K-NN is the nearest neighbor classifier using distance weighting [26]. Linear Discriminant Analysis (LDA) is used as a size reduction technique in the preprocessing stage for machine learning applications. The aim is to avoid overfitting and at the same time reduce computational costs. LDA explores transformations by maximizing inter-class dispersion and minimizing intra-class dispersion [27]. A class-dependent or class-independent method can be used to achieve this transformation. SVM (Support Vector Machine) is a supervised machine learning algorithm that can be used to solve classification or regression problems. However, it is mostly used in classification problems. Each data item is plotted as a point in n-dimensional space (where n is the number of features), the value of each feature being the value of a particular coordinate. SVMs can efficiently perform nonlinear classification using kernel numbers and indirectly map their inputs to higher-dimensional feature spaces in addition to linear classification [28]. Decision tree, tree-based learning algorithms are reflected as one of the most widely used and supervised learning methods [29]. Tree-based methods have high accuracy, stability, and ease of interpretation. Unlike linear models, they can also map nonlinear relationships quite well. It can be adapted to solve any given problem with classification or regression [30]. A highly accurate training model was created under the name of Fine-Tree, which is one of the decision tree methods used as a classification model in the experiment.

A confusion matrix was obtained to observe the training efficiency of the trained classification models created in machine learning in the MATLAB program (see Figure 5). Rows are classes of actual transactions and columns are classifications of predictive data. The percentages in the boxes of the matrices indicate how accurately the gestures are classified. Accuracy rates and error rates are shown on the right side of the figure 5. This classification model for test data helped to compare the data.

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

Basic foot gestures and feature extraction of received signal data were performed and a machine learning algorithm was generated on the program. The features were collected under the "Train" data frame to perform machine learning and classify the collected EMG data according to foot gestures. Training models were created with the data collected using the Classification Learner tool in MATLAB. The training models are respectively; Decision Tree, Fine K-NN, LDA, SVM and Weighted K-NN. For the test data, last 3 EMG data of ten repetitions of each gesture not added to the training set were used, and the test data frame was formed by mixing each of these 3 EMG signal data. Test data were processed using trained models to predict the correct class of gesture signal. It was seen that the highest accuracy was 81.51% with Fine K-NN classification (see Figure 6). When the confusion matrix and the correct prediction rate of gestures were compared, it was seen that the Resting position and Dorsiflexion gestures had the best training performance. The training efficiency of the Eversion gesture was observed to be the lowest (see figure 5). As a result of the tests, it is known that the electrodes are placed correctly and that it is close to the Peroneus Longus region, where the muscles responsible for this gesture are located. However, since the difficulty level of the movement is higher than other gestures, it was difficult for the participants to repeat the movement. This has led to deviations in percent accuracy and misclassification as another movement. In measuring the activity of the muscles responsible for basic movements, the positioning of the electrodes according to their proximity to these responsible muscles reveals that there is no problem in the prediction of the gesture using the test data. Test data were used to evaluate the prediction rate of the training model generated because of training efficiency. Then, a comparison of the prediction levels of the classification activities was made. The correct positioning of the electrodes has a significant impact on the quality of the data obtained. The role of using MATLAB Toolboxes in building the healthy training model is of paramount importance in extracting the characteristics of the signals by the SEMG dataset. According to the results obtained, the high accuracy of the prediction of the gestures by using the EMG features in the literature was found sufficient for the gesture detection segmentation method [31][32]. Unlike other studies, it has been proven that the detection of foot gestures can be done through a single channel [33]. After creating the training model with training efficiencies, the prediction accuracy rates of the test data according to the models in order; a) Decision Tree prediction accuracy rate is %65,64, b) Fine K-NN training model accuracy rate is %81,51, c) LDA prediction accuracy rate is %58,46, d) SVM prediction accuracy rate is %70,77 e) Weighted K-NN prediction accuracy rate is %77,95.

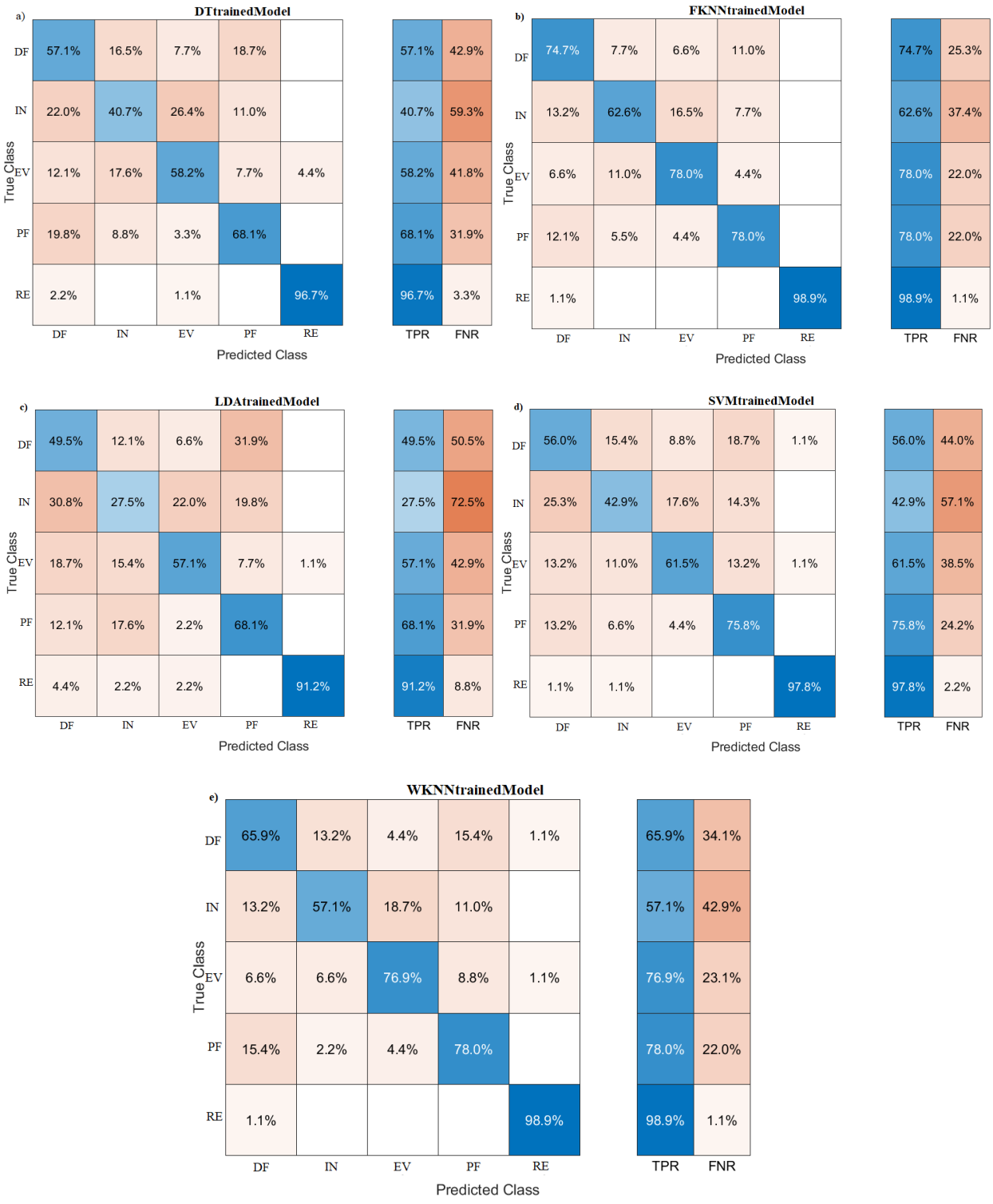


Fig. 5. Confusion matrices generated to observe the training efficiencies of the classifications of foot gestures after extracting their properties.
a) Decision Tree (Fine Tree) classification, b) Fine K-NN classification, c) LDA classification, d) SVM classification, e) Weighted KNN classification.

IV. CONCLUSION

The lack of methods used for the detection and recognition of foot gestures using machine learning techniques in the literature has been an important reason for this research. Therefore, research has proven to play a key role in supporting the literature. The results obtained show the accuracy of our application methods. In the literature, the estimation accuracy rates achieved by recording foot gestures with different methods are between 80-90% on the average. Our high prediction accuracy rate is 81,51% (see figure 6). Thus, it has been seen that the algorithms we generated, and the gestures data obtained by surface EMG from a single channel give positive results because the estimation accuracy rate is within the specified average. It has also been proven with this accuracy that the foot gesture signals can be recorded from a single channel under suitable ambient conditions. It has also been discussed that foot gesture signal recordings can be made with the motion detection segmentation method. It has also been proven that the algorithms developed for machine learning are suitable and these operations can be performed. Inspired by this study, results that will play a significant role for foot gesture signals recording experiments and machine learning applications have been obtained in the literature. In future studies, it is planned to investigate which basic gestures are correct in machine learning and to investigate the usability of machine learning algorithms created with gestures defined in robotic foot prosthesis technology. For future studies we aim to perform ANOVA to compare the effect of classification learning method on the prediction accuracy of foot gesture detection.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the participants who took part in this study.

REFERENCES

[1] S. A. Fandaklı, H. Okumus, & A Erdem, "Design and dynamic modelling of an ankle-foot prosthesis for transfemoral amputees," International Conference on Engineering Technologies ICENTE'18, pp. 409-415, 2014.

[2] J. Wang, O. A. Kannape & H. M. Herr, "Proportional EMG control of ankle plantar flexion in a powered transtibial prosthesis." In 2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), pp. 1-5, IEEE, June 2013.

[3] M. Tavakoli, C. Benussi & J.L. Lourenco, "Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach," Expert Syst. Appl., vol. 79, pp. 322–332, 2017

[4] Neuro Park, "Elektromiyografi (EMG)," 25-April-2018, [Online] https://www.neuro-park.com/elektronoromyografi-enmg/. [Accessed: 10-June-2022.]

[5] S. A. Güvenç, "Ön kol yüzey emg sinyallerinin örüntü tanıma tabanlı analizi ve yapay sinir ağları ile sınıflandırılması" (Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik University), 2014.

[6] O. A. Kannape & H. M. Herr, "Split-belt adaptation and gait symmetry in transtibial amputees walking with a hybrid EMG controlled ankle-foot prosthesis," In 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp. 5469-5472, IEEE, August 2016.

[7] N. Hooda, R. Das & N. Kumar, "Fusion of EEG and EMG signals for classification of unilateral foot movements," Biomedical Signal Processing and Control, vol. 60, pp. 101990, 2020.

[8] A. F. T. Ibrahim, V. R. Gannapathy, L. W. Chong, & I. S. M Isa, "Analysis of electromyography (EMG) signal for human arm muscle: a review," Advanced Computer and Communication Engineering Technology, pp. 567-575, 2016.

[9] S. Maragliulo, P. F. A. Lopes, L. B. Osório, A. T. De Almeida, & M. Tavakoli, "Foot gesture recognition through dual channel wearable EMG system," IEEE Sensors Journal, vol. 19 vol. 22, pp. 10187-10197, 2019.

[10] M. A. Khan, S. Abdullah, M. Serpelloni, & E. Sardini, "Design of FES based muscle stimulator device using EMG and insole force resistive sensors for foot drop patients," Adv. Mater. Lett., vol. 9, no. 11, pp. 776-780, 2018.

[11] H. J. Hermens, B. Freriks, R. Merletti, D. Stegeman, J. Blok, G. Rau, C. Disselhorst-Klug & G. Hägg, "European recommendations for surface electromyography," Roessingh Research and Development, vol. 8 no. 2, pp. 13-54, 1999.

[12] L. A. Reeser, R. L. Susman & J. T. Stern Jr, "Electromyographic studies of the human foot: experimental approaches to hominid evolution," Foot & ankle, vol. 3, no. 6, pp. 391-407, 1983.

[13] M. C. Carrozza, A. Persichetti, C. Laschi, F. Vecchi, R. Lazzarini, P. Vacalebri, & P. Dario, "A wearable biomechatronic interface for controlling robots with voluntary foot movements," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 12, no. 1, pp. 1-11, 2007.

[14] BIOPAC Systems Inc, "System solutions for great data, great science," 19-Sept-2016, [Online] Available: https://www.biopac.com/research/. [Accessed: 2- June-2022.]

[15] K. R. Lyons, & S. S. Joshi, "A case study on classification of foot gestures via surface electromyography," In Proc. Annu. Conf. Rehabil. Eng. Assist. Technol. Soc. Amer., pp. 1-5, September 2021.

[16] A. Noor, A. Waris, S. O. Gilani, A. S. Kashif, M. Jochumsen, J. Iqbal, & I. K. Niazi, "Decoding of ankle joint movements in stroke patients using surface electromyography," Sensors, vol. 21, no. 5, pp. 1575, 2021.

[17] B. Fulkerson, D. Michie, D. J. Spiegelhalter, & C. C. Taylor, (1995). "Machine learning, neural and statistical classification," Technometrics, vol. 37, no. 4, pp. 459, November 1994.

[18] C. Prasad, V. K. Balakandan, P. Moorthy, & S. Kochuvila, "Classification of sEMG signals for controlling of a prosthetic foot using SVM and KNN," In 2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS), pp. 454-458, IEEE, May 2019.

[19] A. Jaramillo-Yánez, M. E. Benalcázar & E. Mena-Maldonado, "Real-time hand gesture recognition using surface electromyography and machine learning: a systematic literature review," Sensors, vol. 20, no. 9, pp. 2467, 2020.

[20] H. Abbasian, B. Nasersharif, A. Akbari, M. Rahmani, & M. S. Moin, "Optimized linear discriminant analysis for extracting robust speech features," In 2008 3rd International symposium on communications, control, and signal processing, pp. 819-824, IEEE, March 2008.

[21] J. Too, A. Abdullah, N. M. Saad, & W. Tee, "EMG feature selection and classification using a pbest-guide binary particle swarm optimization," Computation, vol. 7, no. 1, pp. 12, 2019.

[22] H. M. Karakoyun, & M. Hacıbeoglu, "Statistical Comparison of Machine Learning Classification Algorithms Using Biomedical Data Sets," Dokuz Eylul Univ. Fac. Eng. J. SciEng., vol. 16, pp. 30-41, 2014.

[23] S. Liang, Y. Wu, J. Chen, L. Zhang, P. Chen, Z. Chai & C. Cao, "Identification of gesture based on combination of raw sEMG and sEMG envelope using supervised learning and univariate feature selection," Journal of Bionic Engineering, vol. 16 no. 4, pp. 647-662, 2019.

[24] J. Too, A. Rahim & N. Mohd, "Classification of hand movements based on discrete wavelet transform and enhanced feature extraction," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, The Science and Information Organization, vol. 10, no. 6, 2012.

[25] J. M. Johnson & A. Yadav, "Fault Detection and Classification Technique for HVDC Transmission Lines Using KNN," Lecture Notes in Networks and Systems, pp. 245–253, 2017.

[26] Z. Zhang, "Introduction to machine learning: k-nearest neighbors," Annals of translational medicine, vol. 4, no. 11, 2016.

[27] A. Sharma & K. K. Paliwal, "Linear discriminant analysis for the small sample size problem: an overview," International Journal of Machine Learning and Cybernetics, vol. 6, no. 3, pp. 443–454, 2014.

[28] C. Cortes, & V. Vapnik, "Support-vector networks," Machine Learning, vol. 20, no.3, pp. 273–297, 1995.

[29] L. Peter, F. Maryncak, A. Proto & M. Cerny, "Fuzzy classification of hand's motion," IFAC-PapersOnLine, vol. 51, pp. 354–359, 2018.

[30] L. Zhao, X. Zheng, H. Yan, S. Wang & K. Zhang, "Construction and Application of the Decision Tree Model for Agricultural Land Grading Based on MATLAB," 2009 Second International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining, IEEE Computer Society, pp. 155-158, 2009.

[31] C. Lin, Y. Tang, Y. Zhou, K. Zhang, Z. Fan, Y. Yang, Y. Leng & C. Fu, "Foot gesture recognition with flexible high-density device based on convolutional neural network," In 2021 6th IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM), pp. 306-311, IEEE, July 2021.

[32] R. Gupta & R. Agarwal, "Single channel EMG-based continuous terrain identification with simple classifier for lower limb prosthesis," Biocybernetics and Biomedical Engineering, vol. 39, pp. 775-778, 2019.

[33] S. Liang, Y. Wu, J. Chen, L. Zhang, P. Chen, Z. Chai, & C. Cao, "Identification of gesture based on combination of raw semg and semg envelope using supervised learning and univariate feature selection," Journal of Bionic Engineering, vol. 16, no. 4, pp. 647–662, 2019.

2-Propanol/Su Karışımlarının Polibenzimidazol Membran Kullanarak Pervaporasyon Prosesi ile Saflaştırılması

Purification of 2-Propanol/Water Mixtures by Pervaporation Process Using Polybenzimidazole Membrane

Buse Ünal[*,1], Bade Mutlu[1], Derya Ünlü[*,1]

[*]derya.unlu@btu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5240-5876
[1]*Kimya Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye*

Özet: Bu çalışmada 2-Propanol/su azeotrop karışımının membran destekli ayırma prosesi pervaporasyon ile ayrılması amaçlanmıştır. 2-Propanol, birçok sektörde çözücü olarak kullanılan değerli solventlerden biridir. Pek çok sektörde kullanılması atık sulardan geri kazanımını da önemli kılmaktadır. Bu çalışmada da bu amaçla yola çıkılarak 2-Propanol/su azeotrop karışımının dehidrasyon işlemi için membran destekli ayırma prosesi olan pervaporasyon kullanılmıştır. Hidrofilik karakterdeki polibenzimidazol (PBI) membranı kullanılarak suyun karışımdan uzaklaştırılması sağlanmıştır. Membran çözeltiden döküm ve solvent buharlaştırma tekniği kullanılarak hazırlanmıştır. Membranın sorpsiyon kapasitesi, azeotrop koşullardaki ayırma performansı ve tekrar kullanılabilirliği incelenmiştir. Polibenzimidazol (PBI) membranın sudaki şişme derecesi %87 iken, 2-propanolde şişme derecesi göstermemiştir. Pervaporasyon deneylerinde ise toplam akı değeri 1.saatin sonunda 0.18 kg/m^2.sa iken 4 saatin sonunda 0.84 kg/m2.sa'tir. Bununla birlikte suyun seçicilik değeri de zamanla düşüş göstermiştir. İlk saatin sonunda suyun seçicilik değeri 125 iken 4. saatin sonunda bu değer 24'e düşmüştür. Tekrar kullanım deneylerinde ise birinci kullanımdan sonra akı ve su seçicilik değerleri 0.86 kg/m^2.sa ve 121 olarak elde edilirken, beşinci kullanımdan sonra 0.935 kg/m^2.sa akı ve 102 su seçicilik değeri elde edilmiştir. Tekrar kullanım sonrası membranın şişmesi nedeniyle akı değeri %8'lik bir artış göstermiştir. Beş kez tekrar kullanımdan sonra, PBI membranın iyi kimyasal ve mekanik dayanım sergilediği görülmüştür. 2-Propanol/su karışımının azeotrop koşullar altında pervaporasyon prosesi ile polibenzimidazol membranı kullanılarak başarılı bir dehidrasyon işleminin gerçekleştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *2-Propanol, Membran, Pervaporasyon, Polibenzimidazol*

Abstract: In this study, it was aimed to separate the 2-propanol/water azeotrope mixture by membrane aided separation process pervaporation. 2-Propanol which is used as a solvent in many industries, one of the valuable solvents. 2-Propanol uses in many sectors, this makes it important to recover from wastewater. In this study, membrane-aided separation process pervaporation was used for the dehydration process of the 2-Propanol/water azeotrope mixture. The water was removed from the mixture by using a hydrophilic polybenzimidazole (PBI) membrane. The membrane was prepared using the solution casting and solvent evaporation technique. The sorption capacity, separation performance and reusability of the membrane under azeotropic conditions were investigated. It was observed that a successful dehydration process was achieved by the pervaporation process of the polybenzimidazole membrane and the 2-Propanol/water mixture under azeotropic conditions. While the swelling degree of polybenzimidazole (PBI) membrane in water was 87%, it did not show swelling in

2-propanol. In pervaporation experiments, the total flux value was 0.18 kg/m^2.h at the end of the 1st hour, and 0.84 kg/m^2.h at the end of 4 hours. However, the selectivity value of water also decreased over time. While the selectivity value of water was 125 at the end of the first hour, this value decreased to 24 at the end of the 4th hour. In the re-use experiments, flux and water selectivity values were obtained as 0.86 kg/m^2.h and 121 after the first use, while 0.935 kg/m^2.h flux and 102 water selectivity values were obtained after the fifth use. Due to the swelling of the membrane after reuse, the flux value increased by 8%. After five reuses, the PBI membrane showed good chemical and mechanical strength. It has been observed that a successful dehydration process of the 2-propanol/water mixture was achieved by using the polybenzimidazole membrane with the pervaporation process under azeotropic conditions.

Keywords: *2-Propanol, Membrane, Pervaporation, Polybenzimidazole*

I. GİRİŞ

Endüstride organik çözücüler genellikle temizleyici olarak kullanılır. Etanol, 2-propanol ve n-butanol gibi alkoller bu alanda yaygın olarak kullanılan çözücülerdir. 2-propanol, yarı iletken, mikro elektronik ve ilaç endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir çözücü ve temizleme maddesidir. Endüstriler bu organik çözücüyü atık olarak boşaltır ve sonuç olarak atık 2-propanolün geri dönüşümü çevresel ve ekonomik açıdan önemlidir [1-4].

Alkollerin pervaporasyon prosesleri kullanılarak dehidrasyonu, endüstriyel uygulamalardaki güçlü potansiyeli nedeniyle yoğun ilgi görmektedir. Düşük moleküler ağırlıklı alkoller su ile karışabilir ve damıtma ile kolayca ayrılamayan ancak pervaporasyon ile etkili bir şekilde ayrılabilen azeotrop karışımlar oluşturur. Gaz ayırma membranlarından farklı olarak, pervaporasyon membranları besleme sıvısı karışımıyla doğrudan temas eder. Besleme bileşenleri sadece membran içinde çözünmekle ve polimer zincirlerinin konformasyonunu değiştirmekle kalmaz, aynı zamanda polimer-penetrant etkileşimleri yoluyla ayırma performansını da değiştirebilir. Bu nedenle, besleme karşımının kimyası ve fizikokimyasal özellikleri, bir pervaporasyon membranın ayırma performansında önemli roller oynar [5].

Alkollerin pervaporasyon dehidrasyonu üzerine yapılan araştırmaların çoğu, poli(vinil alkol) (PVA), kitosan, aljinat, vb. gibi yüksek hidrofilik malzemelere odaklanmıştır. Bu tür malzemeler genellikle suya yakın çözünürlük parametrelerine sahiptir. Böylece, su baskın bir plastikleştirici olarak hareket edebilir, membran zincirlerini şişirebilir ve bu materyaller çapraz bağlı olsalar bile membran ayırma performansını azaltabilmektedir [6-8].

Polibenzimidazol (PBI) üstün kimyasal direnci ve mekanik özellikleri ve hidrojen bağlayıcı bölgelerden dolayı, ağırlıkça % 15–18'e kadar su absorpsiyon kapasitesine sahip hidrofilik bir polimer olması sebebiyle 2-propanolün pervaporasyon dehidrasyonu için umut verici bir malzeme olarak ortaya çıkmaktadır [9-10]. Etanol, 2-propanol ve tert-butil alkol gibi alkoller, yüksek polariteye sahip önemli protik çözücülerdir ve polar-polar etkileşim, hidrojen bağı veya diğer etkileşimler yoluyla imid grupları içeren polimerlerle güçlü etkileşimler oluşturmaktadırlar. Bu etkileşimler, polimer zincir paketleme yoğunluğunu veya zincir hareketliliğini değiştirebilir [8]. Bu çalışmanın amacı, sulu 2-propanol çözeltilerinde PBI membranlarının şişme ve sorpsiyon özelliklerini belirlemek ve PBI membranlarının pervaporasyon dehidrasyon performansı üzerindeki solvent kaynaklı şişme etkisini ortaya çıkarmaktır.

Pervaporasyon, solvent dehidrasyonu ve organik karışımların ayrılması gibi geniş kullanım yelpazesine sahip bir membran ayırma prosesidir. Geleneksel damıtmanın yalnızca sürükleyicilerin kullanımıyla saf çözücüleri geri kazanabildiği ve daha sonra ek bir ayırma

adımı gerektirdiği azeotropik sistemlerde önemli avantajları vardır. Bu azeotrop karışımları ayırmak için pervaporasyon kullanılabilir, çünkü ayırma mekanizması damıtmadan çok farklıdır. Pervaporasyon azeotropik karışımları, yakın kaynama noktalı karışımları ayırmak, küçük miktarlardaki safsızlıkların geri kazanılması ve denge reaksiyonlarının dönüşümlerinin arttırılması için kullanılma eğilimindedir.

Pervaporasyonda, membran bir sıvı besleme akımı ile temasa geçer, karışımdaki bileşenlerden biri seçici olarak membrandan geçebilir. Besleme akımı genellikle doyma sıcaklığına yakın bir sıcaklıktadır ve bu, membranın alt akımından uygulanan vakum basıncı ile, membrandan geçen sıvının buharlaşmasına neden olur. Beslemenin membrandan difüze olan kısmına geçen akım, geçemeyen kısım ise kalan akım olarak tanımlanır. Buhar fazındaki geçen akım daha sonra yoğuşturulur ve sıvı fazda elde edilir. Kalan akım ise bazı durumlarda daha fazla ayırmanın meydana gelmesine izin vermek için besleme tankına geri beslenir [11].

Bu çalışmada da su ile azeotrop karışım oluşturan değerli bir organik çözücü olan 2-propanolün dehidrasyonu incelenmiştir. Membran olarak PBI membranı kullanılmıştır. Membranın sorpisyon kapasitesi ve pervaporasyon ile ayırma performansı incelenmiştir. Ayrıca membranın tekrar kullanılabilirliği çalışılarak membranın kimyasal ve mekanik dayanımı da test edilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Membran Sentezi

Ağırlıkça %15 PBI, %2.5 lityum klorür, %82.5 dimetilasetamid ile polimer çözeltisi hazırlanmıştır. Polimer çözeltisinde LiCl kullanılmasının nedeni PBI'nın çözelti içinde faz ayrışmasının önüne geçmektir. Çözelti oda sıcaklığında homojen karışım elde edilinceye kadar karıştırılacaktır. Elde edilen karışım cam yüzeye dökülerek 12 saat boyunca 75°C'de kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan membran cam yüzeyden dikkatlice çıkarılmış ve bir gece boyunca suya daldırılarak membranın içinden LiCl'ün giderilmesi sağlanmıştır. Sonrasında membran vakumlu etüvde 250°C'de kurumaya bırakılmıştır [9-10, 12].

B. Sorpsiyon Deneyleri

Su ve 2-propanol ile PBI arasındaki etkileşimi belirlemek için oda sıcaklığında sorpsiyon deneyleri yapılmıştır. Membran küçük parçalar halinde kesilmiş ve elektronik hassas terazide kuru ağılıklarının tartımları alınmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen membranlar içerisinde %100 saf su ve %100 2-propanol bulunan petri kaplarına ayrı ayrı konulmuştur. Belirli zaman aralıklarında membranlar petri kaplarından alınmış ve filtre kâğıdı ile üzerindeki fazla çözelti alınarak elektronik hassas terazide tekrar tartımı yapılmıştır. Bu işlem çözeltideki membran ağırlığı sabit kalıncaya kadar devam etmiştir. Eşitlik 1 kullanılarak PBI membranın sorpsiyon derecesi belirlenmiştir. Eşitlik 1'de SD, sorpsiyon derecesi, M_s, şişmiş membran ağırlığı, M_d, kuru membran ağırlığıdır.

$$SD = \frac{M_s - M_d}{M_d} \tag{1}$$

C. Pervaporasyon Deneyleri

2-Propanol/su karışımının saflaştırılması Şekil 1'de görülen laboratuarda kurulu olan pervaporasyon ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Pervaporasyon ünitesi (1)etüv, (2) tuzaklar (3) vakum pompası (4) çelik membran hücresi

Deneyler 2-propanolün su ile azeotrop oluşturduğu koşullarda gerçekleştirilmiştir. 2-propanol ve su, atmosferik basınçta, 80ºC sıcaklıkta kütlece % 87.5 oranında 2-propanol içeren su-2-propanol karışımında azeotrop oluşturmaktadır [13-15]. Aynı operasyon koşullarında deneyler 5 kez tekrarlanmış ve membranın tekrar kullanılabilirliği de test edilmiştir. Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılarak akı ve seçicilik değerleri hesaplanmıştır.

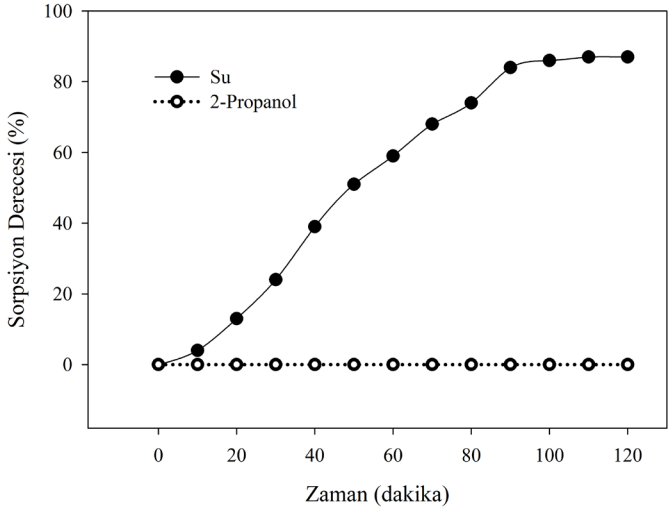
$$J = \frac{m}{A.t} \qquad (2)$$

$$\alpha_{ab} = \frac{C_{a_p} / C_{b_p}}{C_{a_f} / C_{b_f}} \qquad (3)$$

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Sorpsiyon Testi Sonuçları

Şekil 2, PBI membranında 2-propanol ve suyun zamana karşı sorpsiyon sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 2. Sorpsiyon derecesinin zamanla değişimi

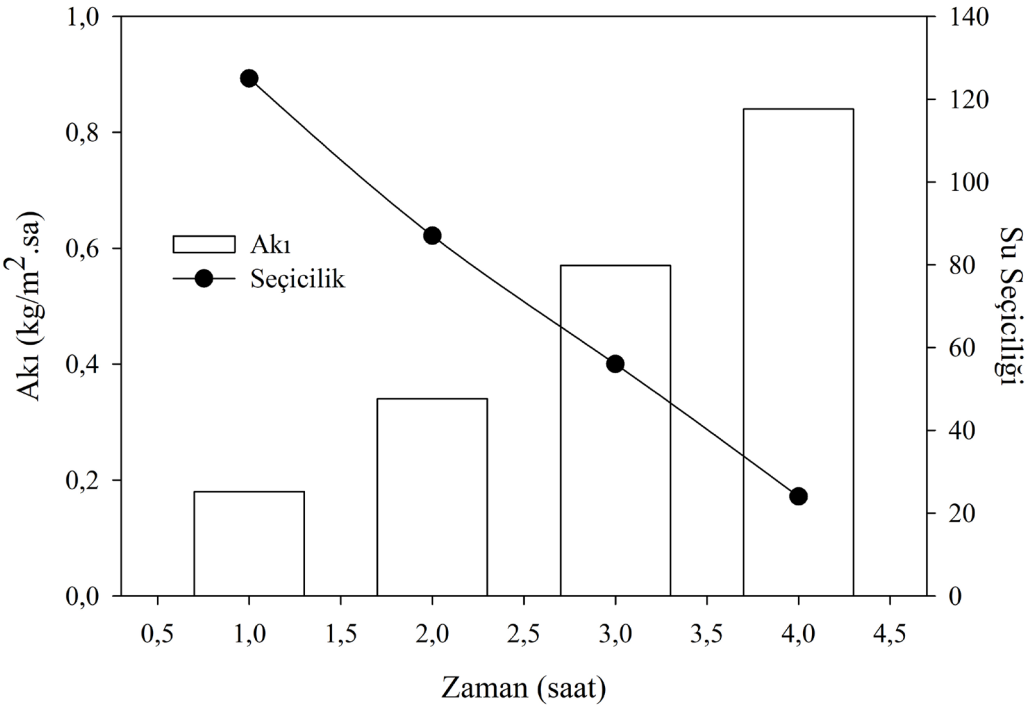
Sorpsiyon testleri, membran malzemesi ve ayrılması hedeflenen moleküller arasındaki ilgiyi yansıtır. Membranın, beklendiği gibi su sorpsiyon kabiliyetinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun yanında 2-propanolü hiç sorplamadığı görülmektedir. Su molekülleri alkol moleküllerinden daha hızlı difüze olur; bu nedenle, membrandan suyun emilmesinin dengeye ulaşması 2-propanolden çok daha hızlıdır. Ayrıca polibenzimidazol (PBI) polimeri hidrojen bağlayıcı bölgelerden dolayı, ağırlıkça % 15–18'e kadar su absorpsiyon kapasitesine

sahip hidrofilik bir polimer olması sebebiyle de yüksek su sorpsiyon derecesine sahiptir. Çünkü ortamdaki su, PBI molekülleri ile daha güçlü etkileşime geçerek membranda sorpsiyonu sağlamaktadır. Bu da membranın hidrofilik karakterini göstermektedir [9-10].

Polibenzimidazol (PBI) membranın sudaki şişme derecesi %87 iken, 2-propanolde şişme derecesi göstermemiştir.

B. Pervaporasyon Deneyi Sonuçları

PBI membranın ayırma performansı 2-propanolün su ile azeotrop oluşturduğu koşullarda incelenmiştir. 2-propanol ve su, atmosferik basınçta, 80°C sıcaklıkta kütlece % 87.5 oranında 2-propanol içeren su-2-propanol karışımında azeotrop oluşturmaktadır [13-15]. Bu azeotrop koşullar altında deneyler 4 saat gerçekleştirilmiş olup, akı ve seçicilik değerleri zamana bağlı olarak Şekil 3'te verilmiştir.

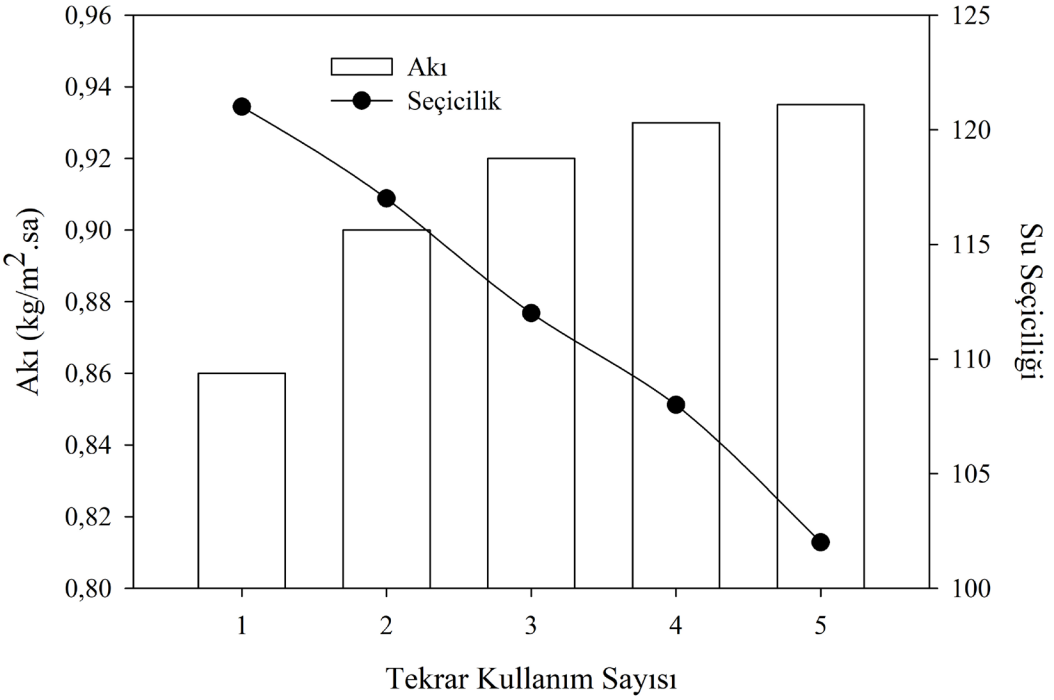


Şekil 3. Akı ve seçiciliğin zamanla değişimi

Zamana bağlı olarak membranın akı değerinin artış gösterdiği görülmüştür. Bu durum membranın zamanla şişmesine bağlı olarak açıklanabilir. Membran su-2-propanol karışımı ile temas ettikçe membranın serbest hacmi artar, polimer difüzyon yolları genişler, bu durumda akı artar. Bu durum genişleyen difüzyon kanallarından su ile birlikte 2-propanolün difüzyonu ile ilişkilidir. Toplam akı değeri 1.saatin sonunda 0.18 kg/m^2.sa iken 4 saatin sonunda 0.84 kg/m^2.sa'tir. Bununla birlikte suyun seçicilik değeri de zamanla düşüş göstermiştir. İlk saatin sonunda suyun seçicilik değeri 125 iken 4. saatin sonunda bu değer 24'e düşmüştür.

C. Membranın Tekrar Kullanılabilirliği

PBI membranın tekrar kullanılabilirliği 2-propanolün su ile azeotrop oluşturduğu koşullarda incelenmiştir. Şekil 4 membranın tekrar kullanılabilirlik testlerinin sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 4. PBI membranın tekrar kullanım deneyleri

Membran, aynı deney koşullarında beş kez yeniden kullanılmıştır. Her tekrar kullanım deneyinde, membran, membran hücresinden çıkarılır ve distile su ile yıkanır, kurutulur ve tekrar kullanılır. Elde edilen sonuçlara göre, birinci kullanımdan altıncı kullanıma kadar benzer akı ve seçicilik değerleri elde edilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi, ilk kullanımdan sonra akı ve su seçicilik değerleri 0.86 kg/m^2.sa ve 121 olarak elde edilirken, beşinci kullanımdan sonra 0.935 kg/m^2.sa akı ve 102 su seçicilik değeri elde edilmiştir. Akı değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Tekrar kullanım sonrası membranın şişmesi nedeniyle %8'lik bir artış göstermiştir. Beş kez yeniden kullanımdan sonra, PBI membranın iyi kimyasal ve mekanik dayanım sergilediği görülmüştür. Tekrar kullanılabilirlik deneyleri sırasında yapısal deformasyon gözlenmemiştir.

IV. SONUÇLAR

2-propanol/su azeotrop karışımının ayrılması için pervaporasyon sistemi kullanılmıştır. Pervaporasyon sisteminde PBI polimeri kullanılarak membran hazırlanmıştır. PBI membranın bileşenlere ilgisini belirlemek için önce sorpsiyon testleri yapılmıştır. Sorpiyon testleri sonucunda PBI membranın suya karşı yüksek ilgi gösterdiği gözlenmiştir. Bu PBI membranın hidrofili karakteri gereği beklenen bir sonuçtur. Pervaporasyonda hedef azeotropik karışım oluşturan 2-propanol/su ikilisinin saflaştırılması ve 2-propanolün dehidrasyonudur. Deneyler azeotrop koşullarda gerçekleştirilmiş ve başarılı bir ayırma performansı elde edilmiştir. En yüksek akı değeri 0.935 kg/m^2.sa, su seçiciliği değeri 125 olarak elde edilmiştir. PBI membranın tekrar kullanılabilirliği de test edilmiş ve membranın beş kez yeniden kullanım sonunda ayırma performansını koruduğu ve iyi kimyasal ve mekanik dayanım gösterdiği görülmüştür. Sonuç olarak, tercih edilen PBI membranın 2-propanol/su karışımlarının pervaporasyon yoluyla ayrılmasında oldukça etkili olduğu ve alkollerin dehidrasyonu için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) tarafından 121M899 numaralı 1002 Hızlı Destek projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] H. Sardarabadi, S. M. Mousavi, E. Saljoughi, "Removal of 2-propanol from water by pervaporation using poly(vinylidene fluoride) membrane filled with carbon black," Applied Surface Science, vol. 368, pp. 277–287, 2016.

[2] T.C. Chen, T.H. Chen, R.Y. Wu, Y.H. Huang, "The novel of high efficiency recovery technology for dehydration of alcohol solutions by a pervaporation process," Sustain. Environ. Res. vol. 23, pp. 171–177, 2013.

[3] G.M. Shi, T.S. Chung, "Thin film composite membranes on ceramic for pervaporation dehydration of isopropanol," J. Membr. Sci. vol.448, pp. 34–43, 2013.

[4] L.Y. Jiang, T.S. Chung, R. Rajagopalan, "Dehydration of alcohols by pervaporation through polyimide Matrimid asymmetric hollow fibers with various modifications," Chem. Eng. Sci. 63 (2008) 204–216.

[5] W. F. Guo, T. S. Chung, M. M. Teoh, "Study and characterization of the hysteresis behavior of polyimide membranes in the thermal cycle process of pervaporation separation," J. Membr. Sci. vol.253, pp. 13-22, 2005.

[6] X. Qiao, T. S. Chung, K. P. Pramoda, "Fabrication and characterization of BTDA-TDI/MDI (P84) co-polyimide membranes for the pervaporation dehydration of 2-propanol," J. Membr. Sci. vol.264, pp. 176-189, 2005.

[7] R. Liu, X. Qiao, T. S. Chung, "The development of high performance P84 co-polyimide hollow fibers for pervaporation dehydration of isopropanol," Chem. Eng. Sci. vol. 60, pp. 6674-6686, 2005.

[8] X. Qiao, T.S. Chung, "Fundamental Characteristics of Sorption, Swelling, and Permeation of P84 Co-polyimide Membranes for Pervaporation Dehydration of Alcohols,". Ind. Eng. Chem. Res., vol. 44, pp.8938–8943, 2005.

[9] Y. Wang, M. Gruender, S. Xu, 2014. "Polybenzimidazole (PBI) Membranes for Phenol Dehydration via Pervaporation", Ind. Eng. Chem. Res., vol. 53, pp.18291–18303.

[10] Y. Wang,, T. S.Chung, M. Gruender, "Sulfonated polybenzimidazole membranes for pervaporation dehydration of acetic acid", J. Membr. Sci., vol. 415-416, pp.486–495, 2012.

[11] P. D. Chapman, T. Oliveira, A. G. Livingston, K. Li, "Membranes for the dehydration of solvents by pervaporation", J. Membr. Sci., vol.318, pp. 5–37, 2008.

[12] Y. Wang, M. Gruender, & T. S. Chung, "Pervaporation dehydration of ethylene glycol through polybenzimidazole (PBI)-based membranes. 1. Membrane fabrication", J. Membr. Sci., vol. 363, pp.149–159, 2010.

[13] F Ebrahimian, M. Sadeghi, A. Moheb, M. Shafiei, "Pervaporation separation of water-isopropyl alcohol mixture by PVA/LiBr membrane", Polym. Eng. Sci., vol.59, pp. E101-E111, 2018.

[14] S. B., Kuila, S. K. Ray, "Separation of isopropyl alcohol–water mixtures by pervaporation using copolymer membrane: Analysis of sorption and permeation", Chem. Eng. Res. Des., vol. 91, pp.377–388, 2013.

[15] B. V. K. Naidu, T. M. Aminabhavi, 2005. "Pervaporation Separation of Water/2-Propanol Mixtures by Use of the Blend Membranes of Sodium Alginate and (Hydroxyethyl)cellulose: Roles of Permeate−Membrane Interactions, Zeolite Filling, and Membrane Swelling", Ind. Eng. Chem. Res., vol. 44, pp. 7481–7489.

A Methodology to Improve Public Transit Service Quality Through Transit Signal Priority: A Case Study on Istanbul

Farah Hatem Alwan Alhatemi [*,1], Güzin Akyildiz Alçura [1]

[*]Farahalhat@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5115-9562
[1] *Civil Engineering Department , Yildiz Technical University , Istanbul, Turkey*

Abstract: The high-density urban settings of today are subject to tremendous delays, congestion, and vehicular emissions. One of the fundamental tools of transportation authorities to tackle such issues is to increase the share of public transport in the urban networks. Although new investments in public transportation systems may be the first solution that comes to mind, another approach is to improve the quality of public transportation service through Intelligent Transportation System (ITS) applications. One of the emerging methodologies in this context is regulating the intersections by giving priority to public transit vehicles. Such applications are referred to as Transit Signal Priority (TSP) applications. In this work, which was summarized, it is presented a microsimulation-based methodology for assessing the effects of public transit signal priority applications on service quality. The proposed methodology is tested through a real-world case study in Istanbul. Results indicate a %19, %12, and 30% decrease in delays for cars, heavy goods vehicles, and buses, respectively.

Keywords: *Public Transit, Intelligent Transportation Systems, Transit Signal Priority*

I. INTRODUCTION

The public transportation systems of today aim to reduce private car usage through a low-cost mobility solution in the high-density urban settings of today. As a result, commuters, transit agencies, and, to a lesser extent, researchers all have a vested interest in improving the quality of public transportation services. In return, public transport stimulates healthier growth in the economy and benefits the environment [1].

The number of daily trips has grown along with the rapid population growth. So, there is a need to improve the quality of public transportation to mitigate the negative effects of increasing traffic demands on the road network caused by the rise in the number of private vehicles. The availability of a desirable integrated transportation system reduces traffic congestion, which leads to reduced air pollution and a reduction in the demand for parking spaces. Additionally, having access to a convenient and pleasant form of transportation is a fundamental right for any individual.

ITS systems intend to decrease congestion by increasing the service quality of the transit lines. The higher the quality of the service provided, the greater the efficiency and time savings [2].

ITS applications, such as traveler information systems, allow commuters to plan their trips, obtain an estimated arrival time to destinations, and help them to determine an optimal departure time from their origins [3].

An emerging method in this context is the regulation of intersections through transit signal priority (TSP) applications, which aim to reduce commuters' travel times on public transportation services. TSP refers to a series of operational changes that aim to minimize transit vehicle dwell times at signalized intersections by interfering with the signal programs

and either providing a longer green duration if a transit vehicle is in-route to crossing the intersections or reducing the red duration for the corresponding phase. TSP applications can be employed at intersections, corridors, or even entire roadway systems. The fundamental idea behind TSP is to concentrate on buses and social vehicles whilst ignoring pedestrian delays [4].

TSP is used to enhance public transit movements through the signalized intersections by short-term traffic signal timing modifications after the detection of an oncoming bus.

Fig. 1 presents a general overview of the architecture, commonly used by TSP applications.

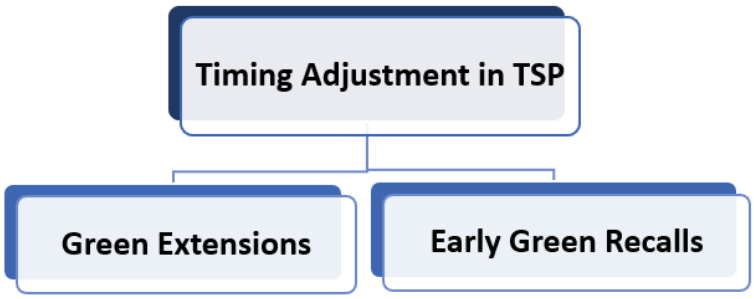


Fig. 1. Timing Adjustment used in TSP

A developed model is used for optimizing traffic signal timing and phasing based on minimizing passenger delays at the intersection. This approach is known as "passenger-based" (TSP). stated that TSP has a significant impact on enhancing traffic conditions and transit services in the metropolitan area. The proposed model is calculated using the Genetic Algorithm (GA) and calibrated using actual traffic data from the evening peak hour. A simulation model for the model's effectiveness in reducing time delays and enhancing system service reliability is simulated and evaluated using VISSIM software [5].

II. METHODOLOGY

This study aims to develop a specific methodology through a step-by-step approach to calibrate the bus priority signal control to reduce bus delays at the selected intersection and improve bus operating efficiency.

The methodology of this study is shown in Fig. 2.

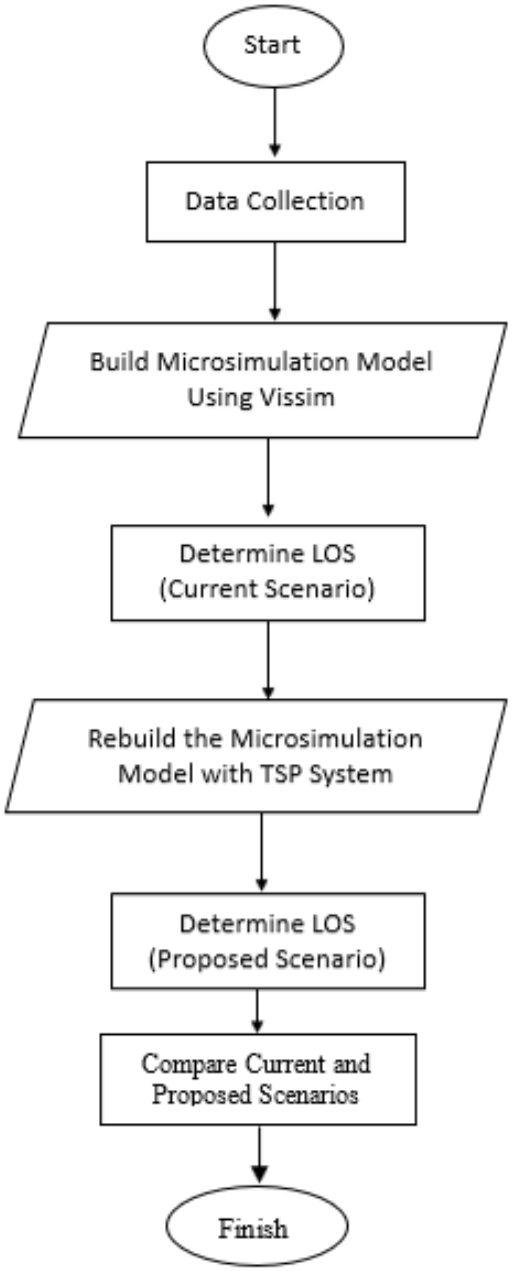


Fig. 2. A flowchart for the Proposed Framework

III. CASE STUDY

III.A CASE STUDY AREA

To achieve the objectives of this study, the Yücetarla signalized intersection in Istanbul, Turkey will be selected for analysis in this research as shown in Fig. 3. This intersection has high traffic volume during the peak hours and a bus stop at Yuce Tarla Street. The southbound approach is a one-way, three-lane road, and the eastbound approach is a two-way, two-lane road. The intersection is operated by a two-phase signal.

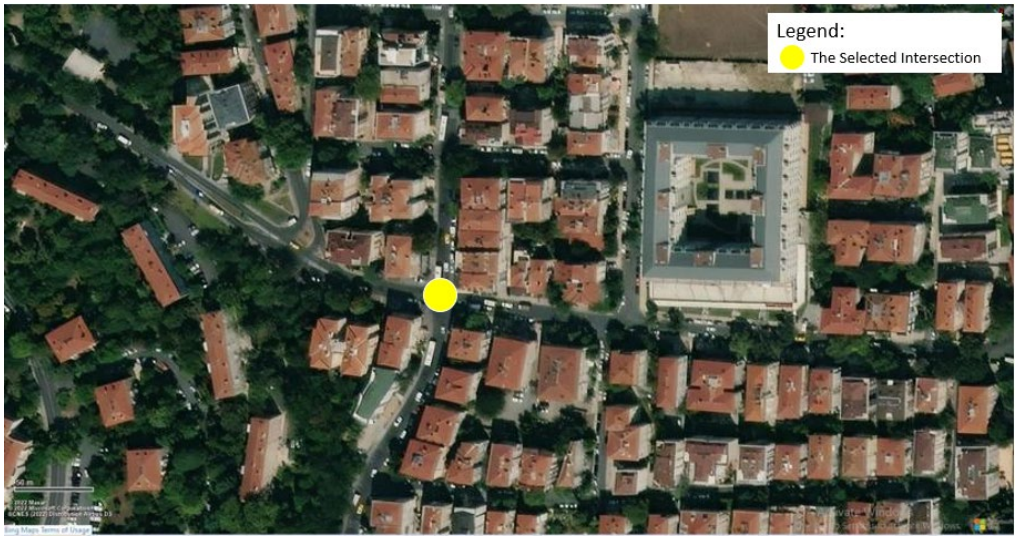


Fig. 3. Yücetarla Signalized Intersection 03-040. Source: (Google Earth Pro, 2022)

There are 29 lines that pass through the intersection; three main bus lines are taken into consideration in this study, that have the highest service frequency, served bus stops and period span of service: 98S, 146, and 94Y. These lines start from three different areas and go until they reach Bakırköy and vice versa.

One of the main lines in the study area is 98S. This line starts from Kanuni Sultan Süleyman Hastanesi stop and goes through Turgut Özal Street, and reaches Bakırköy Cumhuriyet Meydan, as shown in Fig. 4. The one-way trip time for this bus line is 47 minutes, and the fare is for a single ticket. It serves forty bus stops in each direction. The service frequency of this line is 105 buses per day on weekdays and 99 and 92 buses per day on Saturday and Sunday, respectively.

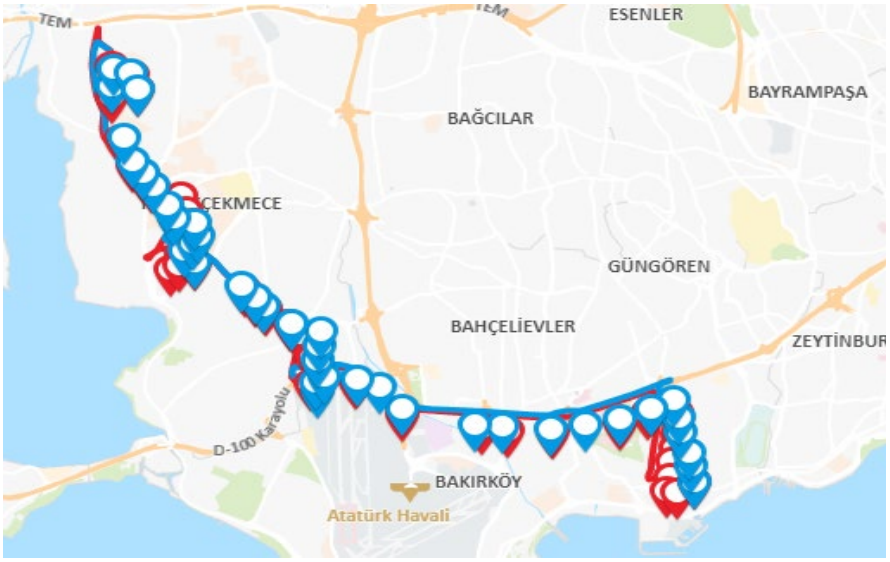


Fig. 4. 98S Bus Line. Source: (IETT, 2022)

The other bus line taken into consideration in this study is 146. This line starts from Boğazköy and goes until it reaches Bakırköy, as shown in Fig. 5. The one-way trip time for this line is 81 minutes, and the tariff information is for a single ticket. It serves 77 bus stops in each direction. The service frequency of this line is 98 buses per day on weekdays and 90 and 80 buses per day on Saturday and Sunday, respectively.

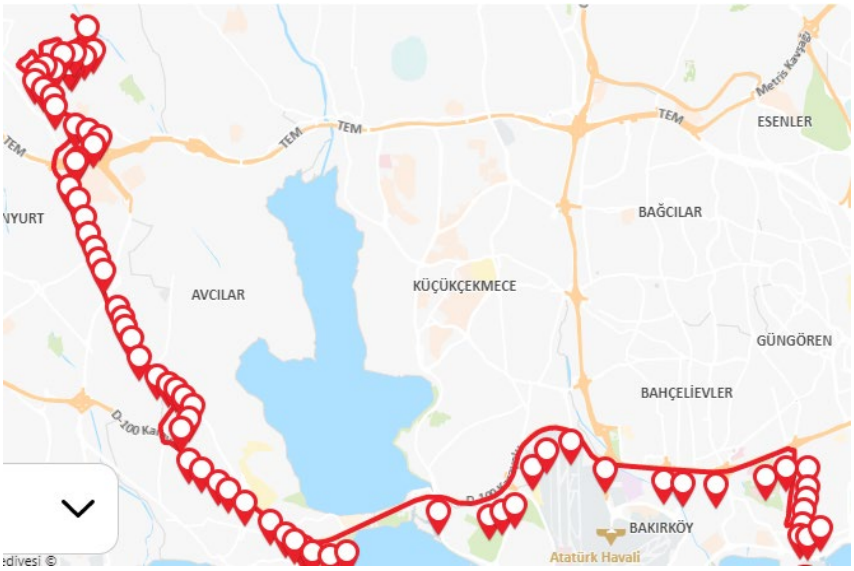


Fig. 5. 146 Bus Line. Source: (IETT, 2022)

The last line is 94Y. This line starts from and goesYeşilpınar until it reaches Bakırköy, as shown in Fig. 6. The one-way trip time for this line is 55 minutes, and the tariff information is for a single ticket. It serves 54 bus stops in each direction. The service frequency of this line is 82 buses per day on weekdays and 55 and 47 buses per day on Saturday and Sunday, respectively.

Fig. 6. 94Y Bus Line. Source: (IETT, 2022)

III.B DATA COLLECTION

In order to test the proposed framework through our case study, it was necessary to obtain the turning movement counts at the subject intersection and the current signal program from the local authorities, combined with the schedules of the bus lines that use this intersection area. A peak-hour identification analysis was conducted using the obtained and collected data.

Traffic data contains traffic volumes for each direction, including left, right, and through-turning traffic. The Turning Movement Count (TMC) was done for the selected location on

Monday, Tuesday, and Wednesday (from June 13 to 15, 2022) from 7 o'clock to 10. The traffic signal phasing and timing were provided by the Istanbul Municipality. Also, the bus service frequency for each line.

An analysis of the classified turning movement's counts was done to determine the peak hour traffic volumes. There are five traffic movements on the selected signalized intersection, as shown in Fig. 7. Based on that, the peak hour volume for the intersection during the selected period is at 8:00- 9:00 on Monday.

Fig. 7. Traffic Movements on the Selected Intersection

IV. EXPERIMENTAL DESIGN

Traffic simulation software's are computer-based programs that simulate the traffic flows for a selected location during specific period time. It is used to model the dynamic movement of traffic for both evaluation and planning purposes. Traffic simulation is important to analyze complex scenarios that conventional analytical methodologies would not address, and to test new ideas in a relatively cheaper more efficient way.

In this study, VISSIM software was used to determine the operational performance of the base model and proposed scenario for the selected intersection.

The simulation was carried out in two stages: the first stage was for the base scenario before the use of intelligent systems, and the second stage was for the proposed scenario after the use of intelligent systems.

The results obtained from the simulations are utilized to calculate the MOE's for public transit services that use the case study area. Following that, the results were compared for both scenarios.

IV. A BASE MODEL DEVELOPMENT

In order to model and simulate the current situation, the first step is to import topographic and geometrical background for the intersection. The second is to develop a network of links and connectors using the same dimensions and configurations as used in real life at the mentioned intersection.

Several types of factors are needed to fully utilize the model using VISSIM, including desired speed, vehicle type, conflict areas, reduced speed areas, and others. Some variables were set to default Highway Capacity Manual settings and to be automatically changed by VISSIM itself based on study scenarios. To build the model, traffic data was assigned through

vehicle input options alongside routing data. Fig. 8 shows the model developed using VISSIM software.

Fig. 8. Base Model using VISSIM software

IV. B PROPOSED MODEL

In this section, the proposed scenario will be developed and modeled for the selected intersection. It was done by evaluating the proposed situation in the study location by providing public transit routes and intersections with the TSP system.

The VISSIM software was used to simulate the effect of using ITS on the quality of service and the travel time of public transit. The selected intersection was simulated by providing a TSP on it.

V. RESULTS

A. MEASUREMENTS OF EFFECTIVENESS (MOE)

The measurements of effectiveness (MOE) were used to make a comparison between the current situation and the proposed scenario. The selected MOEs were vehicle delay, stopped delay, and queue length. LOS was also defined for each scenario. These MOE represent intersection efficiency and driver comfort in facilities with interrupted flow. It is a quality measure that describes the operational performance of the traffic flow. The terms needed from the simulation results based on the PTV VISSIM user manual are shown in the following table.

TABLE I

RESULTS DESCRIPTION. SOURCE: (PTV VISSIM USER MANUAL)

MOE Terms	Source	Description
Queue Length	Queue Counters	The distance between the traffic counter and the vehicle that met the queue conditions at the Interchange
Max. Queue length	Queue Counters	Maximum distance between the traffic counter and the vehicle
Vehicle Delay	Delay Measurements	The difference between the actual travel time and the theoretical travel time

Stop Delay	Delay Measurements	The average time stopped by vehicles in seconds without including the time consumed at both transit and parking stops
Co Emission	Node	The total Co Emission from the travelled vehicle
LOS	Node	Quality measure describes the operational performance. LOS value ranges from A to F with A being the best

B. TRAFFIC ANALYSIS RESULTS

The results for the base scenario simulation are a vehicle delay of 88.72 seconds per vehicle and a stop delay of 51.92 seconds per vehicle, with a LOS equal to F. Also, the queue length is 60.53 meters.

TABLE II
NODE RESULTS

MOE	Vehicle Delay	Stop Delay	Queue Length	LOS
Value	88.72	51.92	60.53	F

For the southbound approach, where the transit lines pass through, the vehicle delay, travel time, and level of service for each vehicle class are found as shown in the Fig.9 and Fig. 10.

Fig. 9 shows the vehicle delay results for the southbound approach for each vehicle class. Heavy goods vehicles (HGV) have the highest delay value, which is equal to 129.55 seconds per vehicle, followed by buses with 125 seconds per vehicle, and the last one is cars with 108 seconds per vehicle delay.

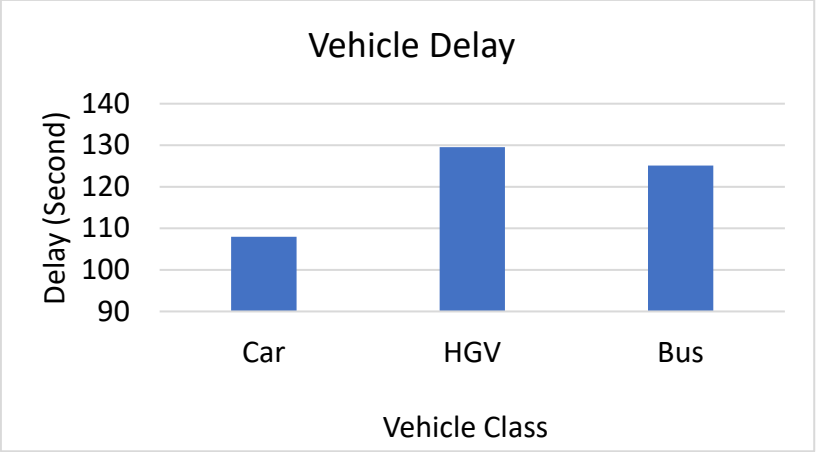


Fig. 9. Vehicle Delay Results for The Southbound Approach

Fig. 10 shows the travel time results for the southbound approach for each vehicle class. Buses have the highest travel time value, which is equal to 151.1 seconds, followed by HGV with 145 seconds, and the last one is cars with 124.8 seconds.

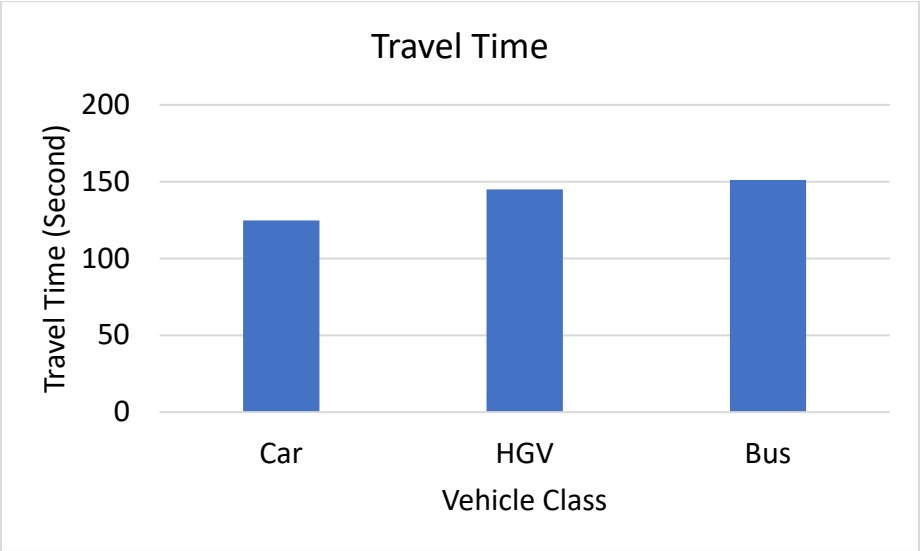


Fig. 10. Travel Time Results for The Southbound Approach

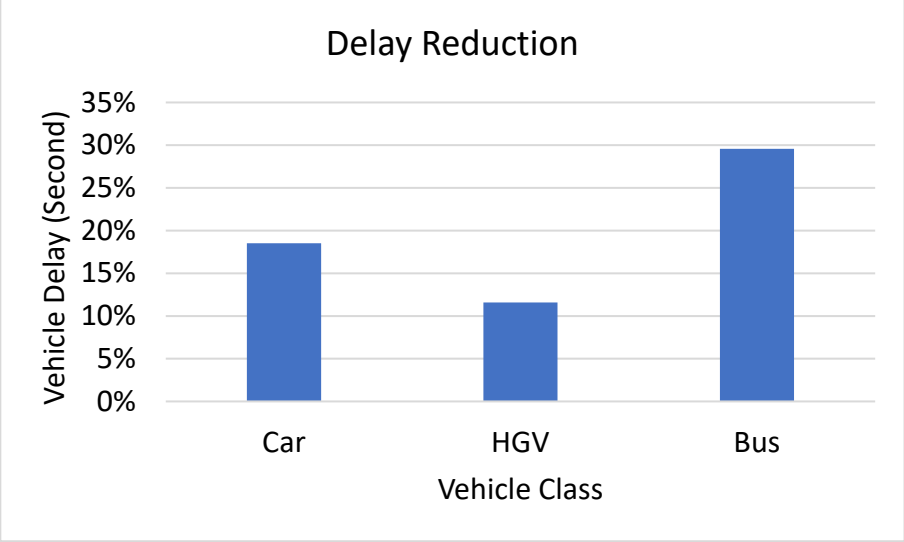


Fig. 11. Vehicle Delay Reduction for The Southbound Approach Using TSP System

Fig. 11 shows that the vehicle delay for the southbound approach when the TSP System is applied is significantly decreased by approximately 19% for cars, 12% for HGVs, and 30% for buses.

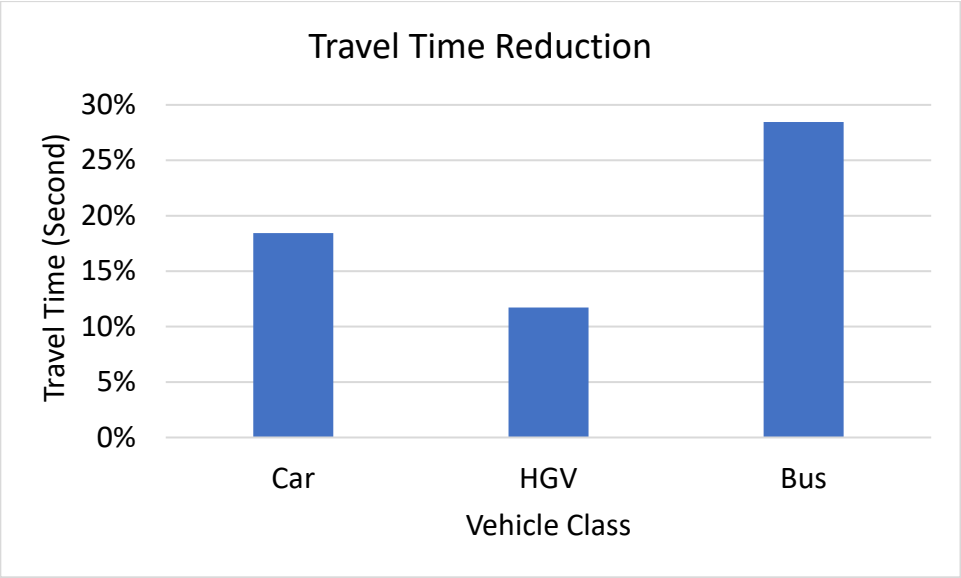


Fig. 12. Travel Time Reduction for The Southbound Approach Using TSP System

Fig. 12 shows that the travel time for the southbound approach when the TSP System is applied is significantly decreased by approximately 18% for cars, 12% for HGVs, and 28% for buses.

VI. CONCLUSION

Traffic congestion has been a worldwide issue; it is a major problem in urban areas. The transit signal priority has been used and implemented as a solution to facilitate the movement of public transit vehicles through the signalized intersection. The current research is summarized a methodology to assess the effects of TSP applications on the quality of public transit service. It is compiled from the simulation results of a signalized intersection with and without the TSP system. The comparison between the proposed models, the traditional signalized intersection, and the TSP system, showed that the TSP system model has an improvement in the MOE. 30% and 28% reduction in the vehicle delay and travel time for the buses, respectively.

The proposed framework is simple in design, but the results are quite noticeable. Additionally, the case study provided in this paper has some simplifications and limitations, such as:

1) The study consists of only one intersection, and the effects of nearby intersections are omitted.
2) The movement of pedestrians is ignored.
3) The selected performance measures are very straightforward.

Based on the findings and observations of the study, it is recommended to use TSP at the congested signalized intersection. This will improve the LOS of public transit, so IETT is encouraged to take that into consideration.

In the future, the authors of this paper plan to expand the scope of this paper with additional performance measures and a case study on a larger scale.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Istanbul Metropolitan Municipality for providing us with the data, Sadullah Goncu and Mohammad Alkiswani for their valuable contributions.

REFERENCES

[1] N. J. Garber, and L. A. Hoel, Traffic and highway engineering. Cengage Learning, 2009.
[2] T. Litman, Evaluating public transit benefits and costs. Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute, 2015.
[3] S. Farag, and G. Lyons, An empirical study of pre-trip public transport information for business and leisure trips and comparison with car travel. Transport Policy, 2012.
[4] M. Li, Y. Yin, W. B. Zhang, K. Zhou, and H. Nakamura, Modeling and implementation of adaptive transit signal priority on actuated control systems. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 26(4), 270-284, 2011.
[5] R. Li, C.J. Zheng, W.Q. Li, Optimization model of transit signal priority control for intersection and downstream bus stop, Math. Probl. Eng., 2016.
[6] M. Alkiswani, Improving the Utilization of Public Transportation Using Intelligent Transportation Systems, Master Thesis, 2022.

Odun Pelet Külünün Zemin İyileştirmede Kullanımı

Use of Wood Pellet Ash in Soil Improvement

Esma Kahraman*,[1], Baki Bağrıaçık[2]

*e-mail address, ORCID: 0000-0002-4326-7202
[1]*Cukurova University, Mining Engineering Department, Adana, Turkey*
[2] *Cukurova University, Civil Engineering Department, Adana, Turkey*

Özet: Zemin iyileştirme yöntemleri, geoteknik mühendisliği uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Taşıma gücü ve oturma bakımından problem arz eden zeminlerin iyileştirilmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, derin temel sistemlerinin çok yüksek maliyetlere ulaşması nedeni ile mühendislik özellikleri yetersiz zeminlerin iyileştirilmesinde bir alternatif olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, birden fazla zemin iyileştirme yöntemleri bulunmaktadır. Bunlardan biri olan ve sıklıkla tercih edilen birisi de atık kullanımıdır. Atık kullanımı ile hem zeminler istenilen mühendislik özelliklerine ulaşabilmekte hem de atıklar ber taraf edilmektedir. Bu çalışmada, Odun Pelet Külü (OPK) atığı kullanılarak kil zeminlerin mühendislik özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, OPK kullanımı ile zeminin serbest basınç dayanımında % 27'ye varan oranlarda iyileşmeler gözlenmiştir. Böylece, OPK'nın bu tür zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabileceği öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Zemin iyileştirme, Killi zemin, Odun pelet külü, Atık bertarafı*

Abstract: Soil improvement methods have an important place in geotechnical engineering applications. It is a method that is frequently used in the improvement of soils that have problems in terms of bearing capacity and settlement. This method is used as an alternative for the improvement of soils with insufficient engineering properties, since deep foundation systems reach very high costs. Today, there are multiple soil improvement methods. One of them, and one of the most preferred ones, is the use of waste. With the use of waste, both the floors can reach the desired engineering properties and the wastes are disposed of. In this study, changes in engineering properties of clay soils were determined by using Wood Pellet Ash (WPA) waste. As a result of the study, 27% improvements were observed in the bearing capacity of the soil with the use of WPA. Thus, it is foreseen that WPA waste can be used in the improvement of such soils.

Keywords: *Soil Improvement, Clayey soil, Wood pellet ash, Waste Disposal*

I. GİRİŞ

Zemin iyileştirme teknikleri, özellikle daha zayıf veya sulu zeminler için yeterli mühendislik kriterlerini sağlamak bakımından günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kriterler kesme direncini artırmak, geçirgenliği azaltmak, kaba daneli zeminlerde sertliği, ince daneli zemin koşullarında kıvamı artırmayı hedeflemektedir [1]. Günümüzde en çok kullanılan zemin iyileştirme yöntemleri sıkıştırma, ön yükleme, drenaj, diğer zeminlerle karıştırma ve kimyasal stabilizasyon kullanılması olarak sıralanabilir. Zeminlerin güçlendirilmesinde kullanılacak

stabilizatörler zemin tiplerine uygun olmalıdır [2].

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesinde endüstriyel atıkların kullanımı her geçen gün daha fazla uygulama alanı bulmuştur. Atık bertaraf problemlerini ortadan kaldırmak açısından atıkların zemin iyileştirmede kullanımı hem çevresel hem de ekonomik açıdan oldukça önemli bir yer bulmuştur.

Güncel çalışmalar incelendiğinde; zemin iyileştirmede kullanılan en yaygın atıkların uçucu kül, pirinç kabuğu külü, küspe külü, maden ocağı tozu ve mermer atıkları olduğu görülmüştür [3]. Kül atıklarının kullanımını gösteren çalışmalar uçucu kül kullanımı [4, 5, 6], pirinç kabuğu külü [7], hurma yağı yakıt külü [8], çelik cürufu uçucu külü [9], çamur külü [10], fırın tozu [11], mermer atıkları [7, 12,13], mısır atığı külü ile uçucu kül [14], pirinç kabuğu külü ile çimento [15, 16,17], kalsiyum klorür, pirinç kabuğu külü ile kireç [16, 18], hidratlı kireç ile küspe külü [19] ve zeytin yağı katı atık külü [20] olarak sıralanabilir. Literatür çalışmalarında incelenen atık küllerinin zemin iyileştirmede olumlu etkiler sağladığı görülmektedir.

Ancak, geoteknik mühendisliğinde OPK atığının kullanımına yönelik çok kısıtlı çalışmalar bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında OPK atığının killi zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

II. MATERYAL VE METOT

A. Materyal

Odun Pelet Külü

Odun peleti ormancılık ürünleri üretimi sırasında oluşan talaş, odun gibi artık malzemelerin krutulup öğütüldükten sonra yüksek basınç altında preslenmesiyle elde edilen, enerji üretmek amacıyla kullanılan, doğa dostu, yüksek kalorili bir yakıt türüdür (Şekil 1). Günümüzde ev, yurt, hamam gibi yerlerde ısınma amaçlı olarak evsel kullanımı ile birlikte fabrikalar, çiftlikler, seralar, termik santraller gibi ısı gerektiren tesislerde de endüstriyel kullanımı görülmektedir.

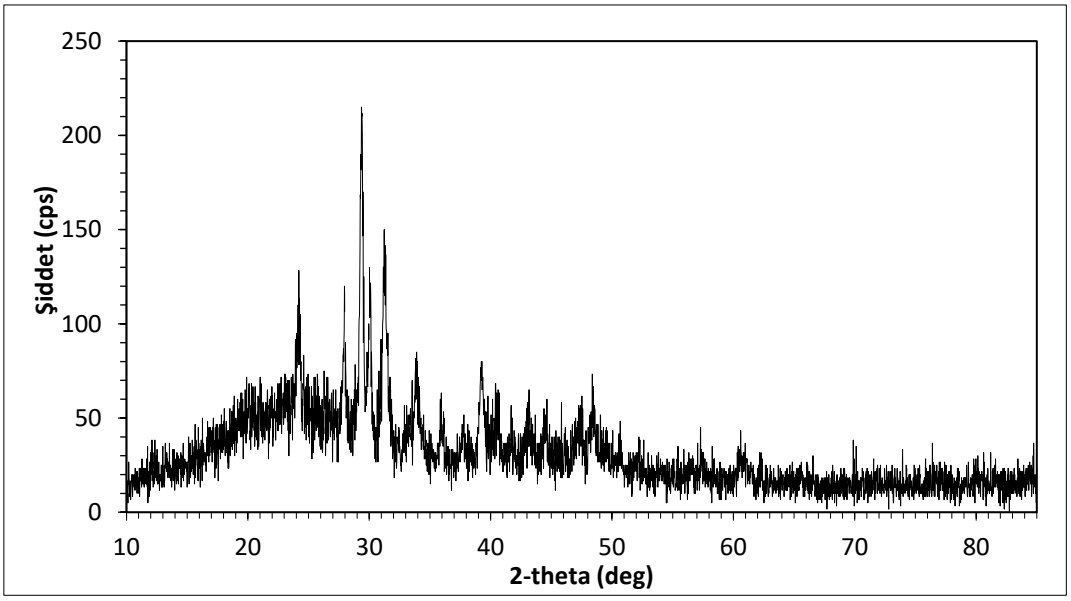
Şekil 1. Odun Peleti

Pelet yakıtların kalorifik değeri ortalama 5500 Kcal/kg'dır. Kül miktarı ise % 2 civarındadır. Odun Pelet külü (OPK) Adana'da ekmek üretimi yapan bir fırından sağlanmıştır. Pelet yakıtının kimyasal içeriği XRF (Minipal 4) yöntemi ile belirlenmiştir (Çizelge 1). Odun pelet külüne ait XRD paterni ise Şekil 2'de verilmiştir. X-ışını kırınımı (XRD) paternleri, 5–85 ° 'lik 2ø aralığında Cu Ka radyasyonu ile donatılmış bir Rigaku Miniflex XRD kullanılarak elde edilmiş ve materyal fazları, PDXL yazılımın mevcut veritabanı kullanılarak tanımlanmıştır. XRD

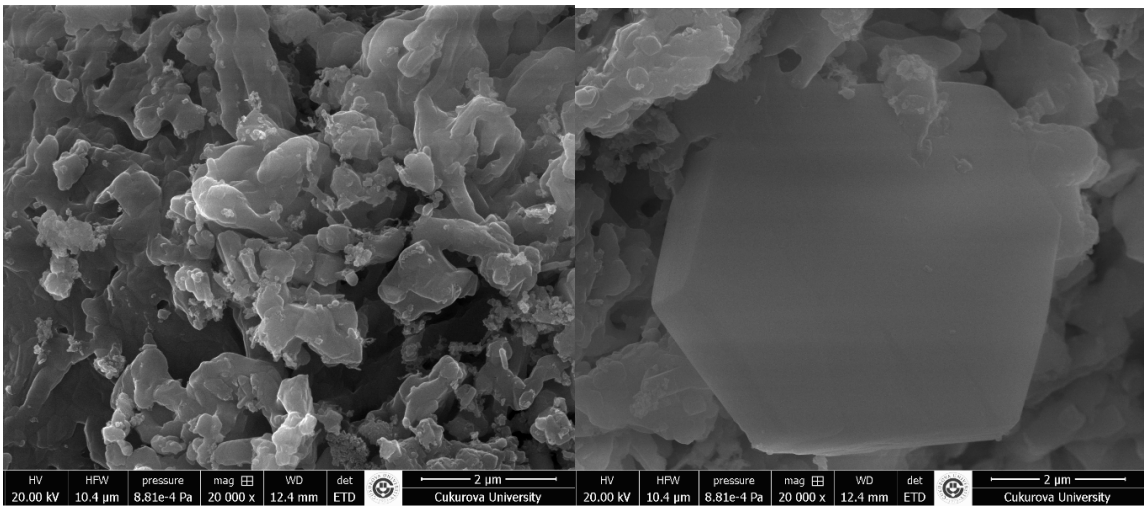
analizlerine göre OPK amorf bir yapıya sahiptir. OPK numunesinin morfolojik yapıları Quanta FEG 650 tarama elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir ve Şekil 3'te görülmektedir. OPK'nın SEM mikrografları, kenarları köşeli, gözenekli yapı gösterdi. küçük boyutlarda dağıtılmış gözeneklere sahiptir ve yer yer hegzegonal yapı sergilemiştir.

Çizelge 1. OPK'nın kimyasal içeriği

İçerik	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	MnO	Fe_2O_3	Cr2O3	TiO_2	SO_3	KK
(%)	0,01	0,01	7,6	2,01	0,05	79,2	0,61	6,36	0,08	0,66	2,21	0,56



Şekil 2. OPK numunesinin XRD paterni



Şekil 3. OPK numunesinin SEM görüntüleri

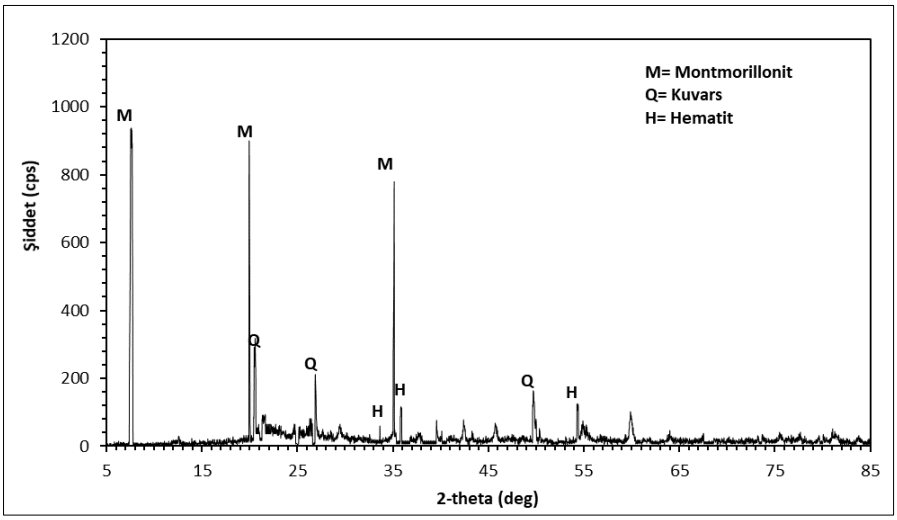
Killi Zemin

Killi zemin numuneleri Adana bölgesinden elde edilmiş ve kurutularak 425 mikron altı numune elde edilmiştir. Killi zemin numunesinin kimyasal içeriği Minipal 4 XRF cihazı ile belirlernmiş ve Numunenin içeriği Çizelge 2'de verilmiştir. Numununein XRD paterni Şekil 3'de verilmiştir. X-ışını kırınımı (XRD) paternleri, 5–85 ° 'lik 2ø aralığında Cu Ka radyasyonu

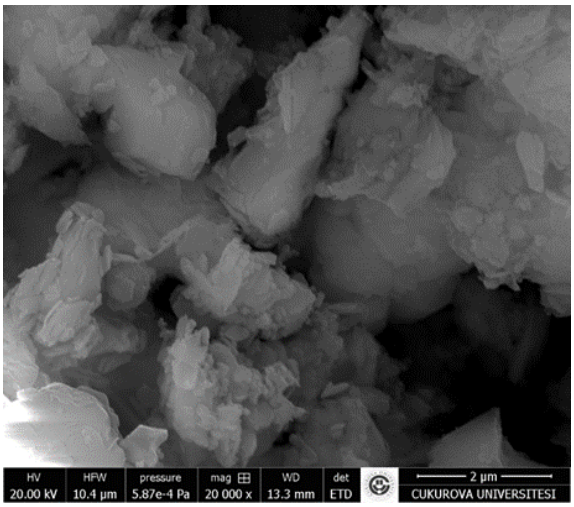
ile donatılmış bir Rigaku Miniflex XRD kullanılarak elde edilmiş ve materyal fazları, PDXL yazılımın mevcut veritabanı kullanılarak tanımlanmıştır. XRD analizlerine göre killi zeminin temel olarak monmorillonit, kuvars ve hematit minerallerinden oluştuğu görülmüştür. Killi zeminin morfolojik yapıları Quanta FEG 650 tarama elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir ve Şekil 4'te görülmektedir.

Çizelge 2. Killi zemin numunesinin kimyasal içeriği (%)

İçerik	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	MnO	Fe_2O_3	Na_2O	TiO_2	KK
(%)	6.10	18.40	50.60	0.65	3.10	3.20	3.10	8.70	2.50	1.65	3.15



Şekil 4. Killi zemin numunesinin XRD paterni



Şekil 5. Killi zemin numunesinin SEM görüntüsü

Killi zemin numunelerinin morfolojisi incelendiğinde tabakalı bir yapı gösterdigi ve rastgele farklı boyutlarda dağıtılmış gözeneklerin olduğu görülmüştür.

B. Metot

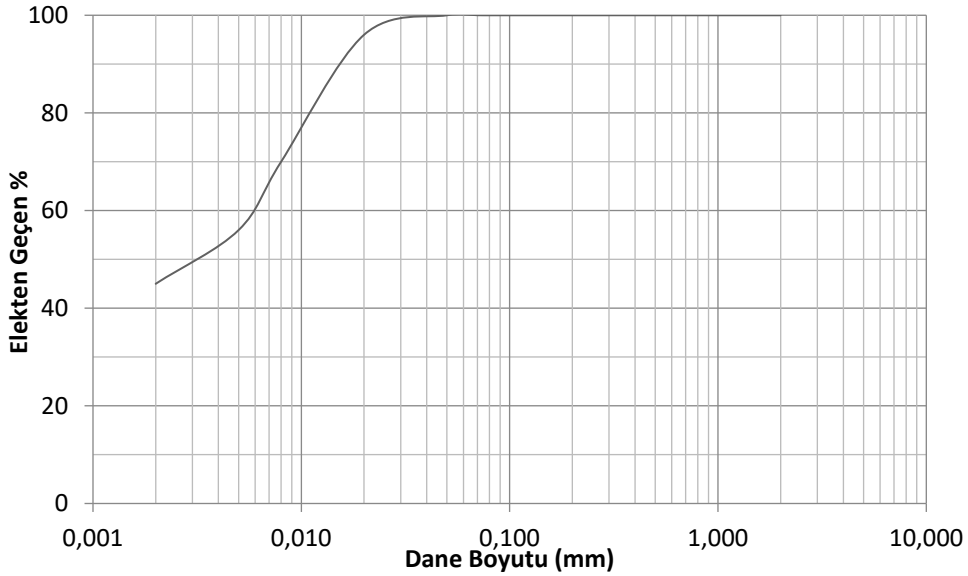
Kil Zemin numunelerinin özelliklerinin belirlenebilmesi adına bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, Çukurova Üniversitesi İnşaat ve Maden Mühendisliği laboratuvarlarında, TS EN ISO 14688-2 [21], TS 1900-1 [22] ve TS1900-2 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Standartlar ışığında ilk olarak zemin numunesinin elek analizi

yapılmıştır. Maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerleri, serbest basınç dayanımları ve kompaksiyon deneyleri uygulanarak OPK'nın Zemin iyileştirmesinde kullanımı değerlendirilmiştir.

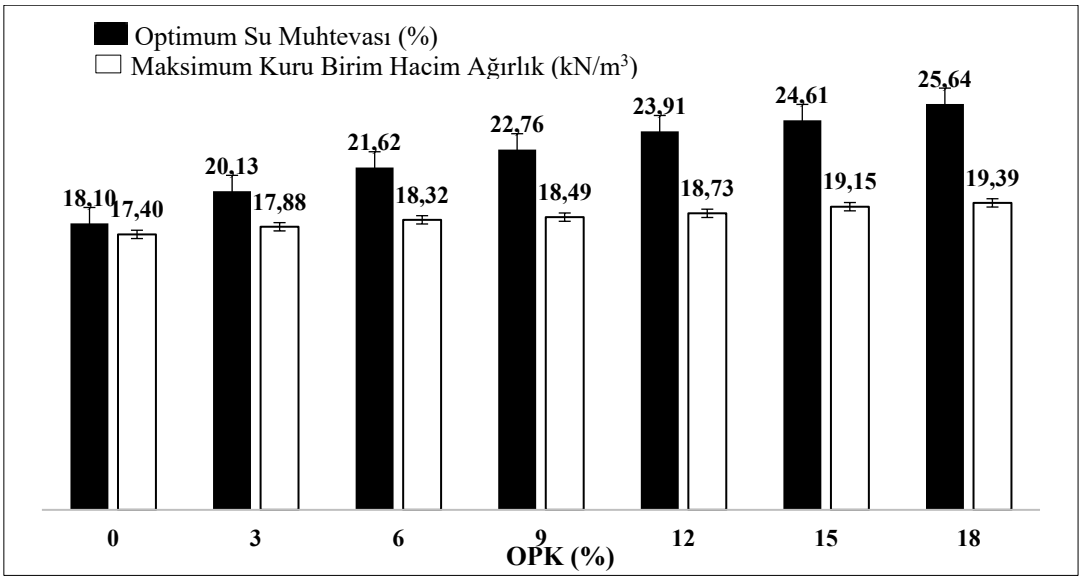
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Analizin ilk aşaması olarak öncelikle araziden elde edilen Zemin kurutulmuş vel eke analizine tabi tutulmuştur. Killi Zemin numunesinin dane dağılımı eğrisi Şekil 6'da sunulmuştur.

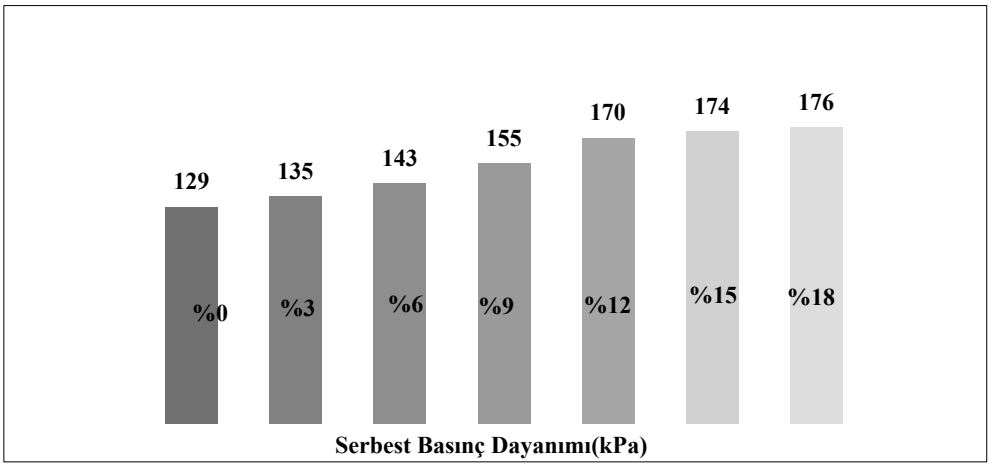
Killi zeminin dane birim hacim ağırlığı, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerleri yaklaşık olarak, sırasıyla 27 kN/m^3, 17.40 kN/m^3 ve %18.10 olarak tespit edilmiştir.



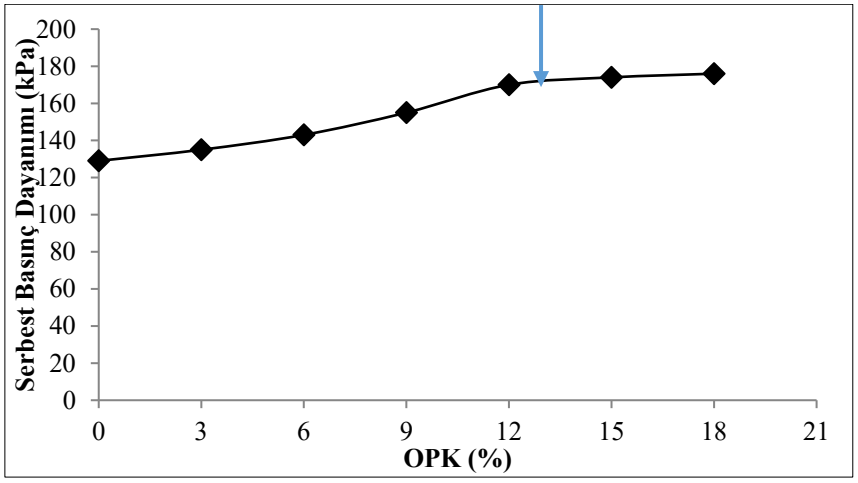
Şekil 6. Killi zeminin dane dağılımı eğrileri



Şekil 7. Kompaksiyon deney sonuçları



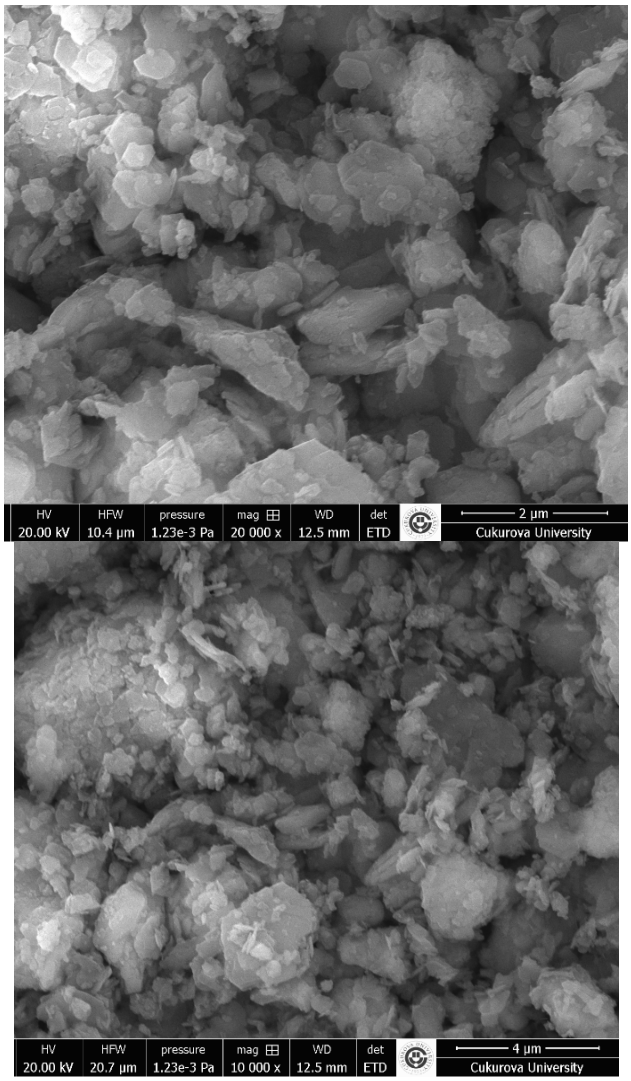
Şekil 8. Serbest basınç dayanımı deney sonuçları



Şekil 9. Serbest basınç deney sonuçlarına göre efektif oran

Ayrıca, kil zemin TS EN ISO 14688-2 [21]'e göre, "orta plastisiteli" olarak sınıflandırılmıştır. Kil zemine % 3, %6 ,%9, %12, %15 ve %18 oranlarında OPK eklenerek hazırlanan numunelerde yapılan kompaksiyon deneyleri ve serbest basınç deneyleri ile elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 7, 8'de görülmektedir. Deney sonuçlarına göre kil zemin içindeki OPK oranı arttıkça, numunelerin en iyi şekilde sıkışması için gerekli su miktarı artarken maksimum kuru birim hacim ağırlıkların da arttığı gözlenmiştir (Şekil 8). Buna göre, OPK'nın su emme kapasitesinin yüksek olduğu anlaşılmıştır. Kil zemin içindeki OPK oranı arttıkça, numunelerin serbest basınç dayanımlarının da % 27'lere varan oranlarda arttığı anlaşılmıştır (Şekil 8). Ancak, OPK'nın efektif olarak kullanımı göz önüne alındığında, bu tür kil zeminlerin iyileştirilmesinde, %12 OPK oranının en efektif oran olduğu düşünülmektedir (Şekil 9).

Optimum killi Zemin ve OPK karışımının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10'da görüldüğü gibi, optimum karışımın mikro yapısı daha az gözenekli bir yapıya sahiptir. Ek olarak, mikro yapı, karışımın montmorillonit ve OPK taneleri arasında iyi bağlanma ve kümelenme ile daha kompakt bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir.



Şekil 10. Killi zemin ve OPK karışımının SEM görüntüsü

IV. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, OPK'nın kil bir zeminin iyileştirilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu araştırma kapsamında kil zemine % 3, %6, %9, %12, %15 ve %18 oranlarında OPK eklenerek hazırlanan numuneler üzerinde bir seri deney yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Kil zemine OPK eklenerek yapılan karışımlarda, artan oranlara bağlı olarak numunelerin de maksimum kuru birim hacim ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir. Bu artışlar sırasında ise, kil zemin içindeki PYK oranının artmasına bağlı olarak sıkışma için gerekli olan su muhtevasının da arttığı aşikar bir şekilde gözlenmiştir. Analiz sonuçlarından OPK'nın su emme özelliği olan bir malzeme olduğu anlaşılmıştır.
2. OPK kullanımı ile kil zeminin serbest basınç dayanımının %27'lere varan oranlarda artırılabileceği anlaşılmıştır.
3. OPK'nın efektif olarak kullanımı göz önüne alındığında, %12 OPK oranının en efektif oran olduğu düşünülmektedir.

4. Ayrıca SEM görüntüleri de OPK'nın katkı maddesi olarak zemin numunesinin morfolojik yapısında iyileştirme sağladığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

[1] B. Bagriacik, and B. Mahmutluoglu, A new experimental approach to the improvement of sandy soils with construction demolition waste and cement. Arabian Journal of Geosciences, 13(13), 2020, 1-11.
[2] E. Nonveiller, Grouting theory and practice. Elsevier, Amsterdam1989
[3] J. James, and P.K. Pandian, Industrial wastes as auxiliary additives to cement/lime stabilization of soils. Advances in Civil Engineering 2016, 1-17.
[4] E. Cokca, V. Yazici, and K. Ozaydin, Stabilization of expansive clays using granulated blast furnace slag (GBFS) and GBFS-cement. Geotech & Geology Engineering 27(4), 2009, 489-499.
[5] A. Arulrajah, Y. Mohammadjavad, M.D. Mahdi, H. Suksun, W.B. Myint, and L. Melvyn, Evaluation of fly ash-and slag-based geopolymers for the improvement of a soft marine clay by deep soil mixing. Soils and Foundations 58(6), 2018, 1358-70, DOI: 10.1016/j.sandf.2018.07.005
[6] M. Corrêa-Silva, A. Nuno, C. Nuno, M. Tiago, T. G. António, and J. Coelho, Improvement of a clayey soil with alkali activated low-calcium fly ash for transport infrastructures applications. Road Materials and Pavement Design 20(8), 2018, 1-12, DOI: 10.1080/14680629.2018.1473286
[7] C. Gupta, and R. K. Sharma, Influence of marble dust, fly ash and beach sand on sub-grade characteristics of expansive soils. International Conference on Advances in Engineering and Technology, 2014, 13-18.
[8] S. Pourakbar, A. Afshin, B.K.H. Bujang, and H. F. Mohammad, Stabilization of clayey soil using ultrafine palm oil fuel ash (POFA) and cement. Transportation Geotechnics 2015, 3:24-35, DOI: 10.1016/j.trgeo.2015.01.002
[9] K.B. Biradar, K.U. Arun, and P.V.V. Satyanarayana, Influence of steel slag and fly ash on strength properties of clayey soil: A comparative study. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) 14(2), 2014. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V14P213.
[10] D.F. Lin, K.L. Lin, and H.L. Luo, A comparison between sludge ash and fly ash on the improvement in soft soil. Journal of the Air & Waste Management Association 57(1), 2007,59-64.
[11] Y. Keerthi, P. Divya Kanthi, N. Tejaswi, K. Shyam Chamberlin, and B. Satyanarayana, Stabilization of clayey soil using cement kiln waste. International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering 2(2), 2013,77-81.
[12] N. Ural, C. Karakurt, and A.T. Cömert, Influence of marble wastes on soil improvement and concrete production. Journal of Material Cycles and Waste Management 16, 2014, 500-508 DOI: 10.1007/s10163- 013-0200-3
[13] J. James, P.K. Pandian, Industrial wastes as auxiliary additives to cement/lime stabilization of soils. Adv Civ Eng 2016, 1–17
[14] R.M. Brooks, Soil stabilization with fly ash and corn waste ashimprovements in engineering characteristics. International Journal of Applied Engineering Research 14(4), 2019, 1025-1030

[15] E.A. Basha, R. Hashim, H.B. Mahmud, and A.S. Muntohar, Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. Construction and Building Materials 19(6), 2005, 448-453.
[16] A. N. Ramakrishna, and A.V. Pradeepkumar, Stabilization of black cotton soil using rice husk ash and cement. In: National conference on civil engineering meeting the challenges of tomorrow. GND Engineering College, Ludhiana, India, 2006, 215-220.
[17] A. Kumar, and D. Gupta, Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced pond ash, rice husk ash–soil mixtures. Geotextiles and Geomembranes 44(3), 2016, 466-74, DOI: 10.1016/j.geotexmem.2015.07.010
[18] R.S. Sharma, B.R. Phanikumar, and B.V. Rao, Engineering behaviour of a remolded expansive clay blended with lime, calcium chloride and rice-husk ash. Journal of Materials in Civil Engineering 20(8), 2008, 509- 515
[19] H. Hasan, L. Dang, H. Khabbaz, B. Fatahi, and S. Terzaghi, Remediation of expansive soils using agricultural waste bagasse ash. Procedia Engineering, 143, 2016, 1368-1375
[20] B. Bagriacik, E. Kahraman, and A.M. Kılıç, Large-scale experimental model study: soil improvement with olive mill solid residue ash. International Journal of Environmental Science and Technology, 2022, 1-12.
[21] TS EN ISO 14688-2, Geoteknik etüt ve deneyler - Zeminlerin tanımlanması ve sınıflanması - Bölüm 2: Sınıflandırma prensipleri, TSE, Ankara. 19.03.2018, 24 s.
[22] TS 1900-1, İnşaat mühendisliğinde zemin lâboratuvar deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel özelliklerin tayini, TSE, Ankara, 09.03.2006, 99 s.
[23] TS 1900-2, İnşaat mühendisliğinde zemin lâboratuvar deneyleri - Bölüm 2: Mekanik özelliklerin tayini, TSE, Ankara, 09.03.2006, 67 s.

Sık Öğeseti Madenciliği ile Market Sepeti Analizi

Market Basket Analysis by Frequent Itemset Mining

İrem Nur Yılmaztürk[1], Can Kurt[1], Fahrettin Okur[1], Ali Menemen[1], Serdar İplikçi[2], Bedri Bahtiyar[3]

[1]*Akgün Elektrik ve Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti., Denizli, Turkey*
[2]*Bilgisayar Mühendisliği,Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Turkey*
[3]*Elektrik-Elektronik Mühendisliği,Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Turkey*

Özet: Market sepeti analizi, perakende organizasyonlarında malların yerleşimini belirlemek, müşteri memnuniyetini ve dolayısıyla marketin karını artırmak için farklı müşteri segmentleri için satış promosyonları tasarlamak için analitik sistemin önemli bir bileşenidir. Günümüzün rekabetçi ortamında, verilerden elde edilebilecek bilginin stratejik önemi tartışılmazdır. Bu yüzden için son yıllarda Veri Madenciliği teknolojileri geliştirilmiş ve ön plana çıkarılmıştır. Veri madenciliği; ham, kullanışsız verileri faydalı bilgilere dönüştürüp, trend ve davranış analizine dayalı otomatik kalıp tahminleri yaparak kullanım alanına göre farklı şekillerde kullanıcısına avantaj sağlayan işlemler bütünüdür, aynı zamanda büyük veri birikimleri arasından gelecekle ilgili öngörülerde bulunabilmemizi sağlayacak verileri, programlama ve istatistik bilimini kullanarak ayırma teknolojisine veri madenciliği denmektedir. Veri madenciliği yöntemleri, veriler içerisindeki örüntüleri bularak insanlar tarafından kolayca anlaşılabilecek ve yorumlanabilecek sonuçlar üretmeyi hedeflemektedir. Veritabanlarında beklenmedik ve faydalı kalıpları keşfetmek veri madenciliğinin temel amaçlarından biridir. Bu çalışmada bir market sepeti verisi kullanılmıştır ve bu veriler öncelikle sadeleştirme yapılarak algoritma girdisine hazır hale getirilip daha sonra bu sadeleşmiş veritabanı üzerinde sık öğeseti madenciliği uygulanmaktadır. Sık öğeseti madenciliği algoritmalarından veritabanına uygunluğu ve diğer sık öğeseti madenciliği algoritmaları arasında en hızlı olanlardan birisi olduğu için H-Mine algoritması kullanılmaktadır. Bu algoritmanın çıktısı sadece tek başına bir sık öğeseti listesi olacağı için tek başına kullanılması herhangi bir anlam ifade etmemektedir. Bu yüzden H-mine algoritmasından çıktı olarak verilen sık öğeseti listesini ilişkisel kural çıkarımı madenciliği algoritmasına girdi olarak verilip sık öğe setleri arasındaki ilişkisel kurallar listelenmektedir. İlişkisel kural çıkarımı madenciliği algoritmasından çıkarılan kurallarda sık öğesetleri arasındaki ilişkinin negatif yönde veya pozitif yönde olduğu ya da sık öğesetleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı direkt olarak görülebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Veri Madenciliği, Sık Öğeseti Madenciliği, İlişkisel Kural Çıkarımı Madenciliği*

Abstract: Market basket analysis is an important component of the analytical system for determining the placement of goods in retail organizations, designing sales promotions for different customer segments to increase customer satisfaction and therefore the profit of the market. In today's competitive environment, the strategic importance of information that can be obtained from data is indisputable. For this reason, Data Mining technologies have been developed and brought to the fore in recent years. Data mining is a set of processes that transform raw, useless data into useful information and make automatic pattern predictions based on trend and behavior analysis, which provides advantages to its users in different ways according to the area of use. At the same time, data mining is the technology of separating data

that will enable us to make predictions about the future from large data accumulations, using programming and statistical science. Data mining methods aim to produce results that can be easily understood and interpreted by people by finding the patterns in the data. Discovering unexpected and useful patterns in databases is one of the main goals of data mining. In this study, a market basket data is used and this data is first made ready for the algorithm input by simplification and then frequent item mining is applied on this simplified database. The H-Mine algorithm is used because of its compatibility with the database among the frequent itemset mining algorithms and because it is one of the fastest among the other frequent itemset mining algorithms. Since the output of this algorithm will only be a stand-alone list of favorites, it does not make any sense to use it alone. Therefore, the list of frequent itemsets, which is output from the H-mine algorithm, is given as input to the association rule mining algorithm and the relational rules between the frequent itemsets are listed. In the rules extracted from the relational rule extraction mining algorithm, it can be directly seen that the relationship between the frequent itemsets is in the negative or positive direction, or that there is no relationship between the frequent itemsets.

Keywords: *Data Mining, Frequent Itemset Mining, Association Rule Mining*

I. GİRİŞ

Günümüzdeki Internet, Endüstri 4.0, Dijital Dönüşüm ve Nesnelerin Interneti kavramları ile birlikte her geçen gün veri miktarı artmaktadır. Bu verilerin büyük çoğunluğu, sosyal medya paylaşımları, mobil cihazlardaki uygulama kullanımları, web sayfalarında bırakılan loglar, nesnelerin interneti sayesinde oluşan sensör verileri vb. gibi insanların ve nesnelerin dijital ayak-izlerinden üretilmektedir.

A. Veri Madenciliği

Veri madenciliği; ham, kullanışsız verileri faydalı bilgilere dönüştürüp, trend ve davranış analizine dayalı otomatik kalıp tahminleri yaparak kullanım alanına göre farklı şekillerde kullanıcısına avantaj sağlayan işlemler bütünüdür.Veri madenciliği, verileri anlamak ve/veya kararlar almak için veritabanlarında depolanan büyük miktardaki veriden bilgi çıkarmaktan oluşur. Sık öğe seti madenciliği, en iyi bilinen ve en popüler veri madenciliği yöntemlerinden biridir. Başlangıçta pazar sepeti analizi için geliştirilmiş olup, günümüzde değişkenler arasındaki düzenlilikleri keşfetmeyi gerektiren hemen hemen her görev için kullanılmaktadır.

Büyük veri kümelerini analiz etmek önemlidir çünkü bunlar yeni bilgiler içerebilir. Bu tür bilgilerin keşfi, veri madenciliği teknolojisini gerektirir. Bu teknolojilerin en önemlilerinden biri olan sıralı örüntü madenciliği, öğe oluşum sırasını korurken, kullanıcı tarafından belirlenen minimum destek değerinden daha sık görünen örüntüleri çıkarır [1].

Veri madenciliğinin amacı, geçmişi anlayıp geleceği tahmin etmeye çalışmaktır. Veri madenciliği yöntemleri, veriler içerisindeki örüntüleri bularak insanlar tarafından kolayca anlaşılabilecek ve yorumlanabilecek sonuçlar üretmeyi hedeflemektedir.

Veri madenciliği algoritmaları aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır:

- İlişkisel Kural Madenciliği
- Sık Öğeseti Madenciliği
- Sıralı Örüntü Madenciliği
- Sıralı Kural Madenciliği
- Sekans Tahmini
- Periyodik Örüntü Madenciliği
- Episod Madenciliği
- Yüksek-Faydalı Örüntü Madenciliği

- Zaman Serisi Madenciliği
- Kümeleme ve Sınıflandırma

II. SIK ÖĞESETI MADENCILIĞI

Sık öğe kümesi madenciliği, en iyi bilinen ve en popüler veri madenciliği yöntemlerinden biridir. Veri içindeki örüntülerin bulunması fikri ilk olarak 1993'te Agrawal ve tarafından ortaya atılmıştır [2]. Buna ilk olarak büyük örüntü madenciliği denilmiş olsa da artık günümüzde buna Sık Örüntü Madenciliği (Frequent Itemset Mining - FIM) denmektedir. sık öğeseti madenciliği ilk olarak market sepeti verilerinin analizinde kullanıldığı için, sık öğeseti madenciliği kavramını tanımlamak için de market sepeti uygulamasından yararlanarak şu şekilde tanımlama yapılabilir: müşterilerin yaptıkları alış-veriş ya da işlemlerin olduğu bir veritabanı verildiğini düşünelim. Burada sık öğeseti madenciliği birlikte satın alınan öğe veya öğe-kümelerinden en sık görülenleri bulmaya çalışır. Örnek olarak, bir sık öğeseti madenciliği algortimasının sonucunda, çok sayıda müşteri tarafından kurabiye ile baharatın bir arada satın alındığı gibi bir örüntü ortaya çıkabilir. Bu öğeler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması, müşteri davranışlarının analiz edilmesinde, pazarlama konusunda (bir arada çokça satılan ürünlerin rafta yanyana konması veya kampanya yapılması gibi) stratejik kararlar alınmasında oldukça faydalıdır.

Sık öğeseti madenciliği her ne kadar ilk olarak müşteri davranışlarının analiz edilmesi için önerilmiş olsa da, artık günümüzde pek çok alana uygulanabilecek bir veri madenciliği işi olarak görülmektedir. Zira, müşteri hareketlerinin olduğu veritabanı daha da genelleştirilerek sık öğeseti madenciliği daha farklı alanlarda kullanılabilmektedir. Artık bu daha genel veritabanında, müşteri hareketleri yerine belli özelliklere sahip nesneleri tanımlayan örnekler bulunacaktır. Böylece, sık öğeseti madenciliği, veritabanında bir arada sık görülen özellikleri bulma işi olarak daha genel bir şekilde tanımlanabilir. Pek çok veri tipi, işlem veritabanı şeklinde temsil edilebildiği için, sık öğeseti madenciliği, bioinformatics, resim sınıflandırma, network trafik analizi, müşteri yorumlarının analizi, aktivite izleme, zararlı yazılımların tesbiti ve e-öğrenme gibi çok çeştli alanlarda uygulanabilmektedir.

A. Problemin Tanımı

Sık öğeseti madenciliği algoritmalarının amacı, verilen bir işlem veritabanındaki önemli/ilginç öğe ve öğesetlerini ya da başka bir deyişle örüntüleri bulmaktır. İşlem veritabanına örnek olarak bir markette belli bir dönemde müşteriler tarafından yapılan alış-verişlere ilişkin alış-veriş fişlerinden oluşan bir veritabanı verilebilir. Örneğin bu markette belli bir dönemde müşteriler tarafından 5 adet alışveriş yapılmış olsun ve her bir alış-verişte satın alınan ürünler ve miktarları aşağıdaki tablodaki gibi verilsin:

Tablo I. Market Sepeti Fişleri Örnek Veritabanı

Fiş No.	Satın Alınan Ürünler
#1	2 kg armut, 2 paket cips, 1 adet defter
#2	10 adet bardak, 3 paket cips, 1 kg elma
#3	1 kg armut, 8 adet bardak, 1 paket cips, 2 kg elma
#4	18 adet bardak, 5 kg elma
#5	3 kg armut, 5 adet bardak, 4 paket cips, 1 kg elma

Bu tabloda her bir alış-veriş fişi içinde yer alan ürünler ve miktarları görülmektedir. Şimdi, verilen bu alış-veriş veritabanından, işlem veritabanını elde edelim. Alış-veriş veritabanındaki her bir fiş, işlem veritabanında bir işleme karşı düşmektedir. Ürünlerin isimlerini de ürünün sadece ilk harfini kullanarak kısaltalmaktadır, yani, armut A, bardak B, cips C, defter D ve elma da E harfiyle sembolize edilmektedir. Ayrıca, bir fişteki ürünlerin miktarları göz ardı edilmektedir, yani sadece ürünün fişte olup olmadığı ile ilgilenilmektedir. Miktarlar ve zaman sıralamalarının önemli olduğu veritabanları üzerinde çalışma yapacaksak sık öğeseti madenciliği bunun için uygun değildir, bu veritabanları için Sıralı Örüntü Madenciliği ve Yüksek-Faydalı Örüntü Madenciliği kullanılmaktadır. Sık öğeseti madenciliği algoritmalarına girdi olarak kullanılacak olan işlem veritabanı aşağıdaki gibi elde edilir:

Tablo II. Örnek İşlem Veritabanı

İşlem ID (TID)	İşlem
T_1	A,C,D
T_2	B,C,E
T_3	A,B,C,E
T_4	B,E
T_5	A,B,C,E

Her bir fiş bir işlem olarak alınmıştır. Fişlerdeki ürün miktarına bakılmaksızın fişte var olan satin alınmış ürünler yazılmıştır. Bu örnekte her bir ürün bir öğeyi temsil etmektedir. Birden fazla ürünün bir araya gelmesiyle ise öğesetleri oluşmaktadır. Örneğin {A,D,E} bir öğesetidir. Dolayısıyla sık öğeseti madenciliği algoritmalarıyla sadece tek bir öğenin değil bu öğelerin olası tüm kombinasyonlarından oluşan öğesetlerinin en sık görülenleri bulunacaktır.

Sık öğeseti madenciliğine giriş yapmak için öncellikle bazı kavramlar ve terimler açıklanmaktadır. $I = \{x1\ x2\ \cdots\ xn\}$ şeklinde öğelerden oluşan bir öğe kümesi ele alalım. $X = \{x1\ x2\ \cdots\ xm\}$ öğeseti, bu I öğe kümesinin bir alt kümesi olsun, yani $X \subseteq I, X$ öğeseti aynı zamanda $X = x1x2\ \ldots\ xm$ şeklinde de gösterilebilir. Bir işlem $T = (tid, X)$ şeklinde verilen bir ikilidir (tuple), burada tid işlem kimliği ve X de bir işlem ya da öğesetidir. Bu T işlemi Y öğesetini ancak ve ancak $Y \subseteq X$ olması durumunda "T işlemi Y öğesetini içerir" denilebilir. Bir TDB işlem veritabanı işlemlerden oluşan bir veritabanıdır. T işlem veritabanında yer alan X gibi bir öğesetini içeren işlem sayısına X öğesetinin mutlak destek değeri denir ve $AbsSupp(X)$ ile gösterilir. Verilen bir T işlem veritabanı ve minimum destek değeri $MinSupp$ değeri için, $AbsSupp(X) \geq MinSupp$ şartını sağlayan bir öğesetine sık öğeseti denir. Sık öğeseti yerine sık örüntü ifadesi de kullanılmaktadır. Sık öğeseti madenciliği, ya da frequent itemset mining problemi, verilen bir T işlem veritabanı ve minimum destek değeri $MinSupp$ değeri için tüm sık öğesetlerinin bulunmasıdır.

Sık öğeseti madenciliği algoritmalarının amacı, verilen bir veritabanındaki önemli/ilginç örüntüleri ortaya çıkarmak olduğuna göre, bu kavramın tanımlanması gerekir. Genel olarak, bir örüntünün önemliliği ya da ilginçliği için çeşitli ölçütler ortaya konsa da sık öğeseti madenciliği algoritmalarında önemlilik/ilginçlik ölçütü olarak destek kavramı kullanılır. Verilen bir D gibi bir veritabanında, X gibi bir öğesetinin mutlak-desteği $AbsSupp(X)$ ile gösterilir ve X öğesetini içeren işlemlerin sayısı olarak tanımlanır yani,

$$AbsSupp(X) = |\{T|\, X \subseteq T \wedge T \in D\}| = X \text{ öğesini içeren işlem sayısı.}$$

Benzer şekilde, verilen bir D gibi bir veritabanında, X gibi bir öğesetinin bağıl-desteği $RelSupp(X)$ ile gösterilir ve N işlem sayısı olmak üzere, X öğesetini içeren işlemlerin sayısının toplam işlem sayısına (N) oranı olarak tanımlanır yani,

$$RelSupp(X) = \frac{AbsSupp(X)}{N} = \frac{X \text{ öğesini içeren işlem sayısı}}{\text{toplam işlem sayısı}}.$$

Minsup gibi verilen bir minimum destek değeri için, X gibi bir öğesetinin destek değeri bu eşik değerine eşit veya daha fazlaysa, o zaman bu X gibi öğesetine sık öğeseti denir. Yani, eğer $RelSupp(X) \geq minsupp$ $(veya\ AbsSupp(X) \geq minsupp)$ ise, o zaman X bir sık öğesetidir.

B. Yöntem

Sık öğeseti madenciliğinde amaç minimum support şartını sağlayan tüm öğesetlerini ortaya çıkarmaktır. Oldukça zor olan sık öğeseti madenciliği probleminin her zaman tek bir çözüm kümesi bulunmaktadır.

Sık öğeseti madenciliği problemini çözmek için izlenecek en basit yöntem, önce olası tüm öğesetlerini bulup ardından bunların destek değerlerini bularak $minsup$ eşiğini geçenleri sık öğeseti döndürmek şeklinde olan brute-force yaklaşımıdır. Bilgisayar Bilimleri'nde brute-force arama yaklaşımı oluştur ve test et olarak da adlandırılır, olası tüm aday çözümlerin teker teker bulunup denenmesi esasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım çok küçük veritabanlarında bile kullanışsız olmaktadır. Sık öğesetlerini bulmak için literatürde etkili yöntemler geliştirilmiştir. Bu algoritmalar, öğeseti uzayındaki olası tüm öğesetlerini araştırmaktan kaçınarak sık öğesetlerini olabildiğince etkili bir şekilde bulmaya çalışırlar. Bunlardan bazıları listelenmektedir:

- Apriori
- ECLAT (Equivalence Class Clustering)
- FPtree (Frequent Pattern Growth Algorithm)
- H-mine (Hyper-Structure Mining)

Bu çalışmada sık öğesetlerinin bulunması işlemi H-mine algoritması kullanılarak yapılmaktadır.

1) H-mine Algoritması

Aday oluşturma ilkesine dayanan diğer sık öğeseti madenciliği algoritmaları, sık olmayan öğesetlerini de aramakta, bu da zaman kaybına yol açmaktadır. Buna bir çare olarak H-mine algoritması önerilmiştir. H-mine, Aramayı derinlik öncelikli tarzda yapan, yatay veritabanı kullanan bir algoritmadır. Diğer algoritmaların aksine, aday oluşturmaz, bir önekin (prefix) project ettiği veritabanında destek değeri MinSupp değerinden büyük olan öğelerle aramaya devam eder. Bu özelliğinden dolayı, diğer sık öğeseti madenciliği algoritmalarına göre daha hızlıdır [3].

Apriori algoritması literatürdeki ilk sık öğeseti madenciliği algoritmasıdır. Bir çok verimli algoritmanın temelini oluşturmasına rağmen verimli değildir. Apriori algoritması oluştur ve test et çalışma mantığı ile ilerlemektedir. Bütün aday öğesetlerini oluşturduktan sonra veritabanında arama yapmaktadır. Bu yüzden Apriori algoritması verimsizdir. Apriori tipi algoritmalar kullanılarak oluşturulan sık öğeseti adayların sayısının en kötü durumda üstel olduğu erkenden

fark edildi. Yani, 100 elemanlı sık bir dizi varsa, böyle bir diziyi bulmak için $2^{100} \approx 1030$ adayın üretilmesi gerekiyordu. Kısıtlamalar gibi bu sorunu hafifletmek için yöntemler tanıtılmış olsa da, veri kümelerinin büyük olduğu durumlarda aday oluşturma ve budama yöntemi büyük ölçüde zarar görür. Diğer bir yapısal sorun, büyük bir aday kümesini bazı örüntü eşleştirme yöntemleriyle kontrol etmek için veri kümesinin tekrar tekrar taranmasıdır.

H-mine algoritması çalışırken öncelikle D veritabanı taranarak sık olan tekli öğeler bulunmaktadır. Apriori kuralı adı verilen kurala göre sık olmayan tekli öğelerden türetilen öğesetleri sık olmamaktadır bu yüzden öncelikle sık tekli öğeler bulunur ve sık olmayan tekli öğeler dikkate alınmadan ilerlenmektedir. Sık tekli öğeler bir F_{list} listesinde tutulmaktadır. Bu sık öğelere göre veri tabanı taranmaktadır. Örneğin, $F_{list} = [a, b, c, d, e]$ olsun. Bu sık tekli öğelere göre veritabanı sıra ile şu şekilde taranmaktadır:

1. $a -$ ile başlayan sık öğesetleri,
2. $c -$ ile başlayan ancak a öğesi içermeyen sık öğesetleri,
3. $d -$ ile başlayan ancak a ve c öğelerini içermeyen sık öğesetleri,
4. $e -$ ile başlayan ancak a, c ve d öğelerini içermeyen sık öğesetleri
5. $g -$ ile başlayan ancak a, c, d ve e öğelerini içermeyen sık öğesetleri.

Adım adım yinelemeli bir şekilde ilerleme sağlandığı için her adımdan sonra taranmamış olan veritabanı ciddi miktarda küçülmektedir. Bu yüzden H-mine algoritması sık öğeseti madenciliği algoritmaları arasından en verimli çalışanlardan biridir. Market sepeti analizi için en uygun algoritmalardan biridir.

III. MARKET SEPETI ANALIZI

Geçmişi çözümlemek, büyük şirketlerde verilen kararın kalitesini artırmak için önemlidir. Geçmiş verileri analiz ederek ve bu verilerden belirli kurallar çıkarak günümüz rekabetçi piyasasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Genellikle süpermarketlerin satış noktalarında bu tür geçmişe yönelik fiş kayıt verileri toplandığından, toplanan bu veriye market sepeti verisi adı verilmiştir. Market sepeti verilerinde incelenmek istenen tarih aralığındaki fişlerin alışveriş bilgileri bulunmaktadır. Market sepeti verisinde yer alan bir kayıtta, birlikte alınan tekli öğeler bulunmaktadır.

Market sepet analizinin amacı, satışlar arasındaki ilişkileri bulmak ve buna bağlı olarak kuralları çıkarmaktır. Bu tür ilişkilerin bilinmesi, şirketin gelirini arttırmak için kullanılabilir. Eğer X ürününü alanların Y ürününü de belirli bir olasılıkta aldıkları biliniyorsa ve eğer bir müşteri X ürününü alıyor ama Y ürününü almıyorsa, o müşterinin Y ürününü satın alma ihtimali yüksektir. Buna benzer geçmiş verilerin analizlerini yaparak her ürün için belirli bir zaman sonrasındaki satışlarının tahminleri yapılabilir, birlikte satın alınan ürünleri yan yana koyulabilir veya X ürününü alana Y ürününde kampanya yapılabilir.

IV. İLIŞKISEL KURAL ÇIIKARIMI

Veri madenciliğinin en önemli ve iyi araştırılmış tekniklerinden biri olan ilişkisel kural madenciliğidir[4]. İşlem veritabanlarındaki veya diğer veri havuzlarındaki öğe kümeleri arasında ilginç korelasyonlar, sık örüntüler, ilişkiler veya geçici yapılar çıkarmayı amaçlar.

Sık öğesetelerini bulmak, tek başına anlamlı sonuçlar ortaya koymamaktadır. Bu sebeple sık öğeseti madenciliği algoritmalarından alınan sık öğeseti çıktısının yorumlanabilmesi için birliktelik kural çıkarımı algoritmasına girdi olarak verilmesi gerekmektedir. Bu kurallar sayesinde, örüntüler arasındaki ilişkileri belli sayısal değerlerle ifade etmek mümkün olmaktadır.

A. Kural Çıkarımında Kullanılan Yöntemler

Kural çıkarma işleminde kuralların çıkarılması için belirli değerlerin sağlanması gerekmektedir. Kural çıkarımında güven (confidence) ve ilgi (interest) denilen kavramlar ortaya atılmıştır.

1) Güven Kavramı

Algoritmanın çıktısının verdiği kuralların güvenilirliğinin bir ölçütü olmalıdır. $X \rightarrow Y$ şeklinde bir kuralın güvenilirliğini ifade etmek için literatürde güven kavramı önerilmiştir. $X \rightarrow Y$ şeklindeki bir kuralın güven değeri $Conf(X \rightarrow Y)$ ile gösterilir ve şu şekilde hesaplanır:

$$Conf(X \rightarrow Y) = \frac{Supp(X \cup Y)}{Supp(X).}$$

Güven değerinin hesabında, destek değeri kullanılmaktadır. $Conf(X \rightarrow Y)$ güven değeri, X ve Y öğesetlerinin birleşiminden (union) oluşan $X \cup Y$ öğesetinin destek değerinin, X öğesetinin destek değerine oranı ile hesaplanır. Her zaman $Supp(X \cup Y) \leq Supp(X)$ olmaktadır. Dolayısıyla, güven değeri her zaman [0 1] aralıpında olacaktır, yani

$$0 \leq Conf(X \rightarrow Y) \leq 1.$$

Bilindiği gibi, bir X öğesetinin sık öğeseti olabilmesi için $MinSupp \leq Supp(X)$ şartının sağlanması gerekir. Benzer şekilde, $Supp(X) = 0$ ve $Supp(Y) = 0$ olmak üzere, $X \rightarrow Y$ gibi bir ilişkinin bir ilişkisel kural olabilmesi için şu üç koşulu aynı anda sağlaması gerekir:

(1) $X \cap Y = \emptyset$
(2) $MinSupp \leq Supp(X \cup Y)$
(3) $MinConf \leq Conf(X \rightarrow Y)$

Burada, $MinConf$ değeri, kuralın sahip olması gereken en küçük güven değeridir. Bu güven değerinin altında bir güven değerine sahip bir ilişki, ilişkisel kural olmaz.

2) İlgi Kavramı

İlgi kavramı, olasılık teorisindeki bağımsızlık kavramına benzeyen bir kavramdır. Hatırlanacağı gibi, A ve B iki farklı olay, AB bu iki olayın aynı anda oluştuğu kesişim olayı ve $P(A)$, $P(B)$ ve $P(AB)$ sırasıyla bunların olasılıkları olmak üzere, eğer

$$P(AB) = P(A)P(B)$$

ise o zaman A ve B olayları bağımsızdır. Veritabanındaki öğesetlerini olay, bunların bağıl desteklerini de olasılık olarak ele aldığımızda, olayların bağımsızlığı kavramına benzer olarak iki öğesetinin ilgisi kavramı karşımıza çıkar. X ve Y gibi iki öğesetinin destek değerleri $Supp(X)$ ve $Supp(Y)$ ve bunların birleşim öğeseti $X \cup Y$ öğesetinin destek değeri $Supp(X \cup Y)$ olmak üzere, $X \rightarrow Y$ şeklindeki ilişkisel bir kuralın ilgi (interest) değeri

$$Inte(X \rightarrow Y) = |Supp(X \cup Y) - Supp(X)Supp(Y)|$$

şeklinde verilmektedir. $Inte(X \rightarrow Y) = 0$ olması durumunda X ve Y öğesetleri bağımsızdır ve buradan ilişkisel bir kural türetilemez.

İlgi kavramı için bir çok ölçüm yöntemi bulunmaktadır. Bu ölçüm yöntemlerinin en çok kullanılanları aşağıda listelenmektedir[5]:

- Lift
- $\chi 2$ (Ki-Kare)
- All_confidence
- Max_confidence
- Kulczynski
- Cosine

Birçok deneme sonrasında ölçüm yöntemlerinden kulczynski'nin daha güvenilir olduğu kararına varılmıştır. Bu çalışmada da ilgi kavramı için ölçüm yöntemi olarak kulczynski kullanılmaktadır.

a) Kulczynski Nedir?

Kulczynski ölçüm yöntemi için aşağıda verilen formül kullanılmaktadır.

$$Kulc(X \rightarrow Y) = \frac{1}{2}\left[\frac{Supp(X \cup Y)}{Supp(X)} + \frac{Supp(X \cup Y)}{Supp(Y)}\right]$$

Bu çalışmada bu formül kullanılarak sık öğesetlerinin birbiriyle ilgisi hesaplanmıştırr. İlgi kavramı ölçüm yöntemleri ile veri setinden çıkarılan sık öğesetleri arasındaki ilişki negatif yönde korelasyon, pozitif yönde korelasyon veya iki öğeseti birbirinden bağımsız denmesini sağlamaktadır.

3) Çıkarılmış Kuralların Yorumlanması

Sık öğesetleri arasındaki kurallar çıkarılmış aynı zamanda güven ve ilgi kavramlarıyla doğrulanmış durumda elimizde bulunmaktadır. Bu çıkarılan kuralları veri seti ve kavramlar üzerinde bilgi sahibi olan kişiler tarafından yorumlanması daha verimli olacaktır. Örneğin $X \rightarrow Y$ şeklindeki bir kuralın $conf$ değeri 0.8 $kulc$ değeri ise 1.8 olsun. $Kulc$ değeri 1'den yüksek olduğu için pozitif korelasyon denmektedir. $Conf$ değeri ise yorumlanırken şu şekilde kullanılmaktadır: X olayı gerçekleştiğinde %80 ihtimalle Y olayı da gerçekleşecektir. Bu örneğimizi market sepeti verilerine uyarlarsak X ürününü satin alan müşteri %80 ihtimalle Y ürününü de satın alacaktır şeklinde kural okunabilmektedir.

4) Kullanılan Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti, market alışverişi yapan müşterilerin 9835 işlemini ve aynı zamanda 169 benzersiz öğe içermekte olan bir market sepeti verisidir.

V. SONUÇ

Çalışmada kullanılan market sepet verisi öncelikle veri ön işleme ile H-mine algoritmasına girdi olacak hale getirilmektedir. Veri uygun hale getirildikten sonra is H-mine algoritmasına girdi olarak verilmiş ve sonucunda bir sık öğeseti listesi alınmıştır. H-mine algoritmasından elde edilen çıktının bir kısmı aşağıdaki gibidir:

Itemset: ['Cheese'] AbsSupp: 6055
Itemset: ['Bread'] AbsSupp: 7214
Itemset: ['Bread ', 'Milk'] AbsSupp: 7015
Itemset: ['Bread ', 'Milk ', 'Coffee'] AbsSupp: 6827
Itemset: ['Bread ', 'Milk ', 'Coffee', 'Vegetable'] AbsSupp: 6002

Itemset: ['Bread ', 'Milk ', 'Vegetable'] AbsSupp: 7333
Itemset: ['Bread ', 'Coffee'] AbsSupp: 6366
Itemset: ['Bread ', 'Coffee', 'Vegetable'] AbsSupp: 6210
Itemset: ['Bread ', 'Vegetable'] AbsSupp: 5626
Itemset: ['Milk '] AbsSupp: 3278
Itemset: ['Milk ', 'Coffee'] AbsSupp: 6490
Itemset: ['Milk ', 'Coffee', 'Vegetable'] AbsSupp: 4555
Itemset: ['Milk ', 'Vegetable'] AbsSupp: 8665
Itemset: ['Coffee'] AbsSupp: 4309
Itemset: ['Coffee', 'Vegetable'] AbsSupp: 5114
Itemset: ['Vegetable'] AbsSupp: 4453

H-mine algoritmasından elde edilen bu çıktı ilişkisel kural madenciliği algoritmasına girdi olarak verildiğinde ise bu sık öğesetleri arasında bulunan kurallar ortaya çıkarılmaktadır. Çıkarılan kuralların bir kısmı aşağıdaki gibi gözükmektedir:

$$['Bread'] \rightarrow ['Milk'] \; Supp: 0.72 \;\; Conf: 0.937 \;\; Lift: 1.071$$

$$['Coffee'] \rightarrow ['Vegetable'] \; Supp: 0.54 \;\; Conf: 0.937 \;\; Lift: 0.937$$

$$['Milk' \rightarrow ['Coffee'] \; Supp: 0.67 \;\; Conf: 0.98 \;\; Lift: 1.142$$

Burada çıkarılan kurallara göre ekmek alımı süt alımını etkilemekte olduğu görülüyor. Veri setine normalde gözle baktaığımızda göremeyeceğimiz kurallar ortaya çıkarılmaktadır. Bu da satış stratejisi belirlemekte önemli rol oynamaktadır.

Sık öğeseti madenciliği algoritmaları sadece market sepeti değil bir çok alanda bir çok veri üzerinde uygulanabilmektedir. Bu çalışmanın geliştirilebilmesi için liste veri yapısı yerine class veri yapısı kullanılarak daha verimli yöntemler bulunabilir veya kullanıcı arayüzü eklenip bu metodu sadece veri mühendislerinin değil, herkesin kullanması sağlanabilir. Bir sonraki aşama olarak ise zaman serisi türündeki veriler üzerine ardışık sekans madenciliği uygulanabilir, bu şekilde geliştirilmesi ise belirli zaman içinde olan satın alımları gösterebilir. Zaman önemli hale geldiğinde ise ona göre satış politikaları ve kampanyalar düzenlenebilir.

REFERANSLAR

[1] Yu Hirate, Hayato Yamana, "Generalized Sequential Pattern Mining with Item Intervals", Journal of Computers, Vol. 1, No. 3, 2006.
[2] Agrawal R, Imielinski T and Swami A, "Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases," Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp. 207–216, 1993.
[3] Pei J, Han J, Lu H, Nishio S, Tang S and Yang D, "H-Mine: Fast and space-preserving frequent pattern mining in large databases," IIE Transactions, Vol. 39, pp. 593–605, 2007.
[4] Ayhan Döşlü, "Veri Madenciliğinde Market Sepeti Analizi ve Birliktelik Kurallarının Belirlenmesi", 2008.
[5] Han J, Pei J, Kamber M, "Data Mining Concepts and Techniques", 2011.

BREA - A Service of Building Retrofitting Energy Assessment in ENCORE Project

Sergio Muñoz-Gómez[1], Norena Martín-Dorta*[,2], Ana Pérez-García[2], José Miguel Márquez-Martinón[2], Benjamín González-Díaz[2], Eduardo González-Díaz[2]

*nmartin@ull.edu.es, ORCID: 0000-0002-5704-5133
[1]*Laurentia Technologies, Valencia, Spain*
[2]*Universidad de La Laguna, La Laguna, Spain*

Abstract: Around 90% of the existing buildings in the European Union (EU) will still be standing in 2050. Currently, buildings are responsible for about 40% of the EU's total energy consumption, corresponding to 63% of total consumption in the construction sector, and for 36% of its greenhouse gas emissions from energy. The ENCORE project - Energy aware BIM Cloud Platform in a Cost-effective Building Renovation Context-, supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme, has the main objective to increase the share of renovated stock in Europe and worldwide by providing effective and affordable BIM tools that cover the whole renovation life-cycle. This paper describes the ENCORE Component Web App named BREA (Building Retrofitting Energy Assessment). BREA collects data regarding the materials of the renovated building and provides the simulation engine with the objective of generating the energy assessment results, from which the user can choose different renovation retrofitting alternatives, these energy assessment results are represented in charts. Users can create the geometry of the construction with simple tools, without a previous detailed building model.

Keywords: *BIM, BEM, Building Information Modelling, Building Information Model, Building Renovation*

I. INTRODUCTION

Around 90% of the existing buildings in the European Union (EU) will still be standing in 2050. Currently, buildings are responsible for about 40% of the EU's total energy consumption, corresponding to 63% of total consumption in the construction sector, and for 36% of its greenhouse gas emissions from energy [1]. 75% of the total constructed area corresponds to residential buildings. Approximately 40% of the residential buildings in Europe were built before 1960, when the energy regulations of the buildings were still little or no structured.

This situation implies that renovation of existing buildings must be accelerated to fulfil EU's climate and energy targets [2], but the current renovation rate is very low (about 1- 2% per year) and most of these renovations do not obtain all the energy savings that could be achieved. Additionally, the renovation process is not properly managed, due to several reasons:

- Owners are not well advised because of the lack of relevant information about the existing stock, which makes the development of feasibility studies quite cumbersome;
- The overall design phase is very long and expensive and requires many different skills;
- The execution of renovations tasks is not cost-effective mostly due to the uncertainty about the current state of the building, or the need for too frequent revisions of work plans and design changes.

Funding: This work was supported by the EU H2020 ENCORE Project –"Energy aware BIM Cloud Platform in a Cost-effective Building Renovation Context", European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement No. 820434.

It is urgent to provide effective and affordable tools to boost the renovation ratio. The use of Building Information Modelling solutions (BIM) [3] has become a standard to effectively manage and follow-up the whole construction process, though its use is not very extended in renovation projects, where it can bring many advantages:

- It describes and defines the buildings geometry and measurements;
- It makes relevant information immediately available (and continuously updated) for all the stakeholders (architects, designers, service companies, constructors, end-customers), who can provide instant feedback before construction starts;
- It can be interfaced with other software tools for energy verification or work planning, thus supporting decision-making in the design phase and speeding up the development of scheduling and job shop drawings.

In this context, the ENCORE project ("Energy aware BIM Cloud Platform in a Cost-effective Building Renovation Context"), European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement No. 820434, has the main objective to increase the share of renovated stock in Europe and worldwide by providing effective and affordable BIM tools that cover the whole renovation life-cycle. The project tackles energy efficiency and comfort parameters, involving all the actors in the process (architecture studios, designers, constructors, tenants, or public administration), and facilitating information exchange among all the parties [4,5].

To achieve this objective, the ENCORE project creates a system that integrates services for data acquisition from the buildings like Static LiDAR setups and LiDAR or photogrammetry equipment embarked in UAVs. It also involves dwellers in the process by providing them with mobile tools to capture images or other in-doors information. It also provides support to architects and designers in the creation of the 3D models from the acquired data, automatically identifying and classifying the constructive elements, and allowing them to complete the model with existing BIM resources.

They be able to modify the model, presenting the energy efficiency gains of different renovation alternatives, including the impact on the overall budget. ENCORE project also provides mechanisms for the dwellers or owners to validate the project, either on-site with Augmented / Mixed Reality solutions, or online. Once the project is validated, it automatically generates the work planning for the construction works, and once finalized, it will provide continuous monitoring of the energy consumption to ensure non-degradation of the renovation works.

This paper describes the ENCORE Component Web App named *BREA (Building Retrofitting Energy Assessment)*. BREA collects extra information regarding the materials of the renovated building and provides the frontend for the simulation engine with the objective of generating the energy assessment results, from which the user can choose different renovation retrofitting alternatives, these energy assessment results are represented in charts.

II. BREA - BUILDING RETROFITTING ENERGY ASSESSMENT

The basis of a BREA project is a Building Information Model containing geometrical and alphanumerical information related to the architectural and technical elements. The main types of information in the BIM model, i.e. geometrical and alphanumerical information, can be defined as:

- *Geometrical information*: description of detail and extent of information that can be expressed using shape, size, dimension, and location.
- *Alphanumerical information*: description of detail and extent of information that can be expressed using characters, digits and symbols or tokens such as mathematical symbols

and punctuation marks.

A. Create building model using the online data acquisition and reconstruction service

The first step is to get a digital 3D model of the building, i.e. geometrical information. The BREA Web App allows the user to create the building model from several online sources showing the building envelope in a 2D Viewer (Fig. 1):

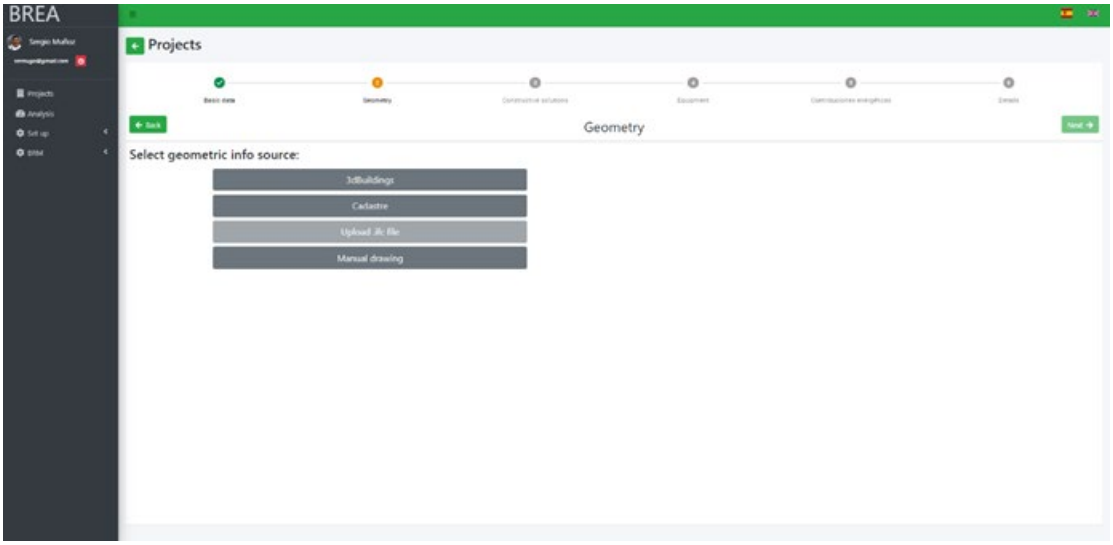


Fig. 1. BREA Selection of geometric online source.

(1) *3DBuildings Service*. It's a payment service which offer building geometric information in GeoJSON data format (including the building envelope). Its database includes more than 200 million of building in Europe (Fig. 2).

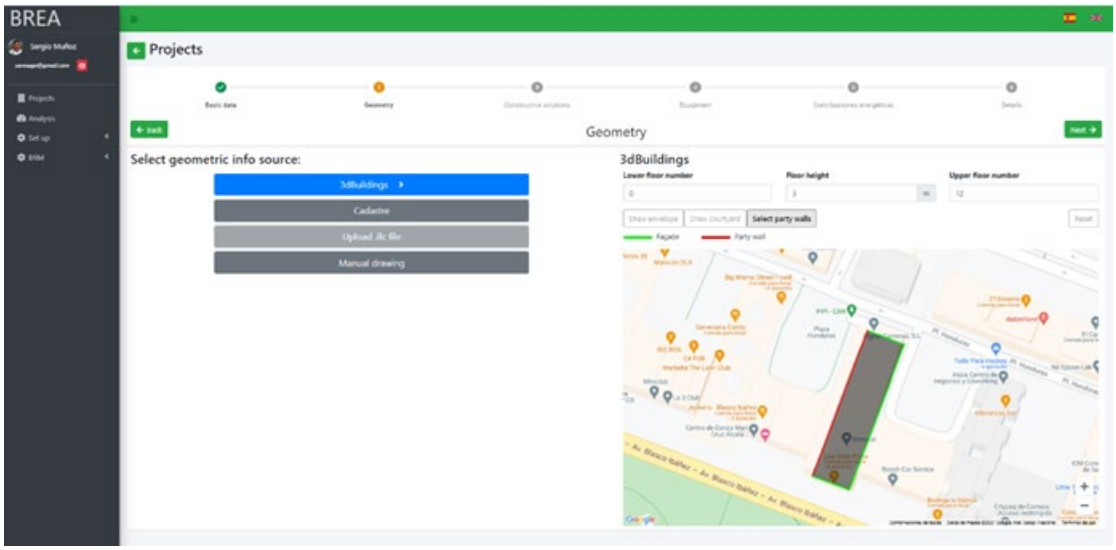


Fig. 2. BREA 3DBuildings as online source.

(2) *National Cadastre*. Some countries provide geometric information for existing buildings. However, the format used for this information has not been standardised in Europe. So, currently BREA only can collect, manage, and process the geometric information from the Spanish Cadastre, although is expected to wide this feature for other countries in the future (Fig. 3).

(3) Manual Drawing. Drawing. The geometry of the part of the buildings is regular, so, it is repeated for each floor. Taking this into account, and using Google Maps as reference, user can draw manually the envelope of the building (Fig. 4).

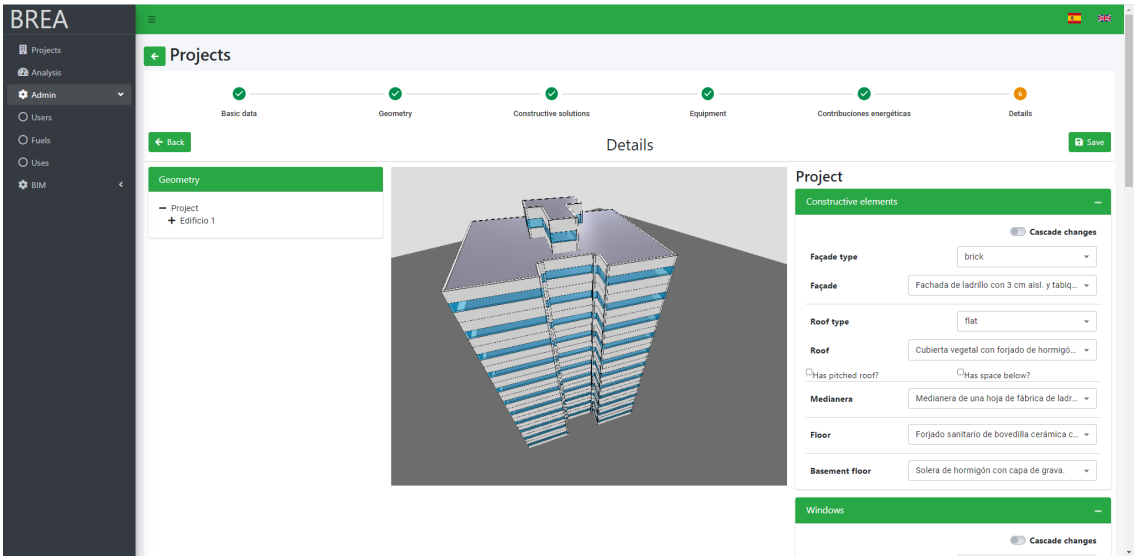


Fig. 3. BREA Spanish Cadastre as online source.

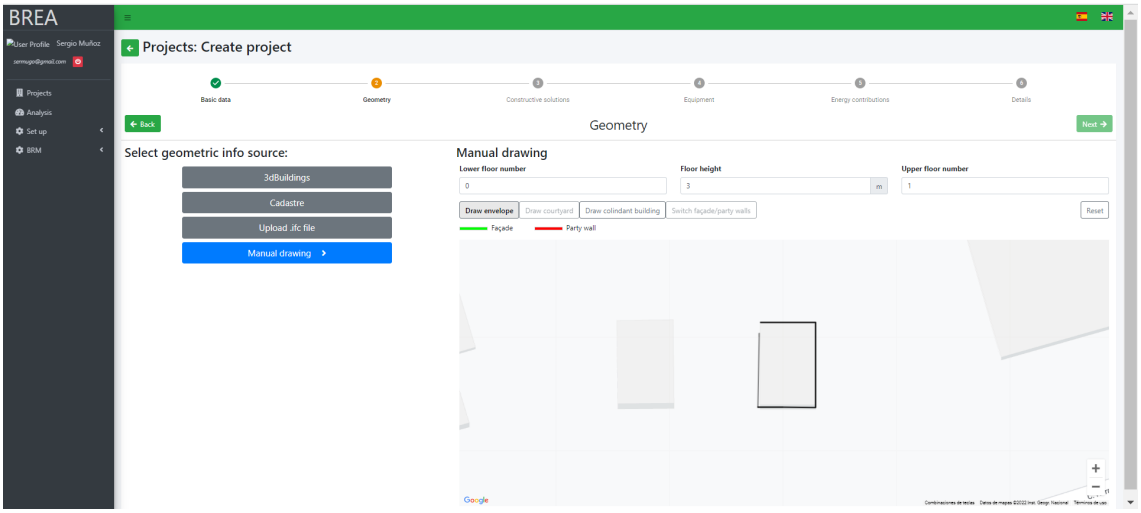


Fig. 4. BREA Manual Drawing in the 2D Viewer.

(4) Upload IFC Model. The geometric information of the .IFC BIM should be processed for energy and comfort simulation obtaining the envelope's geometry. An IFC Microservice has been developed with the aim objective to read and write IFC files and make available specific data to other services such as BREA. The service gets the world latitude, longitude, and datum elevation of all external walls of the .IFC BIM model. An example of the points obtained from the façade walls is detailed in Fig. 5: points 1 and 2 in level 0, and points 3 and 4 in level 1.

Finally, the IFC Microservice generates a JSON file which includes only information of the envelope's geometry. BREA uses the IFC Microservice if the user selects Upload IFC file button as geometric information source, showing the building envelope in a 2D Viewer (Fig. 6). The JSON file generated will be processed by BREA to create the Building Energy Model.

Regardless of the online source, user should define some important information in order to create the building information model, such as:

- Number of floors (below and above the ground).
- Floor height.
- The wall typology: façade (which includes windows) or party wall.
- Courtyards.
- Surrounding buildings.

Using this information, BREA reconstructs the whole geometric information model which is shown in a 3D viewer (Fig. 7).

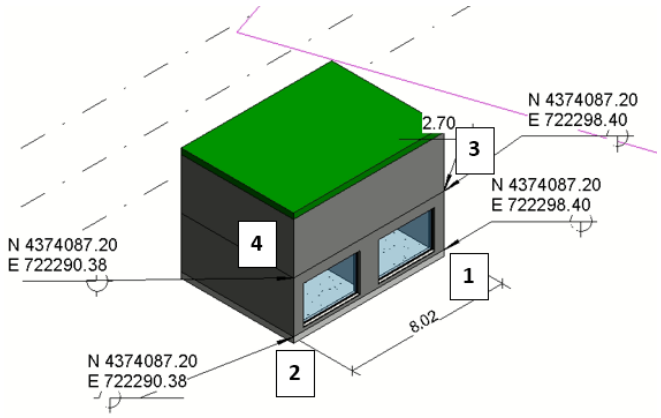


Fig. 5. Get Walls location data.

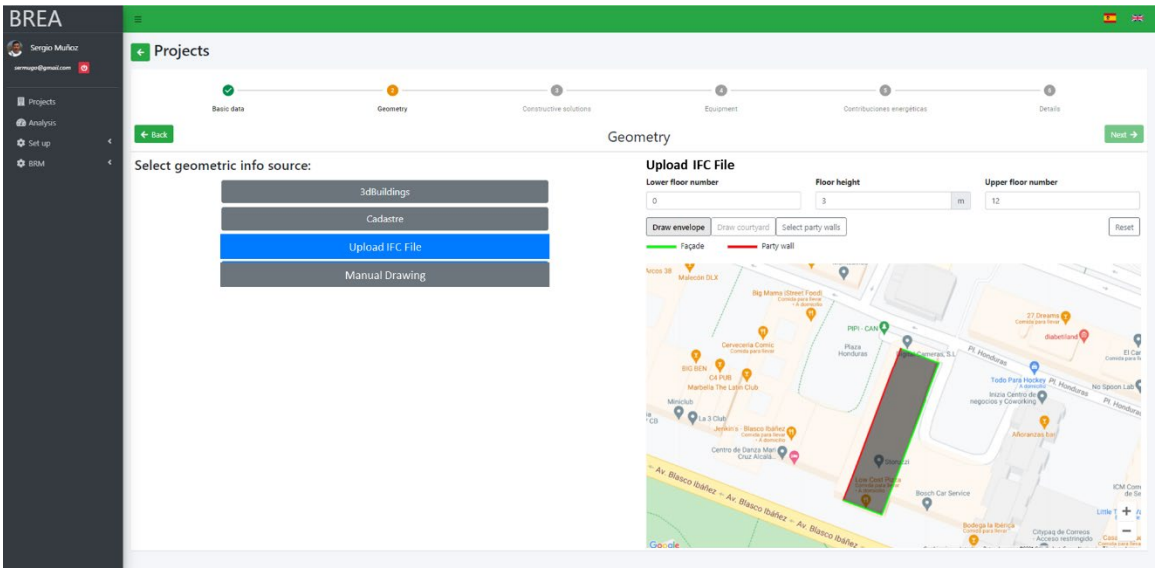


Fig. 6. BREA Upload IFC file and 2D Viewer.

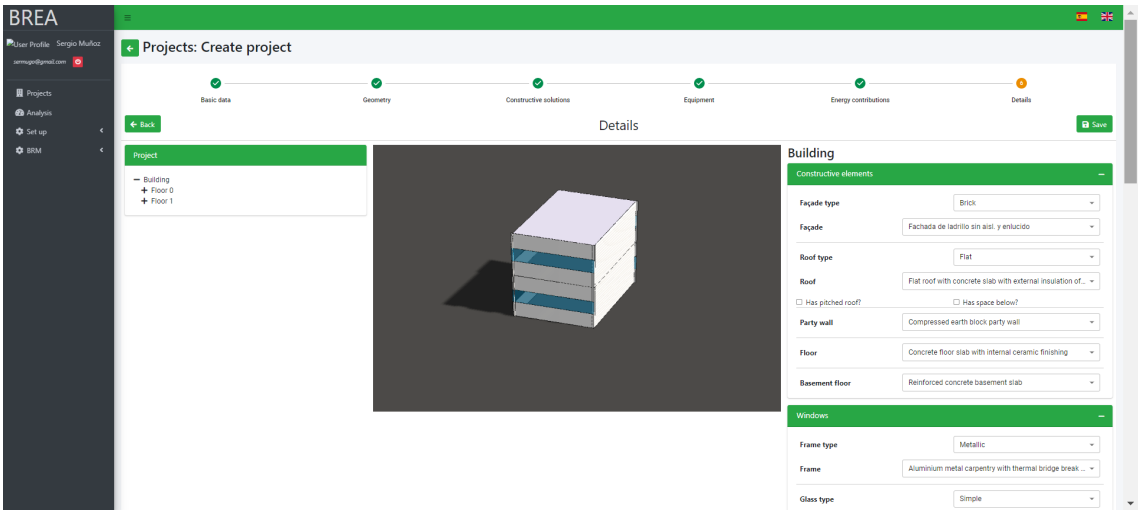


Fig. 7. BREA Building Information Model Detail.

B. Enrich the 3D model with building materials and equipment data

There are some information requirements for the building information model for energy assessment purpose (BEM, Building Energy Model), as is shown in the Table I. BREA allows create the BEM enriching the geometric information model (from the IFC model or from online sources) with alphanumeric information selecting the constructive solutions and technical facilities from the BIM Resources Repository (BRM) (Fig. 8).

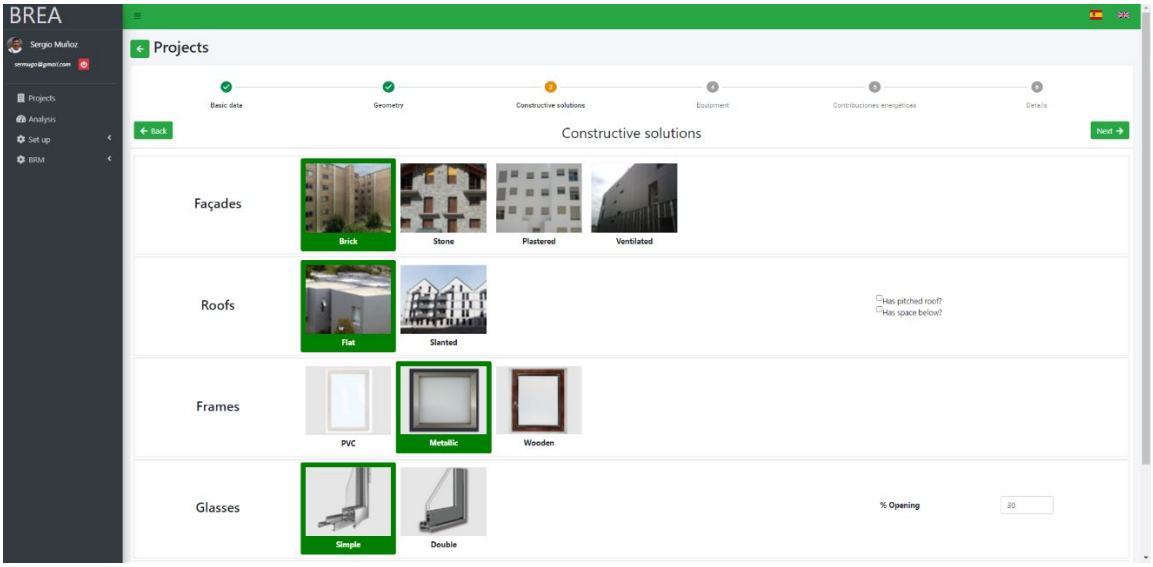


Fig. 8. BREA Selection of Constructive Solutions for the whole building.

TABLE I
INFORMATION REQUIREMENTS FOR THE BEM MODEL

Level of Information Needed [6]	**Geometric Information**	
Envelope constructive solutions: walls (façades and party walls), floors/slabs, windows	Detail	Simplified geometry including openings
	Dimensionality	3D
	Location	Absolute
Technical facilities: HVAC and lighting systems	Detail	No needed
	Dimensionality	No needed
	Location	Absolute
Level of Information Needed [6]	**Alphanumeric Information**	
Envelope constructive solutions: walls (façades and party walls), floors/slabs, windows	Identification	Type of element Materials
	Information Content	Thermal properties (thermal conductivity, specific heat, solar transmittance), Physical properties (roughness, density)
Technical facilities: HVAC and lighting systems	Identification	Type of facility
	Information Content	Efficiency, power, performance

C. Assess Energy/Comfort before Renovation

Once the Building Energy Model has been created, is needed to add some information related to the building usage and related to the climate parameters to allow the building energy and comfort assessment through the calculus engine Energy+, as is detailed in Fig. 9. Internal loads data and operational data can be defined in BREA. On the other hand, the BIM Resources Repository (BRM) has a database of EPW climate files from many cities in Europe. User can simulate in BREA the building energy consumption along a year distinguishing between heating, cooling, lighting, and hot domestic water. This analysis will support the architect and engineer to detect which elements should be renovated. I.e., if the heating consumption is high, probably is needed to improve the envelope insulation (Fig. 9).

D. Define Renovation Alternatives

There are different renovation/retrofitting strategies (named studies) which can be applied to reach the renovation objectives reducing the energy demand and consumption, such as add insulation to the envelope (outside or inside) or replace windows and/or technical facilities for some new more efficient. In fact, the optimal solution will be compound of a set of strategies applied at same time. A user can create different studies in BREA (just pushing the button New Study).

Once users create a new study in BREA, they will be able to select which strategies should be applied from the BIM Resources Repository (BRM) and using a 3D viewer as support (Fig. 10).

The creating study window is divided in 3 main parts:

- On the left, there is the project tree and user can select where should be applied the renovation: to the whole building, a floor or just a wall (façade or party wall).

- In the middle, there is a 3D viewer where is lighted the element selected on the tree.
- On the right, there is the list of retrofitting strategies classified by: constructive elements (façades, roofs and floors), windows, equipment (HVAC and lighting), building automation systems (presence, climatization or hot water) and renewable energy contributions (solar thermal, photovoltaic, wind, etc.).

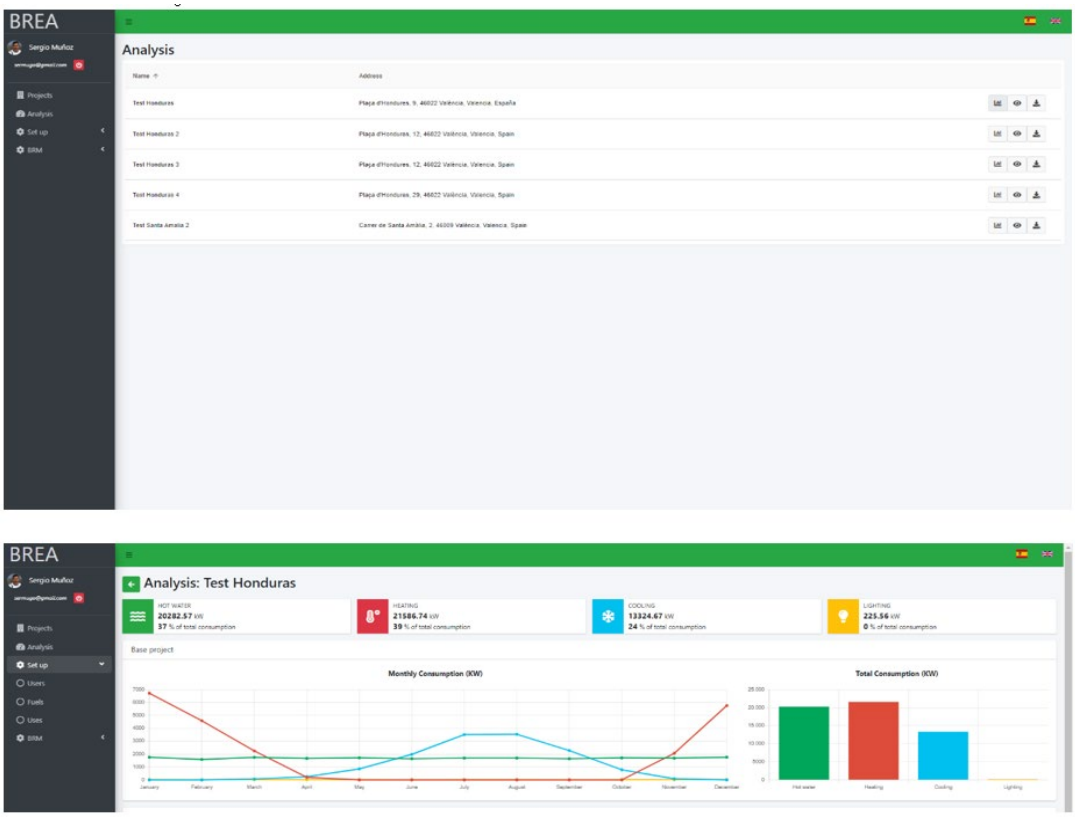


Fig. 9. BREA project list to be simulated and building energy assessment results

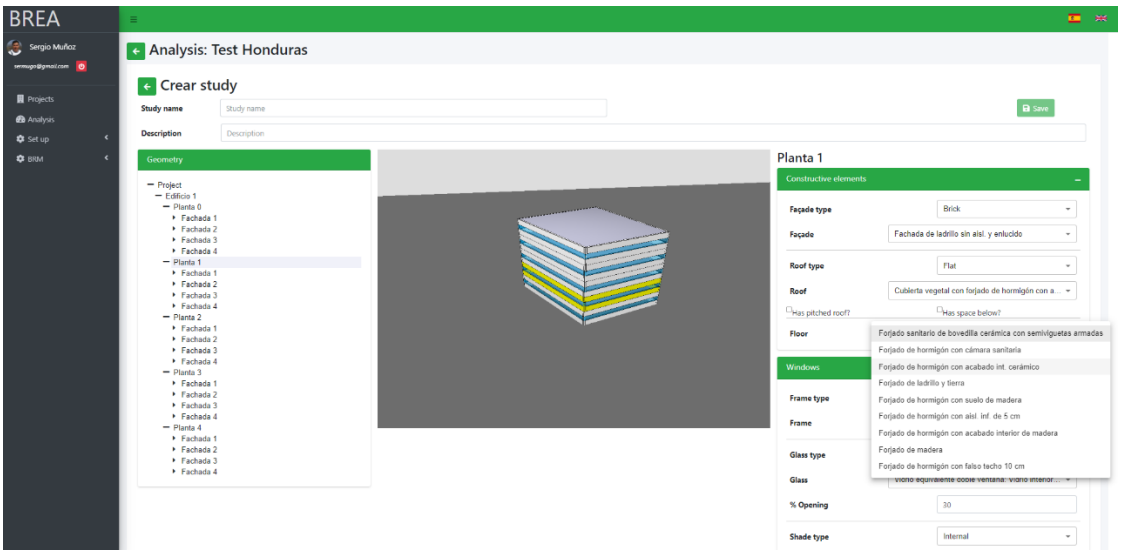


Fig. 10. BREA Selection of renovation/retrofitting strategies in a new study and 3D viewer.

User can add several strategies at same time, just selecting them. I.e., user can select a new and more insulated façade type for the whole building, add sunshades for the west façades and select a new cooling equipment only for the upper floors. BREA allows the user to create several studies to analyse the thermal impact and compare it with other strategies.

The studies status (based on the ISO 19650 terms) can be:

- *Proposal*, is the status by default when a study is created.
- *Candidate*, is the status to those studies which should be assessed.
- *Appointed*, is the status for the selected study which will be applied for the retrofitting works. Only one study can achieve the appointed status.

E. Compare Renovation Alternatives

In the next step, the different renovation alternatives are compared in order to find the best solution. BREA allows to simulate the energy and comfort behaviour to each alternative, facilitating the comparison between them and supporting the selection of the most appropriate (Fig. 11). When users access the Analysis page, they will be able to simulate until 3 different studies, comparing them to the existing building energy consumption. The simulation runs when the user selects which study want to add to the comparison.

When a retrofitting study is simulated in BREA, user not only obtains the *new* energy consumption and the energy savings but is also shown the cost of the renovation works and the amortization period considering the energy cost.

Additionally, BREA shows other important parameters which should be into account before to select the most appropriate retrofitting study. These parameters are:

- *Level of intrusion*: It represents the level of discomfort for the dwellers due to the construction works. The possible values are:
  - Works outside the dwelling.
  - Works inside the dwelling.
  - Temporary leaving of the dwelling.
- *Works duration (h/m²)*. It represents the period will take the retrofitting works.

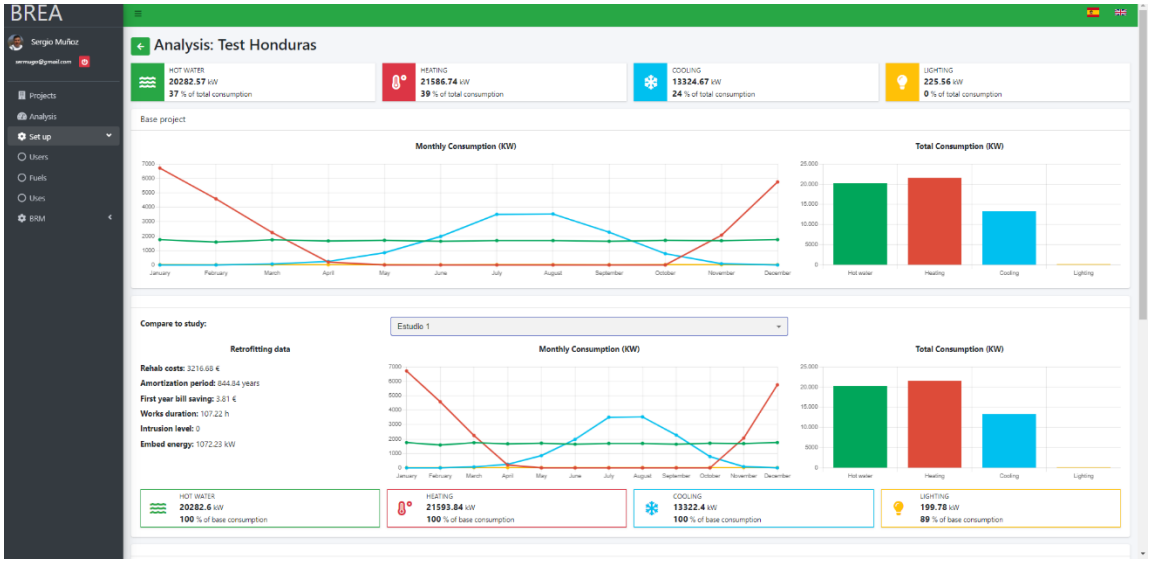


Fig. 11. BREA Comparison of existing building and retrofitting strategies.

F. Decide about the Renovation Alternative

After comparing different alternatives, the architect and building owner have to agree and decide which of the discussed renovation alternatives should be actually done. To make the final decision, they can rely on several feedbacks.

The retrofitting study that is selected will change in BREA its status to "appointed". For the "appointed study", two new IFC files will be generated:

- First, an IFC file is related to the existing building but marking those elements which are going to be renovated.
- A second IFC file, related to the incoming retrofitted building, marking those elements which are new.

These IFC files can be uploaded to the ENCORE Portal (manually or via REST API).

III. CONCLUSIONS

This paper describes the architecture, workflow and a usage scenario of the BREA Web App, a service of Building Retrofitting Energy Assessment in Encore Project. BREA collects extra information regarding the materials of the renovated building and provides the simulation engine with the objective of generating the energy assessment results, from which the user can choose different renovation retrofitting alternatives. This service provides visual information during the life-cycle of the renovation process, providing the end-users with a visualisation of different versions of the 3D building model.

A BIM Resources Repository Management Service (BRM) has been created in the framework of the ENCORE architecture and can be used by other ENCORE Engines or ENCORE Web Apps. This connection will be carried through an API in standard formats, such as .IFC.

BRM manages a set of BIM resources repositories about:

- Building Elements Information.
- City Information.
- Climate Information.

These repositories will be useful for architects, engineers and technicians to support the development of the information model of the building, mainly for energy assessment purposes.

Several data formats are needed to exchange the content of these repositories with other ENCORE engines and Web-apps:

- IFC, as standard data format in the construction sector, including information about building geometry, constructive elements and HVAC and lighting equipment, including physical, thermal and energy properties.
- IDF, as input data format for Energy and Comfort assessment, including information about building geometry and constructive elements, including physical properties.
- EPW, as weather data format for Energy and Comfort assessment, including information about temperature, solar radiation or humidity.

BREA is a web service to residential building energy assessment and proposed renovation alternatives. Users can create the geometry of the construction with simple tools, without a previous detailed building model. The system provides some online resources, such us: model from information from national cadastre, from 3DBuildings or manual drawing. Finally, BREA makes available IFC and IDF Models with enrich data about energy modelling as a BEM Model.

As a work in progress, the automatic generation of adjoining buildings is being explored and cast shadows due to its influence on energy analysis. The enrichment of IFC models with more data from the renovation process is also being studied to improve data exchange with other services and software tools.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank all ENCORE Project partners for their support to this work

REFERENCES

[1] Egan, J.; Finn, D.; Deogene Soares, P.H.; Rocha Baumann, V.A.; Aghamolaei, R.; Beagon, P.; Neu, O.; Pallonetto, F.; O'Donnell, J. "Definition of a useful minimal-set of accurately-specified input data for Building Energy Performance Simulation", Energy & Buildings, 165, pp. 172–183, 2018.

[2] European Union, "2020 climate & energy package", 2020. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_en.

[3] A. Watson. "Digital buildings – Challenges and opportunities". Advanced Engineering Informatics, vol. 25, pp. 573-581, 2011.

[4] ENCORE H2020 project https://encorebim.eu/.

[5] J.M. Márquez-Martinón, N. Martín-Dorta, E. González-Díaz, and B. Gonzalez-Diaz, "Influence of Thermal Enclosures on Energy Saving Simulations of Residential Building Typologies in European Climatic Zones", Sustainability, 13(15), pp. 8646, 2021, DOI: https://doi.org/10.3390/su13158646.

[6] European Standards. EN 17412-1, "EN 17412-1:2020 Building Information Modelling - Level of Information Need - Part 1: Concepts and principles", 2020.

Friction And Wear Analysis of Tea Polyphenols Blended Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Total Joint Replacement

Adnan Ahmad[*,1], Binnur Sagbas[2], Rizwan M. Gul[1]

[*]adnanahmad_uspcase@uetpeshawar.edu.pk,
[1]*Department of Mechanical Engineering, University of Engineering and Technology, Peshawar, Pakistan*
[2] *Department of Mechanical Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkiye*

Abstract: Surface crosslinked ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE) blended with vitamin-E is accepted extensively as a bearing material in artificial joints replacement. Vitamin E is an antioxidant which greatly increase oxidation resistance, but decreasing the crosslinking efficiency is its biggest hindrance leading to depreciating its wear performance. A newly developed blend consisting of tea polyphenols and UHMWPE is developed for improving the friction and wear performance of the joint material. It was hypothesized that, tea polyphenols blended with UHMWPE can avert the decrease in crosslinking density and can enhance the wear resistance capability, thus considering it as a best alternative to vitamin E blended UHMWPE. Epigallocatechin gallate (EGCG) are blended into UHMWPE as a tea polyphenol at a concentration of 0.2 wt %. The antioxidant vitamin-E (VE) is also blended into UHMWPE at the same concentration of 0.2 wt %. The blends are chemically crosslinked by diffusing at organic peroxide following by the decomposition process to achieve a surface crosslinking. Pin-on-disc tribotester was used to characterize the friction and wear rate of pure UHMWPE, UHMWPE/VE and UHMWPE/EGCG. The results did not show a considerable change in crosslinked density of tea polyphenols blended UHMWPE compared to pure UHMWPE unlink a significant decrease is seen in Vitamin-E blended UHMWPE. The coefficient of friction (COF) values is 0.109, 0.114 and 0.169 for Pure UHMWPE, VE blended UHMWPE, and EGCG blended UHMWPE respectively. As seen, the highest COF value is observed in UHMWPE/EGCG. The wear volume analyzed from the wear track is find out to be substantially lower for tea polyphenol blended UHMWPE as to vitamin E blended UHMWPE.

Keywords: *Total Joint Replacement, Ultra-High Molecular Weight Polyethylene, Tea Polyphenols, Friction, Wear*

I. INTRODUCTION

Ultra-high molecular weight Polyethylene (UHMWPE) has a proven, effective therapeutic record in total joint replacements as the load-bearing surface material, which has massively enhance the life of Jointly-disabled patients [1]. The three major source of source of effecting implant efficiency and durability includes wear, oxidation stability and mechanical properties, while the major source of breakdown is wear osteolysis caused by debris and wear-induced joint loosening [2]. Improving wear performance of UHMWPE is imperative, which can be carried by crosslinking. Crosslinking creates a structural network that offers excellent performance in hindering plastic failure and surface alignment mitigation, a predecessor to UHMWPE wear particle initiation and release [3]. So far wear is considered as a phenomenon

of surface, and thus it is advisable to restrict crosslinking to an outer surface only, as bulk crosslinking will diminish the mechanical performance of Artificial joint. So, a new method termed as surface crosslinking will be used in addition to blending UHMWPE with Vitamin-E (VE) and epigallocatechin gallate (EGCG). VE blended with UHMWPE is the mostly used and up to date materials of choice for joint implant [4]. The VE donate hydrogen to residual free radicals, thus act as a free radical scavenger by reacting with it [5]. The crosslinked density is decreased in VE-UHMWPE, caused a depreciation in its wear performance and so, a shred amount of VE is blended [6].

A recent research has proved tea polyphenols to be a more effective alternative to VE, as phenol antioxidant showed a stronger oxidation stability compared to VE [7], [8]. The tea polyphenols has a higher entanglement density and it has the capability to donate more hydrogen. Which turn it to scavenge more free radicals and ultimately causes the tea polyphenols crosslinked density to be less adversely effected then VE-UHMWPE [9].

In this study UHMWPE is cross-linked by peroxide diffusion. The processed material will then be characterized for friction and wear behavior under conditions simulating TJR. Friction is responsible for breaking of weak bonding in polymer chains, which causes wear in implant resulting in osteolysis and joint loosening. This phenomenon is one of important factor in failure of joint replacement [10]–[12]. Crosslinking in polymers brought a change in surface topography which is proposed to be one of the ways to reduce the wear and friction [13]. The distance between crosslink chains is regarded as a material property, which also effect the wear behavior of UHMWPE[14].

II. MATERIAL AND METHODS

The blends of UHMWPE/Vitamin-E (VE-UHMWPE) and UHMWPE/epigallocatechin gallate (EGCG-UHMWPE) is prepared with a concentration of 0.2 wt. % VE, 0.2 wt. % LsEGCG and 0.2 wt. % EGCG. Consolidation of the blends are achieved by compression molding. Test samples were machined from their respective pucks in a size of 40 mm diameter and 4mm of thickness in accordance with the Tribotechnic pin-on-disc tribotester requirements as shown in Fig. 1. Dicumyl peroxide (DCP) is used as an organic peroxide for diffusion process, which is a solid at room temperature (melting temperature is 38°C) with molecular formula $C_{18}H_{22}O_2$. The test samples are doped by placing them in a 100ml round bottom flask, also maintaining the peroxide constant at 100°C for 4 h and ensure a nitrogen environment during the experiment. After the diffusion process, absorbed peroxide in the materials were decomposed in the samples by heating at 150 °C in an empty flask, also maintaining nitrogen environment for 4 h. The Initial and final weights of samples and xylene uptake were measured after the subsequent process. The weight change were used to measure the swell ratio and the crosslink density in accordance with a standard process [15]. The cross-link density is measured by using Eq. (1)

$$v_c = -\frac{\ln(1-q^{-1}) + q^{-1} + xq^{-2}}{V_1 q^{-1/3}} \quad (1)$$

v_c – cross-link densy per unit volume (moles/m³), q – swell ratio, V_1 –xylene partial volume, $x = 0.33 + 0.55/q$ –interaction paramter of Floy-Huggins.

Tribotechnic pin-on-disc tribotester was used for calculating coefficient of fricion and wear study. 10 N static load was exerted with the constant sliding speed of 60 mm/sec and the test

runs for 3h. The test was carried in a wet condition by using 25 % bovine serum while aluminum oxide (Al_2O_3) is selected as pin material. A Dektak XT stylus Profilometer is used to calculate wear volume and wear factor for all the samples. The wear track created by tribotester was analyzed by Dektak XT stylus profiler for determining the wear amount loss from the disc samples as shown in Fig. 2. The worn surfaces were further analyzed by Carl Zeiss EVO LS 10 Scanning Electron Microscope (SEM) after the friction and wear tests.

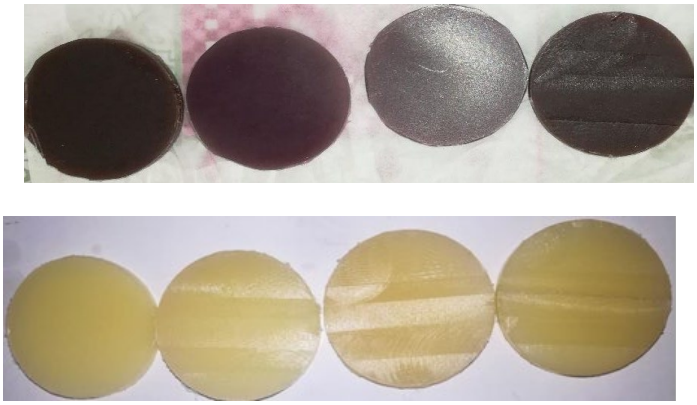


Fig.1. VE-UHMWPE and LsEGCG-UHMWPE machined samples

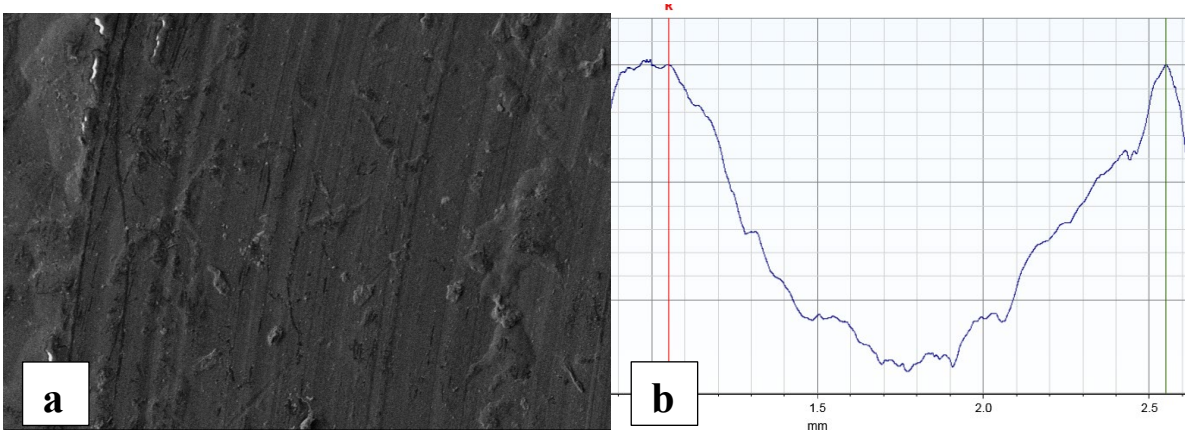


Fig. 2. (a) Worn surface of wear track, (b) wear track profile curve.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The surface crosslink is accomplished as shown in the results proved the diffusion and decomposition processes are properly carried. The crosslinked density results can be seen in Fig. 3. The mean surface crosslinking density (n=4 samples from each group) is find out to be 305±1.58 moles/m^3, 254±4.43 moles/m^3 and 309±4.45 moles/m^3 for Pure UHMWPE, 0.2 % wt.% VE-UHMWPE and 0.2 % wt.% EGCG- UHMWPE respectively. The surface crosslinked density of VE-UHMWPE is seen to be less among all other group of samples and it is decreased by 16.7 % compared to Pure UHMWPE. The decrease in crosslinking density of VE-UHMWPE is due to the fact that antioxidant vitamin E (a-tocopherol), which hinders the cascading oxidation reactions, react with free radicals [16][17]. The free radicals are formed by the decomposition of DCP leading to detach the hydrogen atom from UHMWPE. The tea polyphenols showed no significant difference in crosslinked density comparing with the pure UHMWPE, because they have more phenolic groups and can scavenge more free radicals.

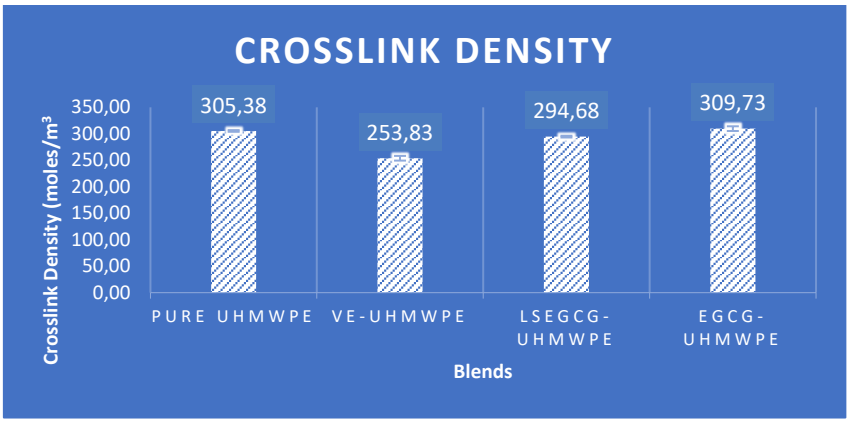


Fig. 3. Crosslinked density for Pure UHMWPE, VE-UHMWPE and EGCG-UHMWPE.

The pin-on-disc tribotester results, such as coefficient of friction (COF) results for un-crosslinked and crosslinked samples is shown in Fig. 4a and b. The COF curve shows that the highest change in friction coefficient value after the crosslinking is seen in EGCG-UHMWPE while the lowest change is observed in VE-UHMWP due to the fact that antioxidant vitamin E react with free radicals formed by the decomposition of DCP which leads to detach the hydrogen atom from UHMWPE.

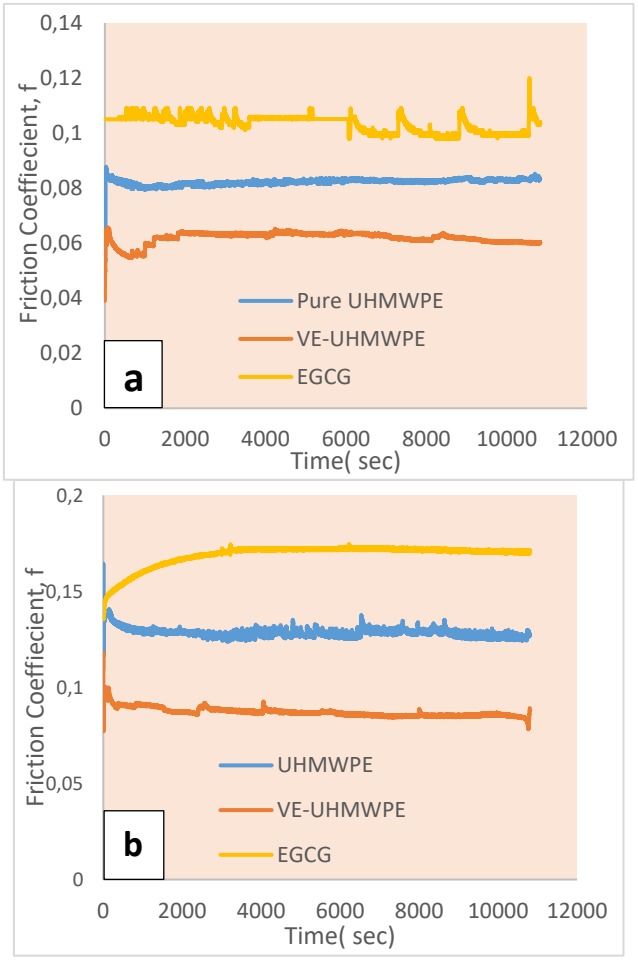


Fig. 4. (a) Un-crosslinked samples (b) Crosslinked samples

The wear volume and wear factor (k) are calculated from wear track for all the crosslinked and un crosslinked samples are given in table 1. The result shows a considerable decrease in the wear volume after the crosslinking process, which declares the process success. The wear rate of samples blended with tea polyphenols are comparatively less than VE-UHMWPE for the same experimental conditions, which considered it a desirable blended material for the wear performance.

Table 1 Wear volume and wear factor for un-crosslinked and crosslinked samples

NAME	Un Cross-linked Samples		Cross-linked Samples	
	Wear Volume (mm^3)	Wear Factor (k) $mm^3/N-m$	Wear Volume (mm^3)	Wear Factor (k) $mm^3/N-m$
Pure UHMWPE	0.1257±0.003116	1.93335E-05	0.0864±0.001233	1.32889E-05
VE-UHMWPE	0.1302±0.000857	2.00242E-05	0.0919±0.002561	1.41346E-05
EGCG UHMWPE	0.1226±0.00	1.8867E-05	0.0865±0.00022	1.33067E-05

IV. CONCLUSION

The crosslinked density is observed to be higher for tea poly phenol EGCG-UHMWPE compared to vitamin-E blended UHMWPE. The friction coefficient value changed before and after crosslinking is found more in EGCG-UHMWPE compared to VE-UHMWPE, which leads to greater wear reduction in EGCG blended UHMWPE. The wear rate of tea polyphenols is almost same as pure UHMWPE while it is significantly increased in VE-UHMWPE. The research experiments concludes that EGCG blended UHMWPE is the best alternative to VE-UHMWPE.

REFERENCES

[1] S. M. Kurtz, O. K. Muratoglu, M. Evans, and A. A. Edidin, "Advances in the processing, sterilization, and crosslinking of ultra-high molecular weight polyethylene for total joint arthroplasty," *Biomaterials*, vol. 20, no. 18, pp. 1659–1688, 1999, doi: 10.1016/S0142-9612(99)00053-8.

[2] E. Oral, A. L. Neils, C. Lyons, M. Fung, B. Doshi, and O. K. Muratoglu, "Surface cross-linked UHMWPE can enable the use of larger femoral heads in total joints," *J. Orthop. Res.*, vol. 31, no. 1, pp. 59–66, Jan. 2013, doi: 10.1002/jor.22195.

[3] J. C. Edidin AA, Pruitt L, "Plasticityinduced damage layer is a precursor to wear in radiationcross-linked UHMWPE acetabular components for total hip replacement," *Arthroplasty*, pp. 616–627, 14AD.

[4] K. Yamamoto, T. Tateiwa, and Y. Takahashi, "Vitamin E-stabilized highly crosslinked polyethylenes: The role and effectiveness in total hip arthroplasty," *J. Orthop. Sci.*, vol. 22, no. 3, pp. 384–390, May 2017, doi: 10.1016/J.JOS.2017.01.012.

[5] A. Turner *et al.*, "The antioxidant and non-antioxidant contributions of vitamin E in vitamin E blended ultra-high molecular weight polyethylene for total knee replacement.," *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 31, pp. 21–30, Dec. 2012, doi: 10.1016/J.JMBBM.2012.12.006.

[6] Y. Takahashi, K. Yamamoto, and G. Pezzotti, "Effects of vitamin E blending on plastic deformation mechanisms of highly crosslinked ultrahigh molecular weight polyethylene

(HXL-UHMWPE) in total hip arthroplasty," *Acta Biomater.*, vol. 15, pp. 227–236, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.ACTBIO.2014.12.022.

[7] J. Shen, G. Gao, X. Liu, and J. Fu, "Natural Polyphenols Enhance Stability of Crosslinked UHMWPE for Joint Implants," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 473, no. 3, p. 760, Mar. 2015, doi: 10.1007/S11999-014-3850-0.

[8] F. Y. Wang *et al.*, "Controlled bacteriostasis of tea polyphenol loaded ultrahigh molecular weight polyethylene with high crosslink density and oxidation resistance for total joint replacement," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 124, p. 112040, May 2021, doi: 10.1016/J.MSEC.2021.112040.

[9] Y. Ren Candidate *et al.*, "High Oxidation Stability of Tea Polyphenol-stabilized Highly Crosslinked UHMWPE Under an in Vitro Aggressive Oxidative Condition.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 477, no. 8, pp. 1947–1955, Aug. 2019, doi: 10.1097/CORR.0000000000000771.

[10] J. K. Lancaster, "Material-specific wear mechanisms: relevance to wear modelling," *Wear*, vol. 141, no. 1, pp. 159–183, Dec. 1990, doi: 10.1016/0043-1648(90)90200-T.

[11] M. A. McGee, D. W. Howie, S. D. Neale, D. R. Haynes, and M. J. Pearcy, "The role of polyethylene wear in joint replacement failure," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part H J. Eng. Med.*, vol. 211, no. 1, pp. 65–72, 1997, doi: 10.1243/0954411971534692.

[12] T. S. Fan Weimin, Wang Qing, "Investigation of aseptic loosening of prosthesis," *J. Orthop*, vol. 18 (9), pp. 518–521, 1998.

[13] P. Bhimaraj, D. Burris, W. G. Sawyer, C. G. Toney, R. W. Siegel, and L. S. Schadler, "Tribological investigation of the effects of particle size, loading and crystallinity on poly(ethylene) terephthalate nanocomposites," *Wear*, vol. 264, no. 7–8, pp. 632–637, Mar. 2008, doi: 10.1016/J.WEAR.2007.05.009.

[14] O. K. Muratoglu *et al.*, "Unified wear model for highly crosslinked ultra-high molecular weight polyethylenes (UHMWPE)," vol. 20, pp. 1463–1470, 1999.

[15] E. Oral, B. W. Ghali, S. L. Rowell, B. R. Micheli, A. J. Lozynsky, and O. K. Muratoglu, "A surface crosslinked UHMWPE stabilized by vitamin E with low wear and high fatigue strength," *Biomaterials*, vol. 31, no. 27, pp. 7051–7060, Sep. 2010, doi: 10.1016/J.BIOMATERIALS.2010.05.041.

[16] E. Oral and O. K. Muratoglu, "Vitamin E diffused, highly crosslinked UHMWPE: A review," *Int. Orthop.*, vol. 35, no. 2, pp. 215–223, Feb. 2011, doi: 10.1007/S00264-010-1161-Y.

[17] E. Oral, C. Godleski Beckos, A. S. Malhi, and O. K. Muratoglu, "The effects of high dose irradiation on the cross-linking of vitamin E-blended ultrahigh molecular weight polyethylene," *Biomaterials*, vol. 29, no. 26, pp. 3557–3560, Sep. 2008, doi: 10.1016/J.BIOMATERIALS.2008.05.004.

Automated Identification of Plant Disease Using Deep Learning

Kazi Riad Uddin*[1], Md Habib Khan[2], Mohammad Mizanur Rahman[3]

*u1509011@student.cuet.ac.bd
[1]*Department of Mechatronics & Industrial Engineering, Chittagong University of Engineering & Technology, Chattogram, Bangladesh*
[2]*Department of Mechatronics & Industrial Engineering, Chittagong University of Engineering & Technology, Chattogram, Bangladesh*
[3]*Department of Mechanical Engineering, Chittagong University of Engineering & Technology, Chattogram , Bangladesh*

Abstract: The preliminary identification of plant diseases plays a predominant role in preventing loss of production. The laboratory identification process of plant diseases is time-consuming & could not envelop in the countryside areas where experiment facilities are rarely found. This paper shows a deep learning approach to identify the diseases & confine the infection area by using images capture. Deep learning performs well on the huge amount of data. So we can increase the accuracy and reduce the loss by engrossing a plethora of data. But it will not grow the efficiency of the models. In this paper we utilize several state-of-art deep learning model like MobileNet, ResNet, EfficientNet with Faster R-CNN, SSD on limited dataset. The dataset contains 2366 images of 27 types. The dataset are taken in real environment. For insufficient dataset, the data augmentation technique cannot be applicable. All state-of-art deep learning model are trained as a baseline to work on the efficiency of the models. For computation cost, we experiment on the best performer. So, to increase the efficiency of the model we implement cyclic learning rate which performs 53.81% map@.50 on best performer EfficientDet. It also lessens the variance which suggest that cyclic learning not only works as a learning rate but also functions as a data augmentation. In future we utilize this learning rate on the dataset which is a lot of collection plant diseases images where different type of data augmentation can be applied which not only increase the images but also be applied on decreasing the generalization loss. Farmers can predict plant diseases using this system more accurately.

Keywords: *Plantdoc, Deep Learning, Convolution Neural Network, Cyclic Learning Rate.*

I. INTRODUCTION

The main strength of our country's economy is coming from the agricultural sector. The farm sector share is 12.68 percent in 2019-20[1] and employment in the farming sector 37.75 percent in 2020[2]. Every year the loss of plant production occurs. It is estimated that 4-14% of rice yield in Bangladesh is lost every year by different insect pests[2]. Farmers are not adequate knowledge to detect the early stage of the disease of the plant. For this, experts in this field are needed, which are rarely get instant. For detection, experiments are carried out in the laboratory, which is prolonged. Alternatively, the plant's disease symptoms can be seen by visualization that is more feasible and not prolonged. Deep learning is the most effective approach for this. Deep learning research and applications in plant disease diagnosis[3]–[17] have become prevalent as a response of the object detection breakthrough facilitated by deep learning. The authors employed various types of state-of-art deep learning model on vast amount of data. However, deep learning has a downside because it does not perform well in limited dataset.

And also data augmentation technique cannot be able to use for lacking of sufficient dataset. Accuracy and training loss are stopped in a specified range. Accuracy can be increased using more data.

To get beyond these difficulties, this study works on recent deep learning approach to increase the accuracy & decrease the training loss using the inadequate data and also implement a new learning method called cyclic learning rate[18]. It also assists to reduce the difference between the training loss and evaluation loss. In this approach, there are two stages. In first stage the models extract information from the image by using convolution neural network & in the second stage utilizing this information, the algorithm localize the disease area by applying the Region Proposal Network. Employing all state-of-art deep learning model as a base line, EfficientDet[19] outperforms all. We exerts two EfficientDet variants where EfficientD1 gives best results because of high width and resolution. By applying cyclic learning rate on EfficientD0, it surpasses EfficientD0 and EfficientD1 without cyclic learning rate by 5.39% and 1.21% based on map@.50. It also performs second lowest variance value for its data augmentation characteristics.

II. LITERATURE REVIEW

For automatic & early detection of infection with visual inspection to know where the plant area is more affected, Machine Learning (ML) approach is the foremost way. Recently Deep learning, which is a subcategory of ML, has successfully detected objects using Convolution Neural Network (CNN) to localize the image's object. This approach automatically extracts the picture's features where no hand engineering is not needed to extract the features. Different kinds of diseases are favorably recognized with visualization[4] and without visualization technique[5].

For extracting features from the image automatically CNN has achieved significant accuracy in the last decade. Some powerful CNN architectures are emerged and have done marvelous job in Visual Recognition challenge such as Alexnet, GoogleNet, VGGNet, ResNet, Inception-V3, EfficientNet.J. Amara, B. Bouaziz, et al. [5] used the Lenet model to extract features for banana leaf disease and used Softmax to classify them. For evaluating the model, they used color and grayscale images where color images always perform better.

A. Fuentes, S. Yoon, et al. [7] applied deeper networks like VGG16, ReNet50, ResNet-101, ResNet-152 with faster R-CNN, R-FCN, and SSD. Here, ResNet-50 with R-FCN outperforms all with a mean AP of 85.98%. VGG_16 with Faster R-CNN gives better performance compared to other ResNet architectures using the backbone of Faster R-CNN.

VGGNet and AlexNet pre-trained models were used by A. K. Rangarajan, R. Purushothaman, et al. [8], with VGGNet outperforming AlexNet. But by increasing minibatch size, weight, and bias learning rate, AlexNet gives better performance than VGGNet. Accordingly, computationally, AlexNet is more efficient. For detection of tomato crop diseases, they utilize the pretrained AlexNet and VGGNet. This collection of pre-trained weights was developed by categorizing 1000 different types of objects from the ImageNet dataset.

K. Zhang, Q. Wu, et al. [9] detected the disease but did not highlight the disease area. Its drawback is that it cannot detect when there are two diseases in the same image. They used ResNet with SGD and Adam Optimizer, with ResNet with SGD outperforming ResNet with Adam Optimizer.

M. G. Selvaraj, et al. [12] used ResNet50, Inception-V2 & MobileNet model to classify the banana diseases & pest. For the localized diseased area, Faster RCNN with ResNet & SSD with the MobileNet were chosen due to their accuracy. Their dataset contained 700 images per classes where there are 18 classes (total dataset 12600 images.

M. Sibiya, M. Sumbwanyambe, et al. [13] designed a facilitated CNN architecture of 50 layers to detect and classify the maize leaf disease out of healthy leaves. They use the Neuroph framework, which is based on the NetBeans Platform, and their overall accuracy is 92.85%.

S. P. Mohanty, D. P. Hughes, et al. [16] used transfer learning of AlexNet and GoogleNet and also experimented with them by training from scratch using the PlantVillage dataset containing 54,306 images of 38 class labels with three versions(color, grayscale, segmented). The whole dataset's segmented versions are consistently better than grayscale images but slightly lower than the colored versions. GoogleNet and AlexNet give good performance with transfer learning rather than training from scratch.

E. Fujita, Y. Kawasaki, H. Uga, et al. [20] used two CNN architectures. The parameters of Local Response Normalization (LRN) of the first CNN were set the same as for AlexNet, and the second configuration was based on VGGNet to detect the cucumber leaf diseases taken from PlantVillage. Their total dataset contains 14840 images. They used different data augmentation techniques like image shifting, image rotation, and image mirroring, which increased the original image by 360 times. Their image shifting process shows slight improvement because it generates similar patterns to CNN but not significant.

M. Türkoğlu, D. Hanbayy, et al. [24] used nine robust deep learning architectures for transfer learning: AlexNet, VGGNet, GoogleNet, Inception-V3, ResNet, etc., and for classifying the features of the images they used KNN, SVM, and ELM(extreme learning machine). They used transfer learning to train the CNN model with randomly initialized weights. ResNet50 consistently outperforms SVM as a detector and classifier.

III. MATERIALS AND METHODS

A. System configurations:

Deep learning models require extensively on Graphics Processing Units (GPU) with CUDA threads activated. This work was done with 16 GB of GPU p100 and 32 GB of Random Access Memory performed on google platform.

B. Dataset

The dataset was obtained from Plantdoc[25] with real images. It contains 27 types of various images with total 2366 images. Dividing the dataset into two part training part (2134 images) and testing part (232 images). There is no data augmentation techniques were used because of finite dataset.

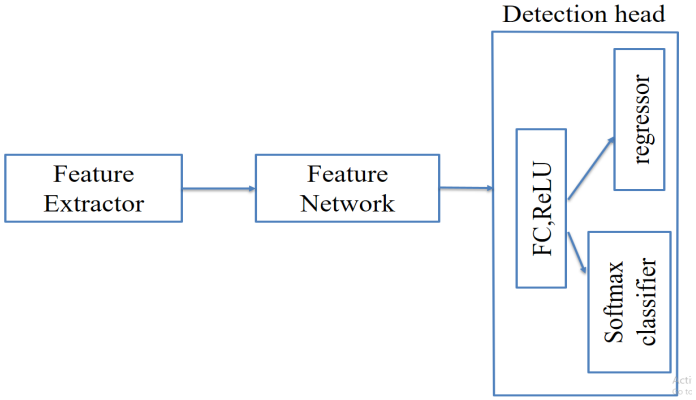


Fig 1. The Basic Model

C. Methods

We divided our work into two parts.
i. To extract features information.

The CNN (Convolution Neural Network) is the best because it pulls features from the images without any human supervision and it is computationally efficient to extract the image features. It learns on the feature maps from the training, which is used to predict the test data. Some famous architecture for instance MobileNets, ResNet, and EfficientNet was used to detect the diseased plant's features.

ii. To localize the diseased area:

We used this extraction features to localize the plants' diseased areas and to make the features in same scale, we used Faster R-CNN, SSD, and BiFPN. Region Proposal Network (RPN) is used to estimate the class & location of object proposals that may contain a target candidate. The RPN is used to generate the object proposals, including their level & recommendation. We extract the features from the object proposal with the RoI (Region of Interest) Pooling layer & perform object classification & bounding box regression to obtain the estimated targets. By training the all model as a baseline with the above dataset, we used our proposed cyclic learning rate on the best deep learning model.

IV. PERFORMANCE & RESULTS

A. Training dataset with state-of-art deep learning model

The objective of this analysis is to compare the state-of-art deep learning model with this limited dataset to know which model gives better performance. The metric for comparing the model performance is mAP(mean Average Precision) & loss are used. For training the different types of state-of-art model, pretrained weights are used for initial training from coco dataset which is taken from the google researchers. This pretrained weights are used to train the fast due to lack of resources. Otherwise it will take days to weeks or more time to train the single model. Comparing this state-of-art models, the eifficientD1 gives the best performance among all of them which is best performer.

Table 1. Different Model Performance

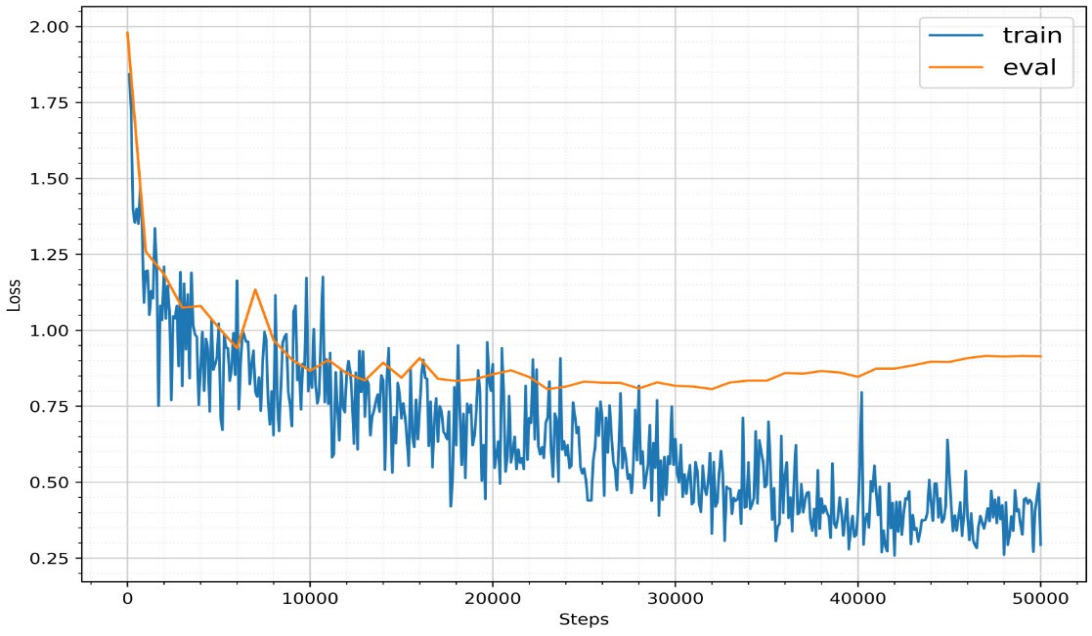
Model	mAP@.50 IOU(%)	mAP@.75 IOU(%)	Training_ loss	Evaluation_ loss	Step
SSD_MobileNet_v2	28.39	18.4	.9754	1.114	50k
Faster_R-CNN_Resnet_50	43.4	33.72	.4674	1.025	50k
SSD_ResNet_101_v1	40.71	31.35	.402	1.018	40k
SSD_ResNet_50_v1	42.37	33.31	.3642	.9314	36k
Faster_R-CNN_ResNet_101	45.18	35.52	.2934	.8303	**34k**
EfficientD0	48.42	35.19	.4309	.8148	43k
EfficientD1	52.6	37.25	.3734	.5752	35k
EfficientD0(Cyclic learning rate)	**53.81**	**37.62**	**.2753**	**.5004**	**35.5k**

In other deep learning model like ResNet50, ResNet101 and their different versions, Faster RCNN are used. YOLO are not used because it only applicable to the training dataset where the dataset should be more than 1000 per class. EfficentD0 also gives better performance among all of them not more than efficientD1. Using other EfficientDet variants (efficientD0-D7), accuracy can be increased losing memory size & computation cost. For localizing the objects

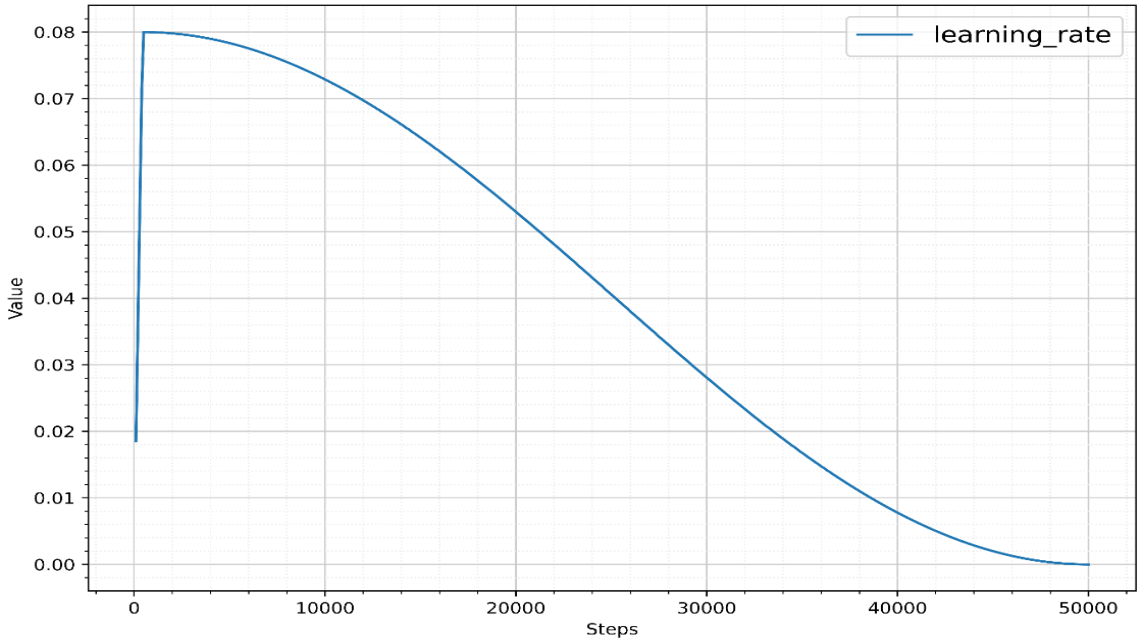
the SSD are used in the EfficientDet. Dataset contain 1000 per class category otherwise it will perform on low accuracy and remain in the saturation point. Deep learning model SSD_MobileNet_v2, Faster RCNN ResNet_50 are saturated in 50k steps where other model are overfitted after their given steps in the table-01.EfficientDet in Fig 2(a) outperform all other models because of its architecture dealing with the image information. It works on image features based on three parts. The parts are depth, width and resolution. Going depth in the neural network increases the accuracy. We see that in table1, ResNet_101 transcend ResNEt_50. Because of more depth network, it finds more information from the image. But increasing depth of the network will not fulfil the required accuracy and its stops in certain stage. By expanding width and resolution along with depth of the network improved the predictions. That's how the EfficientDet works. So increasing the depth, width and resolution ratio, we can further escalate its improvement. For this, EfficientD1 exceed the EfficientD0 accuracy and less than its loss value. But it engenders computations costs and memory loss because of handling the more width, depth and resolution. Without enhancing the computation costs and memory size, improving its accuracy and declining the loss was more focused.

B. Modify the parameter to increase the efficiency of the deep learning model:

Without losing the memory size, computation cost & not increasing the parameter (weights & biases) the model accuracy can be increased by using data augmentation by increasing the training dataset. For not meeting the minimum dataset for data augmentation technique, it can be not be used. Because it will overfit our model. A new strategic are used to increase the accuracy & efficiency of the model by introducing a new learning rate called cyclical learning rate rather than using the traditional learning rate like cosine decay learning rate(used as a base for comparing the model). In the cosine learning rate, initially of the model training learning rate is small & after some steps it increases, then to optimize the model performance it gradually reduce. In cyclic learning rate, it periodically increases & decreases in the defined minimum & maximum learning rate range. And also decreases the range value to optimize the model at end of the training steps. It does not only take more computation cost & memory space but also reduce the training loss. It also reach to the optimize point earlier without training more steps. Cyclic learning rate is used in the EfficientD0 model which surpasses the EfficientD1 regarding the mAP value & training loss.

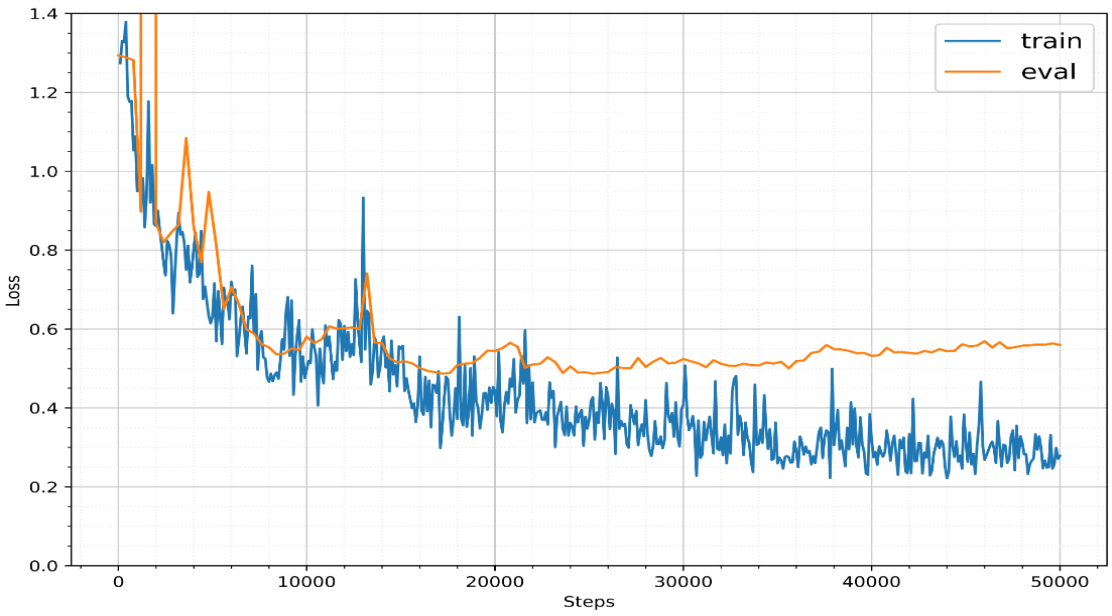


(a)

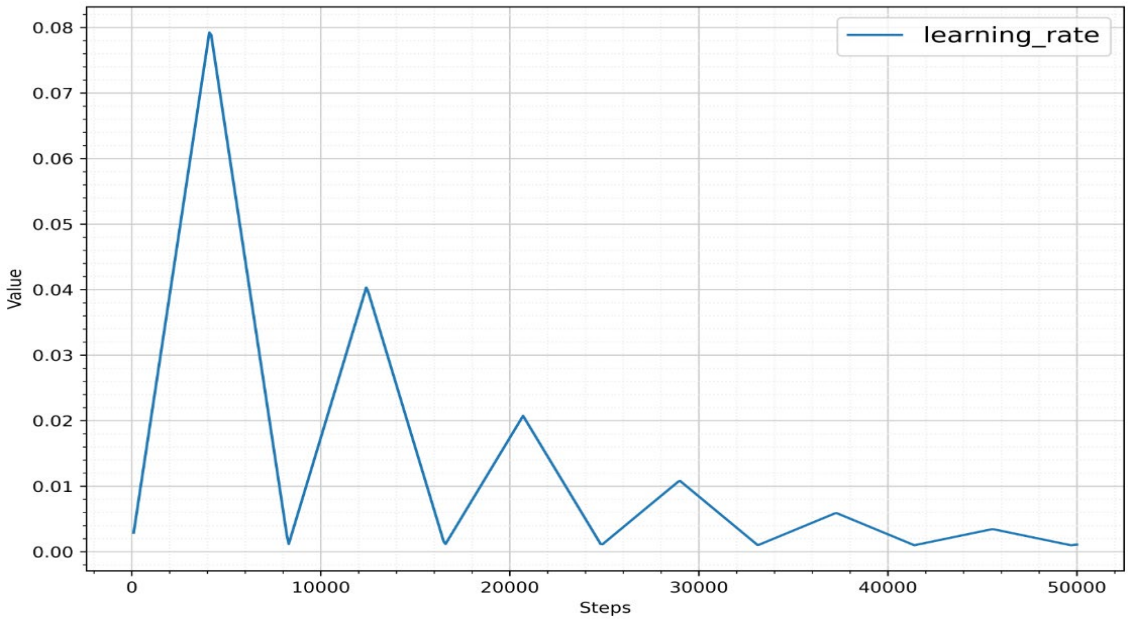


(b)

Fig 2. EfficientD0 (a) Training & Evaluation Loss (b) Cosine learning rate



(a)



(b)

Fig 3. EfficientD0 with cyclic learning rate (a) Training & Evaluation loss, (b) Learning rate

Table 2. Comparison of model's variance

Model	Variance
SSD_ResNet_101_v1	.616
SSD_ResNet_50_v1	.5672
Faster_R-CNN_ResNet_50	.5576
Faster_R-CNN_ResNet_101	.5369
EfficientD1	.4309
EfficientD0	.3839
EfficientD0(Cyclic learning rate)	**.2251**
SSD_MobileNet_v2	**.1386**

Cyclic learning rate in Fig 3(b) not only works as a gradient decent to reach to the optimum point of the loss but also works like data augmentation. Data augmentation jobs are to reduce the generalization loss (variance) which is the difference between the training & evaluation loss. In the table 2, the variance of the model can be seen where SSD_MobileNetV2 has minimum variance but it has huge loss value & minimum mAP value in table 01. Other than, the Efficientd0 with cyclic learning rate has minimum variance regarding all other deep learning model.

V. CONCLUSION

In this thesis, we aim to detect plant diseases based on improved CNN automatically. This study utilizes some robust CNN architectures for extracting features that will be used to localize

the areas with bounding boxes & class them in different classes. Our plant dataset restrained additional task involvement such as size, background alternation, and brightness enhancement—our ideas for our country's farmers to detect the diseased area on several conditions in real-time. So we used real images. Our goal is to perceive a more suitable & precise deep-learning architecture to recognize various categories of disease & pest, including multiplex situations without using more computation costs. For that reason, we implement cyclic learning rate on EfficientD0 which is not only improving the loss and accuracy but also lessens the generalization loss without any computation costs. It also surpass the updated EfficientD1 which should be more in case of accuracy and loss. So in future, we can enhance the model efficiency by collecting more images per class. We did not use any data augmentation technique. Applying data augmentation by accessing more images, the accuracy will be more surged. We anticipate that our thesis work will make a remarkable contribution to the agriculture sector by providing more efficient automated disease detection in plants by localizing the infection area to the users with little knowledge of the plants they are farming.

REFERENCES

[1] "Bangladesh GDP share of agriculture - data, chart | TheGlobalEconomy.com." https://www.theglobaleconomy.com/Bangladesh/Share_of_agriculture/ (accessed Mar. 25, 2021).

[2] "Bangladesh Employment in agriculture - data, chart | TheGlobalEconomy.com." https://www.theglobaleconomy.com/Bangladesh/Employment_in_agriculture/ (accessed Mar. 25, 2021).

[3] M. C. Cañizares *et al.*, "Arabidopsis thaliana, an experimental host for tomato yellow leaf curl disease-associated begomoviruses by agroinoculation and whitefly transmission," *Plant Pathol.*, vol. 64, no. 2, pp. 265–271, 2015, doi: 10.1111/ppa.12270.

[4] J. Lu, J. Hu, G. Zhao, F. Mei, and C. Zhang, "An in-field automatic wheat disease diagnosis system," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 142, no. 1, pp. 369–379, 2017, doi: 10.1016/j.compag.2017.09.012.

[5] J. Amara, B. Bouaziz, and A. Algergawy, "A deep learning-based approach for banana leaf diseases classification," *Lect. Notes Informatics (LNI), Proc. - Ser. Gesellschaft fur Inform.*, vol. 266, pp. 79–88, 2017.

[6] H. Hong, J. Lin, and F. Huang, "Tomato Disease Detection and Classification by Deep Learning," *Proc. - 2020 Int. Conf. Big Data, Artif. Intell. Internet Things Eng. ICBAIE 2020*, pp. 25–29, 2020, doi: 10.1109/ICBAIE49996.2020.00012.

[7] A. Fuentes, S. Yoon, S. C. Kim, and D. S. Park, "A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 9, 2017, doi: 10.3390/s17092022.

[8] A. K. Rangarajan, R. Purushothaman, and A. Ramesh, "Tomato crop disease classification using pre-trained deep learning algorithm," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 133, pp. 1040–1047, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.07.070.

[9] K. Zhang, Q. Wu, A. Liu, and X. Meng, "Can deep learning identify tomato leaf disease?," *Adv. Multimed.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/6710865.

[10] S. Wallelign, M. Polceanu, and C. Buche, "Soybean plant disease identification using convolutional neural network," *Proc. 31st Int. Florida Artif. Intell. Res. Soc. Conf. FLAIRS 2018*, pp. 146–151, 2018.

[11] P. Jiang, Y. Chen, B. Liu, D. He, and C. Liang, "Real-Time Detection of Apple Leaf Diseases Using Deep Learning Approach Based on Improved Convolutional Neural Networks," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 59069–59080, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2914929.

[12] M. G. Selvaraj *et al.*, "AI-powered banana diseases and pest detection," *Plant Methods*,

vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2019, doi: 10.1186/s13007-019-0475-z.
[13] M. Sibiya and M. Sumbwanyambe, "A Computational Procedure for the Recognition and Classification of Maize Leaf Diseases Out of Healthy Leaves Using Convolutional Neural Networks," *AgriEngineering*, vol. 1, no. 1, pp. 119–131, 2019, doi: 10.3390/agriengineering1010009.
[14] C. DeChant *et al.*, "Automated identification of northern leaf blight-infected maize plants from field imagery using deep learning," *Phytopathology*, vol. 107, no. 11, pp. 1426–1432, 2017, doi: 10.1094/PHYTO-11-16-0417-R.
[15] E. C. Too, L. Yujian, S. Njuki, and L. Yingchun, "A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 161, no. October 2017, pp. 272–279, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2018.03.032.
[16] S. P. Mohanty, D. P. Hughes, and M. Salathé, "Using deep learning for image-based plant disease detection," *Front. Plant Sci.*, vol. 7, no. September, pp. 1–10, 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.01419.
[17] A. Ramcharan, K. Baranowski, P. McCloskey, B. Ahmed, J. Legg, and D. P. Hughes, "Deep learning for image-based cassava disease detection," *Front. Plant Sci.*, vol. 8, no. October, pp. 1–7, 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.01852.
[18] L. N. Smith, "Cyclical Learning Rates for Training Neural Networks," no. April, 2015.
[19] M. Tan, R. Pang, and Q. V. Le, "EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 10778–10787, Nov. 2019, doi: 10.48550/arxiv.1911.09070.
[20] E. Fujita, Y. Kawasaki, H. Uga, S. Kagiwada, and H. Iyatomi, "Basic investigation on a robust and practical plant diagnostic system," *Proc. - 2016 15th IEEE Int. Conf. Mach. Learn. Appl. ICMLA 2016*, pp. 989–992, 2017, doi: 10.1109/ICMLA.2016.56.
[21] K. Yamamoto, T. Togami, and N. Yamaguchi, "Super-resolution of plant disease images for the acceleration of image-based phenotyping and vigor diagnosis in agriculture," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 11, pp. 1–13, 2017, doi: 10.3390/s17112557.
[22] M. Brahimi, S. Mahmoudi, K. Boukhalfa, and A. Moussaoui, "Deep interpretable architecture for plant diseases classification," *Signal Process. - Algorithms, Archit. Arrange. Appl. Conf. Proceedings, SPA*, vol. 2019-Septe, pp. 111–116, 2019, doi: 10.23919/SPA.2019.8936759.
[23] M. Brahimi, K. Boukhalfa, and A. Moussaoui, "Deep Learning for Tomato Diseases: Classification and Symptoms Visualization," *Appl. Artif. Intell.*, vol. 31, no. 4, pp. 299–315, 2017, doi: 10.1080/08839514.2017.1315516.
[24] M. Türkoğlu and D. Hanbay, "Plant disease and pest detection using deep learning-based features," *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 27, no. 3, pp. 1636–1651, 2019, doi: 10.3906/elk-1809-181.
[25] D. Singh, N. Jain, P. Jain, P. Kayal, S. Kumawat, and N. Batra, "PlantDoc: A dataset for visual plant disease detection," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 249–253, Jan. 2020, doi: 10.1145/3371158.3371196.

Artificial Intelligence Application for Planning Measures to Prevent Hazardous Production Facilities Accidents

S.T. Alekperova

kaplansayali@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8680-1877
EDC Expert, LLC, Moscow, Russia

Abstract Hazardous production facilities operational safety is ensured by risk of emergency situations effective management, such as planning and implementing technical measures, namely safety and reliability measures. These measures are planned according to project specific hazards to prevent accidents and incidents on technological processes. The focus of such decisions should take into account the facilities life cycle stages and phases of beginning and amplification of probable emergency situations. This article discusses basics and results of application of artificial intelligence and machine learning technologies for planning measures to improve the reliability and ensure the safety of oil and gas production and transportation facilities during their full life cycle.

Keywords: *Technological Processes and Productions Safety, Risk Management, Artificial Intelligence, Platform Solutions*

I. INTRODUCTION

Automation today is typical for most of the processes that accompany the stages of design, construction and operation of hazardous production facilities.

Such significant stages as engineering surveys, identification of key design solutions, actual up-to-date process data collection, processing and transmission are undergoing significant modernization through the introduction of digital systems. In these processes, machine learning is of particular importance.

The fourth industrial revolution opens up new options for improving each stage envisaged in the implementation of significant investment projects for the hazardous production facilities design, construction and operation. At the same time, it defines new requirements for justifying the sufficiency of hazardous production facilities design solutions, such solutions implementation control and also effective structural condition monitoring throughout facilities complete life cycle.

II. METHODS

The safety of facilities is ensured by the planning and timely implementation of technical and organizational measures, the main task of which is to ensure effective management of the risk of emergency situations occurrence and development at each stage of the life cycle of buildings and structures that are part of hazardous production facilities, namely, at the stages of hazardous production facilities design, construction, commissioning operation and operation.

To evaluate design decisions, assessment of the need for introduce additional technical and organizational measures, improve the efficiency of the measures planning stage, and enhancement the efficiency of decisions made in terms of their priority, the use of machine learning and the introduction of decision support systems based on artificial intelligence are

proposed.

Application of artificial intelligence for these purposes provides:

1) using the full data potential;

2) reliable forecasting;

3) automation of complex tasks.

In particular, the use of artificial intelligence at the stages of sampling, systematization and classification of key data, that are used for risk analysis, significantly increases the efficiency of identifying, predicting and evaluating probable accidents.

Accident risk management effectiveness is ensured by objectively assess the risk and identify factors that affect the occurrence and development of emergency situations. This factors called "influence factors" ore "factors" [1].

In this case not only to the prevention of probable emergencies should be provided: timely forecasting and detection of emergencies and, in some cases, localization and liquidation of emergencies consequences must be applied.

For identification and analysis of all probable accidents, and then planning effective reliability and safety measures a large amount of data is used.

For the purpose of orderly storage of such data and their further use, the following indicators are proposed to classified:

1) Buildings and structures designed and operated as part of hazardous production facilities, on the basis of the danger of such buildings and structures in the context of the likelihood of beginning and development of probable accidents and incidents;

2) Influence factors;

3) Probable emergencies;

4) Measures that ensure the prevention, timely detection, localization and elimination of the consequences of accidents.

III. RESULTS

As a result of the buildings and structures classification (1) the following hazard signs of buildings/structures were identified:

1.1) The building/structure is vulnerable to external influences. For example, underground tanks and pipelines are more secure than above and below ground structures.

1.2) Explosive and flammable substances are handled in the building/structure. The amounts of a hazardous substance, as well as physical processes of its release and distribution are analyzed.

1.3) Probable escalation of the accident to neighboring buildings/structures: the actual distance between buildings/structures, the presence of hazardous substances in neighboring buildings/structures are analyzed.

1.4) An accident in a building/structure will lead to a long-term disruption of the facility functioning: it is analyzed to what extent the building/structure is involved in the process cycle at the facility.

1.5) The consequences of an emergency situation in a building/structure can lead to human casualties, cause damage to the environment.

The above sings are taken into account in the decision-making process on planning measures to predict probable emergencies.

The occurrence of an accident is not always due to a combination of influence factors. At the same time, the degree of a single factor influence may turn out to be more critical than their combination. For this reason it is especially important to classify the influence factors (2) according to the following criteria:

2.1) The possibility of preventing/reducing the negative impact of the influence factor at the stages preceding operation.

2.2) Features of defects, caused by the influence factor.

2.3) The possibility of timely identification of the factor causing the emergencies.

2.4) The influence of a defective hole, formed as a result of the influence of a factor: the volume of probable leaks and a forecast for the further development of a defective hole, taking into account the building/structure construction materials.

2.5) The scope of work to restore the building/structure after the influence of the factor.

It is most preferable to prevent the influence of the factor at the stage of development of design documentation by including appropriate measures in the design decisions. But the nature of the influence factors is such that they appear in the process of operation of buildings and structures. Moreover, most influence factors often occurs imperceptibly, but can lead to sudden emergency situations.

For this reason, it is necessary to provide building/structure high-quality structural condition monitoring during their operation, and also prompt transmission of monitoring results in order to process them and make decisions on the implementation of additional measures.

Probable emergencies (3) were classified according to the following criteria:

3.1) Accompanied by the release and controlled distribution of a hazardous substance.

3.2) Accompanied by the release and uncontrolled distribution of a hazardous substance.

3.3) Leading to complete or partial shutdown of the technological process.

3.4) Leading to complete or partial destruction of the building/structure.

3.5) Affecting neighboring buildings/structures.

3.6) Leading to workplace injuries and fatalities.

Not every accident will lead to a shutdown of the technological process. For example, a traffic accident on inter-site or on-site roads of oil and gas fields. But, in some cases, for example, accidents on quarry roads can lead to significant delays in the implementation of facility logistics.

For effective risk management, measures provided for the prevention, timely detection, localization and elimination of the consequences of accidents are implemented. It is necessary to systematize, classify and store these measure in an orderly manner for the purpose of further use.

Measure classification (4) based on the Classifier □3□ developed for main gas pipelines.

The following classification criteria have been adopted:

– multiplicity of options for compensation of one influence factor;

– the possibility of using one measure to compensate for various factors;

– possibility of interchangeability of measures taking into account the specifics of the project;

– ¬the multiplicative effect of two or more influence factors and the need to revise the set of measures in the presence of this effect.

In addition to taking into account the specifics of events in the classification, the following additional requirements were imposed:

– measure classification depending on the stage of implementation of the investment project;

– taking into account many aspects in the measure classification;

– ensuring the possibility of updating the classifier;

– flexibility of the classifier structure and the possibility of updating it with new measures;

– classifier clarity.

The following facets are accepted as unifying classification features:

4.1) Focus of the proposed measures. For determining the sufficiency of a set of measures relevant to specific conditions, it is necessary to take into account the focus of measures to prevent an emergencies, as well as at all stages of minimizing damage from an emergencies.

4.2) Type of compensatory measure: technical, average and non-technical.

4.3) Stage of the building/structures life cycle at which the measure is implemented.

4.4) Scope of implementation of compensatory measures.

The facet method was used to classify measures (Table 1)

TABLE 1
FACETS FOR MEASURE CLASSIFIER

№ of	Facet name	Subcate	Subcategory name
I	Focus of the proposed measures	IA	Emergencies prevention
		IB	Timely detection of accidents
		IC	Incident consequences
		ID	Accidents consequences elimination
II	Type of compensatory measure	IIA	Technical
		IIB	Average
		IIC	Non-technical
III	Stage of the building/structures life	IIIA	Engineering survey
		IIIB	Design
		IIIC	Construction
		IIID	Operation
		IIIE	Reconstruction
		IIIF	Preservation
		IIIIG	liquidation
IV	Scope of implementation of compensatory measures	IVA	Applied elements of building structures
		IVB	Design features,
		IVC	Devises and methods of diagnostics, testing, control
		IVD	Site preparation
		IVE	Devises of localization and liquidation of the accident consequences

Classifier is a part of developed Safety and reliability measures planning and implementation (SARM PI) system, using artificial intelligence for generate effective solutions.

SARM PI System stages shown in Figure 1.

Artificial intelligence and digital technologies application ensures the impartiality of risk assessment results: generated reports contain analytics, based on key indicators of probable hazards, caused by influence factors, and recommended measures planned according to approved criteria, such as:

- the advantage of technical measures over organizational ones;
- the advantage of preventing an accident over its localization;
- the advantage of focusing measures directly on the buildings/structures of the hazardous production facilities.

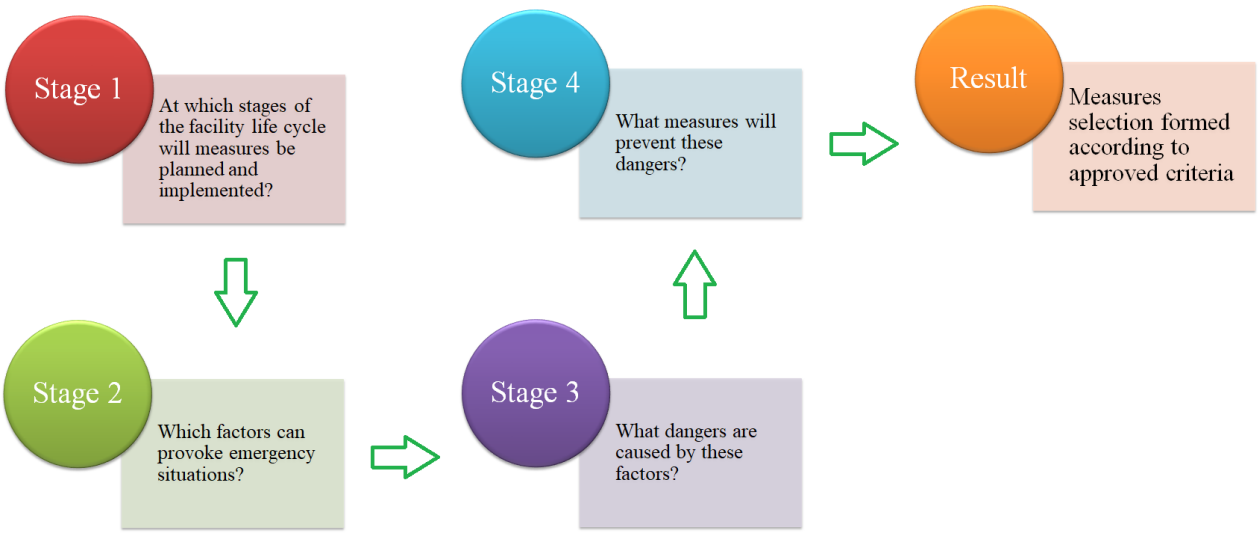


Figure 1: Safety and reliability measures planning and implementation (SARM PI) System stages

Formed selection is not final: artificial intelligence offers priority measures, but the final decision is made by a person. Decisions quality and validity significantly improved by using artificial intelligence, machine-learning systems and integrated databases.

Effective risk management is guaranteed by using comprehensive information about influence factors, which provoking emergency situations, and parameters (preconditions) of such factors.

SARM PI System was applied to plan and implement measures to ensure the safety and reliability at all stages of the facilities life cycle.

IV. DISCUSSION

EXAMPLES OF DEVELOPED DATABASES USED IN SARM PI SYSTEM

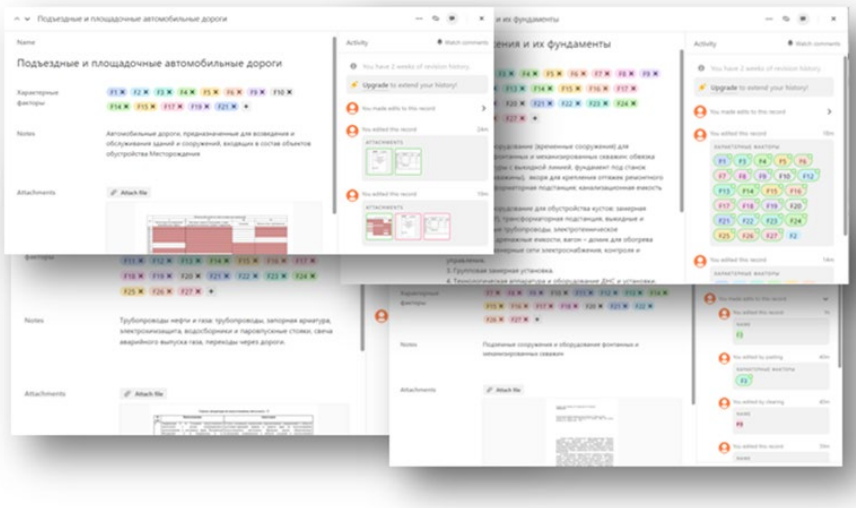


Fig. 2: Influence factors database

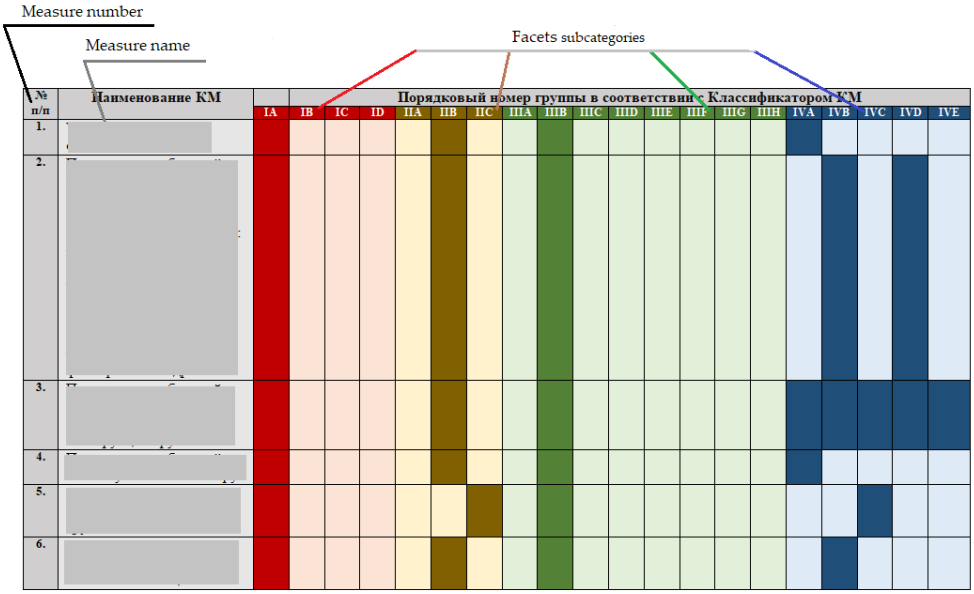


Fig. 3: Measure Classifier Structure

BENEFITS OF USING THE SARM PI SYSTEM

Application of SARM PI System provided:

1. Expansion accounting and assessment of probable hazards that can lead to emergency situations.
2. Detailed analysis of predicted emergencies.
3. Improvement of priority measures decision-making.
4. Formation of a step-by-step description of the decision-making algorithm in order to make adjustments, comments and clarifications.
5. Improvement the impartiality of the decisions made. Measures (combinations of measures) hade only be approved if the actual reduction in risk indicators is confirmed. At the same time, the risk analysis itself was also objective and impartial.
6. Improvement of acceptable risk criteria.
7. Formation of variations of combinations of measures, taking into account the investment feasibility of their implementation for the actual conditions of construction and operation of fuel and energy facilities.
8. Security and reliability of reports generation and provision.

V. REFERENCES

[1] Alekperova S.T., Revazov A.M. Development and Implementation of the Staged Safety System of Trunk Gas Pipelines. *Environmental Protection in the Oil and Gas Complex*, 2018, No. 3, P. 12–15.

[2] Revazov A.M., Alekperova S.T. Planning of Measures to Ensure the Trunk Pipelines Safety. *Gas Industry*, 2018, No. 12, P. 20–26.

[3] Alekperova S.T. "Systematization of the results of the classification of measures aimed at ensuring the safety of main pipelines". Certificate of state registration of the database No. 2017621123 dated September 29, 2017. Federal Service for Intellectual Property of Russian Federation.

[4] Alekperova S.T. "Program to assess the need to establish additional technical requirements in the field safety of the capital construction object". Certificate of state

registration of the Computer Program No. № 2022611927 dated February 4, 2022. Federal Service for Intellectual Property of Russian Federation.

[5] Alekperova S.T. "Program for planning measures for ensuring integrated security of fuel and energy complex facilities of the Russian Federations". Certificate of state registration of the Computer Program No. № 2022665167 dated August 11, 2022. Federal Service for Intellectual Property of Russian Federation.

Tabakalı Zemindeki Kazıkların Deprem Yükleri Altındaki Davranışının 3 Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi

3D FEM Analysis of the Behavior of Pile in Layered Soil Under Earthquake Loads

İbrahim Yiğit[*,1], Yakup Gürdal [2], Burak Sürücü [3]

[*] ibrahimyigit@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5485-9222
[1] *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye*
[2] *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye*
[3] *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye*

Özet: Gevşek ve tabakalı zemin formasyonlarının hakim olduğu bölgelerde kazıklı temel uygulamalarına sıklıkla rastlanmaktadır. Kazıklı temellerin geoteknik tasarımının gerçekleştirilmesinde genellikle rijit zemin tabakalarına mesnetlenmesi istenmektedir. Ancak kazıklar rijitliği düşük zeminlerde sürtünme kazığı olarak da görev yapmaktadır. Bu durumda farklı zemin tabakalarıyla karşılaştıkları bölgelerde gerilme yığılmaları oluşmaktadır. Meydana gelen gerilmelerin yüksek değerlere ulaşması halinde derin temel elemanlarında veya üstyapıda hasar meydana gelebilmektedir. Yapılan çalışmada, gerçek bir uygulamadan alınan, tabakalı zemindeki kazıklı radye temel sitemi, üç boyutlu sonlu elemanlar paket programı ile dinamik yükleme altında, gerilme birim deformasyon analizine tabi tutulmuş olup, kazık karelajında köşe ve merkezde yer alan iki adet kazıkta yer değiştirme, normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentinin derinlikle değişimi incelenmiştir. Üst yapıdan radye ile kazık birleşim bölgelerine aktarılan yük ve momentler kazık karelajı merkezindeki kazıkta, köşe nokta altındaki kazığa göre daha büyüktür. Bu nedenle deprem yükü etkisi altında bu kazığın başındaki moment değeri karelaj köşesindeki kazık başındaki moment değerinden büyük elde edilmiştir. Zemin kesiti, formasyon değişim bölgesinde, kazık kesit tesirlerinden; kesme kuvveti grafiklerinde, köşe kazıkta süreksizlik gözlenip, merkezdeki kazıkta gözlenmemiştir. Bununla birlikte, kazıklarda yer değiştirmenin derinlikle değişim grafiklerinde, zemindeki formasyon değişim bölgesinde, merkezdeki kazıkta süreksizlik gözlenirken, köşe kazıkta gözlenmemiştir. İncelenen kazıklardaki en büyük yer değiştirme değeri deprem yüklemesinin 6.5'inci saniyesinde meydana gelmiş olup 35mm değerindedir.

Anahtar Kelimeler: *Yapı Zemin Etkileşimi, Kazıklı Temeller, Deprem, Tabakalı Zemin*

Abstract: Pile foundation applications are frequently encountered in areas where loose and layered soil formations are dominant. In the realization of the geotechnical design of piled foundations, it is generally desired to support rigid soil layers. However, piles also serve as friction piles in soils with low stiffness. In this case, stress concentrations occur in the regions where they encounter different soil layers. If the resulting stresses reach high values, damage to the deep foundation elements or the superstructure may occur. In this study, the piled raft foundation system in the layered soil, taken from a real application, was subjected to stress deformation analysis under dynamic loading with a three-dimensional finite element package program. The variation of axial force, displacement, shear force and bending moment with

depth was investigated. The loads and moments transferred from the superstructure to the raft and pile junctions are greater in the pile at the center of the pile grid than in the pile below the corner point. For this reason, the moment value at the head of this pile under the effect of earthquake load was obtained greater than the moment value at the head of the pile at the corner of the grid. Around the formation change zone in soil profile, discontinuity was observed in pile shear force graphs at the corner pile but not in the central pile. However, in the graphs of variation of displacement with depth, in the formation change zone in the soil, discontinuity was observed in the central pile, while it was not observed in the corner pile. The largest displacement value in the investigated piles occurred at the 6.5th second of the earthquake loading and is 35mm.

Keywords: *Soil - Structure Interaction, Pile Foundations, Earthquake, Layered Soil*

I. GİRİŞ

Deprem kuşağında yer alan ülkemizde depreme dayanıklı binaların gerek yapısal gerek geoteknik açıdan özenle tasarlanması oldukça önemlidir. Ek olarak nüfustaki artış ve bunun bir sonucu olan konut ihtiyacı; yüksek katlı yapıların tasarlanmasına neden olmaktadır. Yüksek katlı yapılar bazen dayanımı düşük zeminler üzerine inşa edilmektedir. Bu durumda yapı sistemlerinde gerek taşıma gücü gerek oturma gerekse de dinamik etkiler açısıdan kazıklı temeller tercih edilmektedir [1]. Kazıkların geoteknik tasarımı ve inşaatı aşamalarında, jeolojik kesitlerin ve zemin parametrelerinin doğru şekilde tespit edilmesi ve tanımlanması, projenin güvenlik ve ekonomik açıdan uygunluğu, kazıkların tasarımı ve projelendirilmesinde uygulama talimatlarının yeterli biçimde verilmiş olması, hesaplamalarının ve uygulamasının işinin ehli kişiler tarafından gerçekleştirilmesi, meteorolojik ve çevresel koşulların göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir [2].

II. KAZIKLARIN DEPREM YÜKLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞI

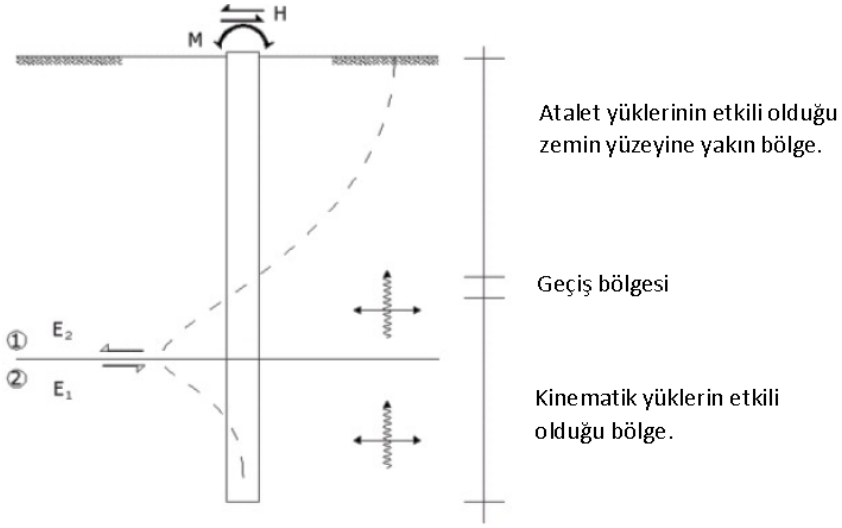
Geçmişten günümüze dek farklı formasyonlara sahip zeminlere yerleşmiş kazıkların deprem etkisi altındaki davranışları birçok bilim insanı tarafından incelenmiştir. Çimen vd., tarafından tabakalı zeminlere yerleştirilmiş kazıkların davranışı araştırılmıştır [3]. Çalışmalarda kil ve kum tabakaları şeklinde yerleştirilmiş farklı kalınlıklara sahip zemin profillerinde kazıkların oldukça farklı davranışlar sergilediğini göstermişlerdir. Zemin profilinin aynı formasyondan oluşması halinde açığa çıkan kesit tesirleri ve deplasmanların tabakalı zeminlere nispeten oldukça küçük olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalarda genellikle yapı, kazık ve zemin sisteminin tamamı kurulmaksızın tekil bir kazık üzerinde analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçları sunulmuştur. Fakat hem statik hem dinamik yüklerin etkisi altında tüm kazıkların eşit bir gerilme ve deformasyon davranışı gösteremeyeceği açıktır. Bundan dolayı üstyapı, yapı temeli ve zeminin tam modelinin analize dahil edilmesi ve kazıkların farklı davranışlarının yorumlanması önem arz etmektedir [4].

Kazıklara etkiyen atalet kuvvetleri kazığın kazık başlığıyla birleşim sağladığı bölgede meydana gelen zorlamalardır. Bu tesirlerin başlıca sebebi depremin üstyapıda açığa çıkardığı salınımdan kaynaklanmaktadır. Kinematik tesirler ise kazık uçlarında etkisini göstermektedir. Bununla birlikte rijitlikleri arasında farklılık bulunan formasyonların ara bölgelerinde gerilme ve deformasyon davranışı en büyük değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 1). Kinematik etkilerin en önemli faktörlerinden bir tanesi dinamik etkiler altında zeminin ve kazıkların arasında oluşan deformasyonların uyumsuzluğudur [5].

Farklı zemin tabakalarından oluşan formasyonların rijitlikleri de farklılık gösterecektir. Bu

bölgelere yerleştirilmiş kazıklar, rijitlik farklılıklarından özellikle deprem yükleri altında etkilenerek büyük kesme kuvveti ve bu kuvvetlerin meydana getireceği eğilme momentlerine maruz kalmaktadır. Kinematik etkilerin analizinde nümerik hesaplama yöntemlerinden faydalanarak eğrisel veya eşdeğer doğrusal analiz çalışmaları yapılabilmektedir [5]. Tabakalı ve özellikle gevşek zeminlerden meydana gelmiş formasyonların üst kısımda yer alan zeminin sıkılığı ve tabaka kalınlığının artmasıyla yer değiştimeler arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur [6].



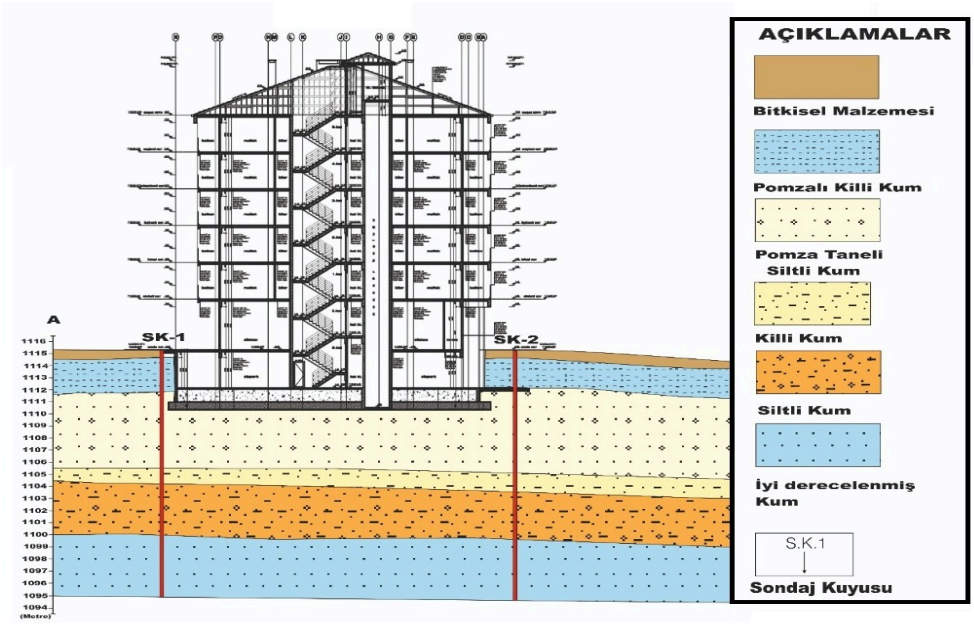
Şekil 1. Deprem hareketi nedeniyle kazıklarda zorlama mekanizmaları [5]

III. ANALİZLERDE KULLANILAN YAPI VE ZEMİN PARAMETRELERİ

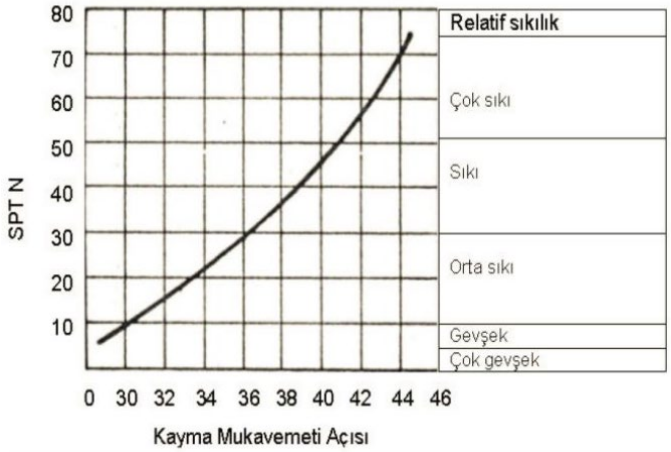
İncelenen bölgenin zemin formasyonu Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre formasyon killi kum, pomza, siltli kum gibi birimlerden oluşmaktadır. İnceleme alanında toplam 4 adet her biri 21 metre derinliğinde sondaj kuyusu açılmış ve sondajların 1,5 metre seviyelerinde standart penetrasyon deneyi (SPT) gerçekleştirilmiş ayrıca farklı derinliklerde toplamda sekiz adet numune alınmış ve laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir [9]. SPT sonuçlarına göre N30 değerlerinin 15 ile 50 arasında kalmaktadır. Bununla birlikte arazide gerçekleştirilen jeofizik deneylerde Vs30 = 282-322 m/sn aralığındadır, buna göre zemin sınıfı "ZD" olarak nitelendirilmiştir. Sondaj kuyularında yeraltı suyuna veya sızıntı suyuna rastlanmadığı için zeminde sıvılaşma tehlikesi öngörülmemiştir. Sondaj kuyularından alınan numunelerde yapılan direkt kesme deneyine göre; kohezyon değeri c = 5 - 35 kPa arasında ve içsel sürtünme açısı Ø = 9° - 22° arasında olduğu gözlenmiştir. Buna göre killi kumlu zeminlerde kohezyon 25 kPa olarak alınmıştır. Formasyon içerisinde yer alan zeminlerin içsel sürtünme açılarının elde edilmesinde SPT verileri de kullanılmıştır (Şekil 3) [7]. Arazi SPT deneylerinin ortalaması 35 vuruş dolayındadır. Buna karşılık gelen içsel sürtünme açısı değeri 37 derece olmaktadır. Kesme kutusu deneyi sonuçları göz önünde bulundurularak içsel sürtünme açısı pomza zeminlerde 25 derece, killi kumlu zeminlerde 20 derece ve iyi derecelenmiş kumda 35 derece olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan elastisite modülü ve poisson oranı jeofizik inceleme sonuçları göz önüne alınarak elde edilmiştir (Tablo 1).

İncelenen bölgenin deprem parametreleri AFAD'ın deprem haritalarından alınmıştır. Buna göre, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı SDS: 0.907'ye eşittir. Yapının konut amaçlı kullanımından dolayı bina kullanım sınıfı BKS = 3'e eşittir. Yapının deprem tasarım sınıfı 1'dir [10]. Deprem yer hareketi düzeyinin belirlenmesinde spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem

yer hareketi olarak nitelendirilen, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da bilinen DD-2 deprem yer hareketi seçilmiştir. İnceleme alanı için en büyük yer ivmesi PGA = 0.320g olarak kayıt edilmiştir. AFAD Deprem Dairesi tarafından hazırlanan Deprem Tehlike Durumu Haritasına göre tehlike düzeyi "Yüksek Tehlike" derecesi olan 2. Derece olarak belirlenmiştir [10]. İnşa edilen yapı 1 Bodrum+Zemin+5 Normal katlı şekilde yapılmıştır. Yapının zemine gömülü derinliği 3m dir. Radye temel 60 cm kalınlıkta imal edilmiştir. Temelin altında yatay ve düşey doğrultularda 9x9 adet yerleştirilen 65 cm çapında 9 metre derinliğinde 3mx3m karelaja sahip 81 adet kazık bulunmaktadır. Kazıklarda 10ϕ16 boyuna donatı ve ϕ8/15 fretli donatı kullanılmıştır.



Şekil 2. İnceleme alanının jeolojik kesiti.



Şekil 3. SPT-N Vuruş sayısı ve kayma mukavemeti açısı ilişkisi [7]

TABLO I
ANALIZLERDE KULLANILAN ZEMINLERIN ÖZELLIKLERI

	SC (Pomza)	GW (Pomza)	SC1-SC2	SW
Kuru BHA (kN/m^3)	18	13	18	19
Doygun BHA (kN/m^3)	19	16	19	20
Kohezyon (kN/m^2)	25	1	25	1
İçsel Sürtünme Açısı (°)	20	25	20	35
Elastisite Modülü (kN/m^2)	25000	20000	25000	50000
Poisson Oranı (-)	0.3	0.35	0.3	0.3

IV. SONLU ELEMANLAR GERİLME BİRİM DEFORMASYON ANALİZİ

Bu çalışmada, geoteknik mühendisliği alanında, sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme birim deformasyon analizinde yaygın olarak kullanılan PLAXIS 3D v22 paket program kullanılmıştır. Bu kapsamda tabakalı zeminlerin içerisinde bulunan kazıkların deprem yükleri altındaki davranışı incelenmiştir. Kazık uçlarının rijit bir zemine oturmayacağı arazi ve laboratuvar deneyleri göz önünde bulundurularak öngörülmüştür. Başka bir deyişle kazıkların sürtünme kazığı olarak görev yapacağı düşünülmektedir. Sonlu elemanlar analizlerinde öncelikle zeminin yapı inşaatı gerçekleştirilmeden önceki koşulların tanımlanması, geometrik modelin oluşturulması ve ardından yapısal modellemenin programa tanıtılması ile deprem yüklerinin programda tanımlanmasıyla yapılacak aşamalı analizler hesaplamaların doğruluğu ve güvenilirliği açısından oldukça önemlidir.

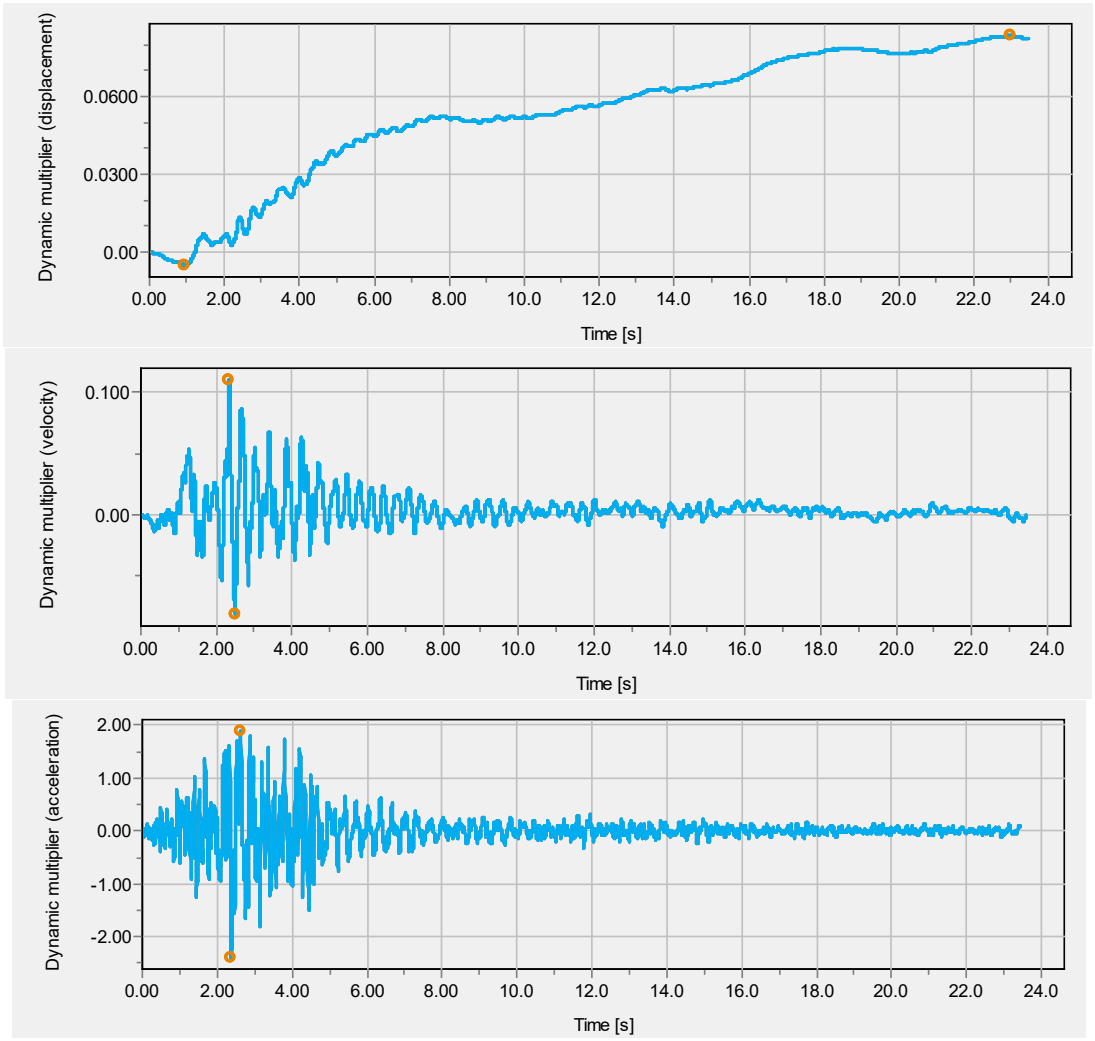
Genel analiz özelliklerinin tanımlanmasının ardından inceleme alanının jeolojik formasyonuna bağlı olarak zemin profili oluşturulmuştur ve malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Jeolojik kesitte yatayda büyük bir değişim olmaması sebebiyle araziyi temsil ettiği düşünülen bir adet sondaj logunun program içerisinde tanımlanması yeterli görülmüştür. Zemin özelliklerinin tanımlanmasında Mohr-Coulomb göçme kriterinden faydalanılmıştır.

Zeminin parametrelerinin oluşturulması ve atanmasından sonra program içerisinde geometrik modelleme yapılmıştır. Modellemede projeye ait aks ve kot ölçüleri mimari projedeki uzunluk değerleri; yapısal elemanların modellenmesinde statik projedeki elemanlar birebir şekilde tasarlanmıştır. Yapıdaki kolonlar node to node anchor; kirişler beam; döşemeler, perdeler ve radye temel plate; kazıklar embedded beam olarak modele aktarılmıştır [8].

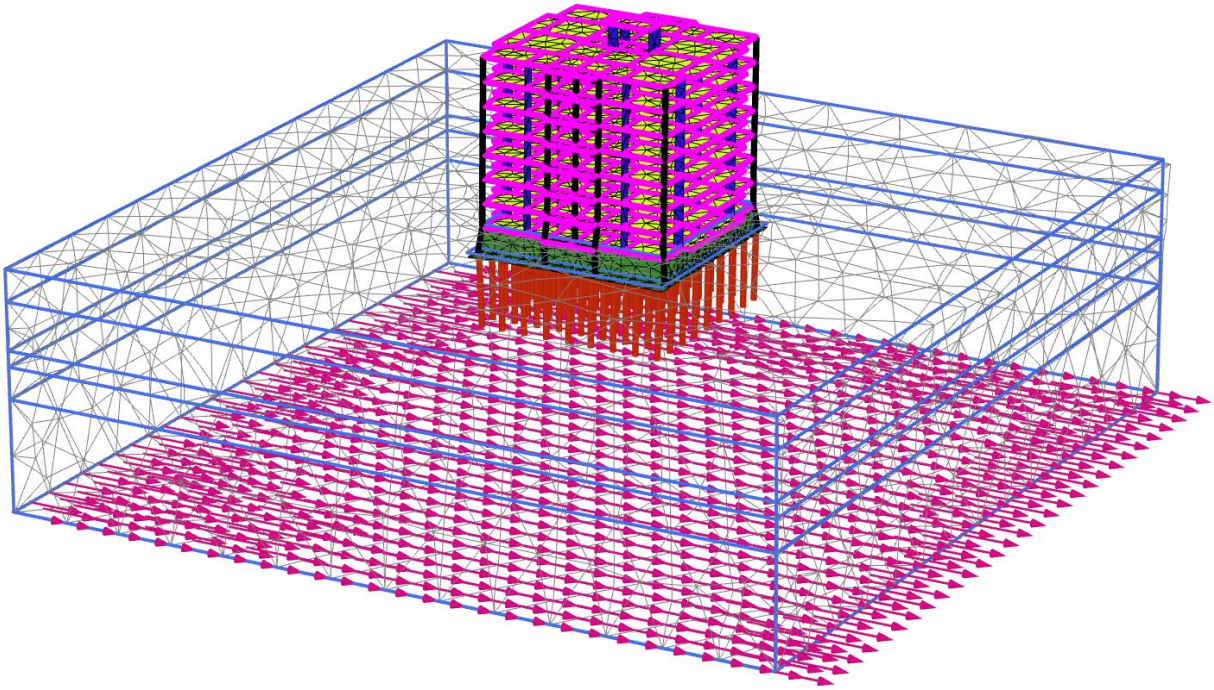
Çalışmada yapı temel ve zemin sistemine deprem yüklerinin tanımlanmasında dinamik analizlerin gerçekleştirilebilmesi için bir adet deprem kaydından faydalanılmıştır. Bu deprem kaydı Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü'nün (PEER) veri tabanından temin edilmiştir. İlgili kayıt; 28/02/1990 tarihli "Upland Earthquake" depremidir (Şekil 4). Depremin moment büyüklüğü 5,4 ve yeryüzüne olan mesafesi 5 km'dir. Yüzeysel bir deprem olmakla birlikte en büyük yer ivmesi PGA = 0.3g olacak biçimde analizlere eklenmiştir. Depremin büyüklüğünün, oluştuğu derinliğin, en büyük yer ivmesi değerinin analizlerin gerçekleştiği lokasyonla uyumlu olduğu düşünülmektedir.

Yapı ve zemin modellemelerinin yapılması ve deprem yüklerinin programa tanıtılmasının ardından sonlu elemanlar ağı oluşturulmuştur. Program içerisindeki beş farklı ağ sıklığından kaba ağ oluşturulması tercih edilmiştir. Sondajlarda herhangi bir yeraltı suyuna denk gelinmemesi ve bölgedeki yeraltı suyu seviyesinin oldukça düşük olmasından dolayı program

içerisinde suya dair bir tanımlama yapılmamış ve su etkileri ihmal edilmiştir. Analizler dört aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada zeminin üzerinde herhangi bir yapı yükü veya dinamik bir yük bulunmadığı sadece jeolojik yükünün bulunduğu başlangıç durumu incelenmiştir. İkinci aşamada yapı yükleri zeminine üzerine aktarılmış ve statik durumda zemindeki gerilme birim deformasyon davranışı incelenmiştir. Üçüncü aşamada yapının saçak kotuna x yönünde 10 kN yük verilerek yapı temeli ve zeminin yatay yükler altındaki performansı araştırılmıştır. Son olarak dördüncü aşamada deprem yükünün sistemde tanımlanması sağlanmış ve deprem etkisi altında kazıkların davranışı araştırılmıştır. Yapı, zemin ve kazıkların dinamik yükler altındaki analizi sonlu elemanlar ağında 19175 adet düğüm noktasında hem statik hem de dinamik koşullar altında gerilme-deformasyon davranışları incelenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Seçilen deprem kaydının deplasman-zaman, hız-zaman ve ivme zaman grafikleri [8]



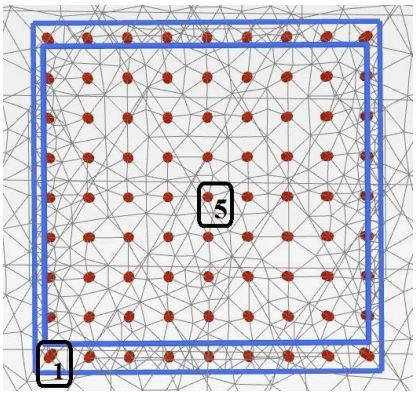
Şekil 5. Analizde kullanılan sonlu elemanlar ağı.

V. BULGUAR

Sonlu elemanlar analizinin ilk aşamasında başlangıç koşulları için sadece jeolojik yük etkitilmiş olup dış yükler etkitilmediğinden bu aşamada gerilme birim deformasyon davranışı dikkate alınmamaktadır. İkinci aşamada statik yapı yükünden kaynaklı olarak gerilme hali oluşmaktadır. Yapı elemanlarının kendi ağırlıklarından kaynaklanan bu gerilme sonucu zeminde oluşan en büyük oturma değeri 37mm olarak bulunmuştur. Zemin kesiti iri daneli zeminlerden oluştuğu için oturma zamana bağlı değil ani bir oturma olarak ele alınmıştır. Bu oturma davranışı literatürde tanımlanan oturma sınırlarının içerisinde kalmaktadır. Ayrıca yapı imalatı aşamasında oturma hareketinin tamamlanacağı ön görüldüğü için zeminde veya yapıda bir problem teşkil etmeyeceği düşünülmektedir.

Üçüncü aşamada yapı, kazık ve zeminin yatay yüklemeler altındaki davranışının ve performansının yorumlanması ve deprem analizleri öncesi fikir sahibi olabilmek için yapının saçak kotuna +x doğrultusunda 10 kN/m'lik bir yükleme gerçekleştirilmiştir. Analizin bu aşamasında yapıdaki deplasmanların yapı temeli ve zeminden daha fazla oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca kazıkların yaklaşık olarak pozisyonlarını korudukları ve zeminde maksimum 4,83 mm'lik bir deplasmanın oluştuğu gözlenmiştir.

Dördüncü aşamada tabakalı zemindeki kazıkların deprem yükleri altındaki davranışı analiz edilmiştir. Deprem analizleri gerçekleştirilen yapının altında 9 metre derinliğinde 65 cm çapında 3x3 karelajla yerleştirilmiş 81 adet kazık bulunmaktadır. Gerek üst yapıdan radye temele aktarılan kolon yükleri ve gerekse de geometrideki simetri nedeniyle, kazık karelajı köşesi ve orta noktasında olmak üzere sırasıyla 1 ve 5 numaralı kazık olarak adlandırılan iki adet kazık seçilerek bu kazıklardaki kesit tesirleri ve yer değiştirmeler incelenmiştir (Şekil 6).

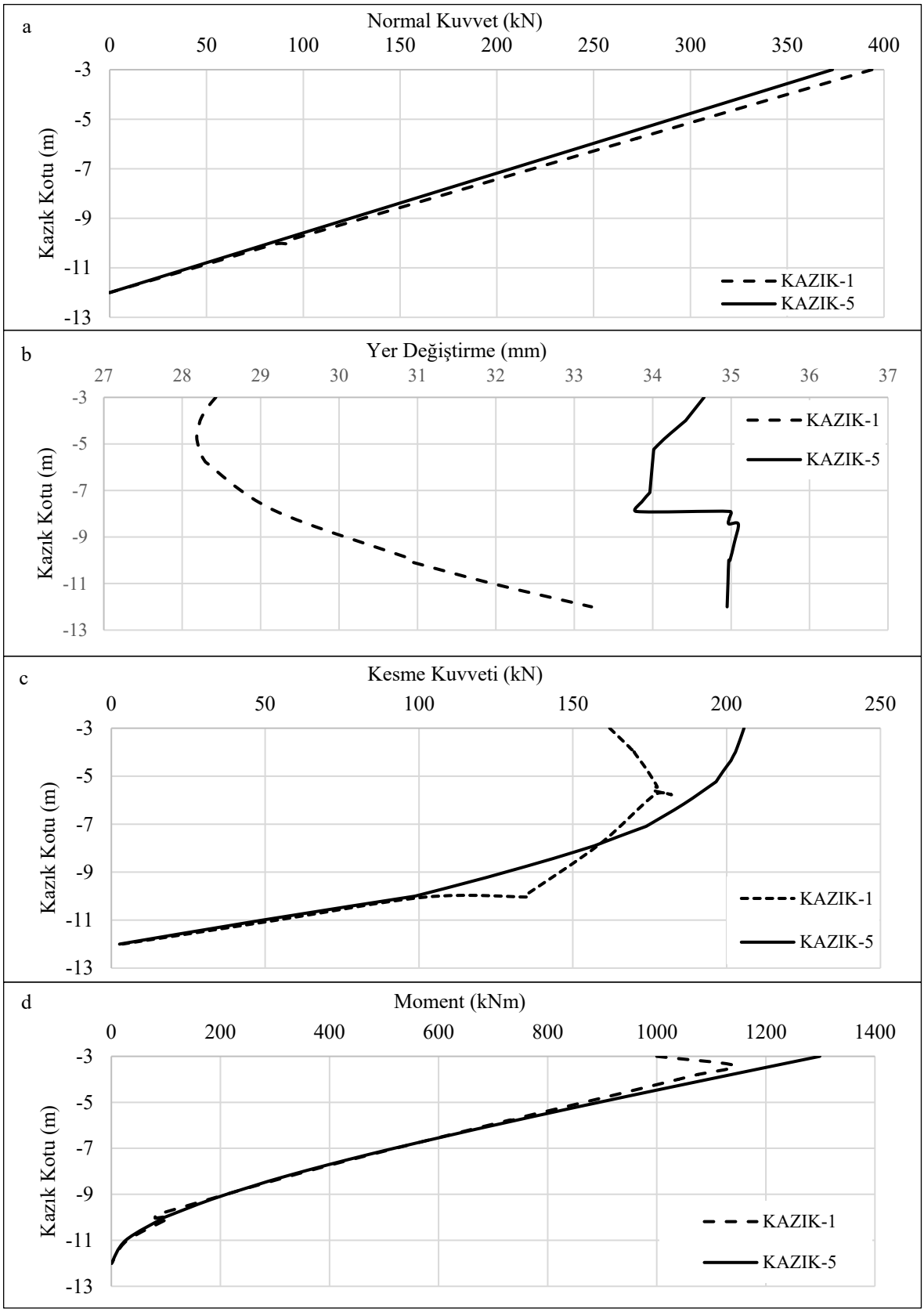


Şekil 6. Kesit tesirleri hesaplanan kazıkların numaraları ve koordinatları.

Dinamik analizlerde kazıklar Şekil 7.a'da verildiği gibi, en fazla 400 kN'luk bir eksenel yüke maruz kalmaktadır. Bu değerler derinlik artışına bağlı olarak azalmaktadır. Kazıkların dinamik yükler altında yer değiştirme değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 7.b'de verilmiştir. İncelen 1 ve 5 numaralı kazıklarda kazık-radye birleşim noktası ve kazık ucundaki yer değiştirme değerleri sırasıyla 1 (28.4mm – 33.1mm) ve 5 (34.6mm – 34.9mm) olarak elde edilmiştir. Depremli durum için kazıkların kesme kuvveti performansları Şekil 7.c'de verilmiştir. Buna göre kesme kuvvetinin en büyük değeri, 1 numaralı kazıkta 175 kN iken 5 numaralı kazıkta 200 kN olarak elde edilmiştir. Seçilen kazıklarda eğilme momentlerinin derinlikle değişimi Şekil 7.d'de verilmiştir. Buna göre, 1 numaralı kazıkta kazık-radye birleşim noktasında moment değeri 1000 kNm iken bu kazıktaki en büyük eğilme momenti 1150 kNm olarak elde edilmiştir. Kazık karelajı merkezinde yer alan 5 numaralı kazıkta kazık-radye birleşim noktasında moment aynı zamanda bu kazıktaki en büyük momenttir ve değeri 1300 kNm olarak elde edilmiştir.

VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, gerçek bir uygulamadan alınan, tabakalı zemindeki kazıklı radye temel sitemi, üç boyutlu sonlu elemanlar paket programı ile dinamik yükleme altında, gerilme birim deformasyon analizine tabi tutulmuş olup, kazık karelajında köşe ve merkezde yer alan iki adet kazıkta yer değiştirme, normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentinin derinlikle değişimi incelenmiştir.Üst yapıdan radye ile kazık birleşim bölgelerine aktarılan yük ve momentler kazık karelajı merkezindeki kazıkta, köşe nokta altındaki kazığa göre daha büyüktür. Bu nedenle deprem yükü etkisi altında 5 numaralı kazık başındaki moment değeri 1 numaralı kazık başındaki moment değerinden büyük elde edilmiştir.Kesme kuvvetinin derinlikle değişim grafiği incelendiğinde, 5 numaralı kazık başındaki görece daha büyük moment değeri etkisi daha net gözlenmektedir.Çalışmada analizi yapılan zemin kesiti gerçek bir uygulamadan alınıp parametrik bir çalışma yapılmadığından, zemin kesitinde, birbirine yakın rijitliklere sahip zemin özellikleri olduğu gibi kullanılmıştır.Zemin kesiti, formasyon değişim bölgesinde, kazık kesit tesirlerinden; kesme kuvveti grafiklerinde, 1 numaralı kazıkta süreksizlik gözlenip, 5 numaralı kazıkta gözlenmemiştir.Bununla birlikte, kazıklarda yer değiştirmenin derinlikle değişim grafiklerinde, zemindeki formasyon değişim bölgesinde, 5 numaralı kazıkta süreksizlik gözlenirken, 1 numaralı kazıkta gözlenmemiştir.Kazıklarda eğilme momentlerinin derinlikle değişim grafikleri incelendiğinde, zemindeki formasyon değişim bölgesinde her iki kazıkta da süreksizlik gözlenmemiştir.İncelenen kazıklardaki en büyük yer değiştirme değeri deprem yüklemesinin 6.5'inci saniyesinde meydana gelmiş olup 35mm değerindedir.



Şekil 7. a) Normal kuvvet, b) Yer değiştirme, c) Kesme kuvveti, d) Eğilme momenti derinlikle değişimi

KAYNAKÇA

[1] Önalp, A.,Sert, S., 2006. Geoteknik bilgisi III Bina Temelleri, İstanbul.

[2] Tomlinson, M.J., Pile Design and Construction Practice, 4. Baskı, Chapman &Hall, London (1993).
[3] Çimen, Ö., Korkmaz, K. A., Keskin, S. N., Ay, Z., & Çarhoğlu, A. İ. Farklı zeminlerdeki kazıklarin deprem davranışının incelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 25(1), 223-236.
[4] Sürücü, B., 2021, Plaxis ile Geoteknik Tasarım, Udemy: https://www.udemy.com/course/plaxis-ile-geoteknik-tasarim adresinden alındı.
[5] Özden G. ve Sütçüoğlu M., 2009, Deprem hareketinin kazıklı temellere kinematik etkileri, Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, 15-17 Nisan 2004, İstanbul, 416-421
[6] Karthigeyan S., Ramakrishna V.V.G.S.T., Rajagopal K., 2006, Influence of vertical load on the lateral response of piles in sand, Computers and Geotechnics, 33, 121-131
[7] Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (1974). *Foundation engineering* (Vol. 75, No. 4, p. 329). LWW.
[8] Plaxis Reference Manual, 2020, Delft University of Technology, Netherlands.
[9] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018, Acil Durum ve Afet Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
[10] Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Uygulaması, 2018, https://tdth.afad.gov.tr/

Seismic Isolation of Equipment and Artifacts with Sliding-Based Systems: A Review

Abdullah Celik[*,1], C. Oktay Azeloglu[1]

[*]abcelik@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4403-2218
[1]*Department of Mechanical Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkiye*

Abstract: Earthquakes seriously threaten sensitive equipment and valuable objects in museums worldwide. Artifacts in museums or equipment in laboratories, hospitals, data centers, and emergicenters should protect against seismic hazards. Seismic isolation is a way to facilitate the dangerous effects of earthquakes on equipment and artifacts, which are separated from their foundation by devices named seismic isolators. Sliding-based seismic isolation systems are one of the most commonly used options to improve seismic safety for structural and non-structural elements. This paper briefly mentions the seismic isolation concept, the isolation approaches, and different types of seismic isolators. This paper reviews sliding-based isolation systems used in equipment and artifacts and current studies on cost-efficient, effective, practical, and novel investigations. The paper's main objective is to present an integrated overview of sliding-based isolation systems to ease upcoming studies and develop future studies for researchers.

Keywords: *Seismic Isolation, Equipment Protection, Sliding Bearings, Museum Artifacts.*

I. INTRODUCTION

Seismic activities may cause damage to artifacts in museums or sensitive equipment in laboratories, hospitals, data centers, and emergicenters. Sensitive equipment or museum artifacts in the structure are exposed to more seismic effects than ground motion due to the dynamic amplification effect [1]. Accordingly, a medium-intensity earthquake may not damage the building, but it causes severe destruction to sensitive equipment or museum artifacts. There are cases where the building is not demolished, but the non-structural elements are strongly damaged [2-5]. In another case, the Madonna in Trono and Sant'Antonio Abate sculptures in the National Museum of Abruzzo, L'Aquila, Italy, shown in Figure 1, were collapsed [6]. For example, significant historical artifacts such as the world's oldest statue [7], "Urfa Man" or "Balıklıgöl Statue," formed at the size of a human, can be irreversibly damaged in a possible earthquake. Consequently, it is crucial to prevent damage to sensitive equipment and museum artifacts.

Today, seismic base isolation for buildings has many accepted systems as a mature technology used in many countries, but it has fewer applications in protecting sensitive equipment and museum artifacts, one of them as shown in Figure 2. Still, seismic isolation is one of the essential precautions to preserve equipment and artifacts. The concept of seismic isolation is quite simple. Instead of increasing the sensitive equipment's or museum artifact's durability, structural components with low horizontal stiffness are placed between the equipment or artifact and the floor, thus separating the equipment or artifact from the horizontal components of ground movements. Therefore, the period of the equipment or artifact is extended, and seismic effects are mitigated.

Fig. 1. Images of different statues collapsed in the L'Aquila Earthquake [6]

Fig. 2. A seismic isolation application of Statue Hermes is located at the Archaeological Museum of Olympia in Greece [8]

There are three methods for seismic isolation, as shown in Figure 3: base isolation, equipment isolation, and floor isolation. The first approach, called base isolation [9], aims to protect the building and the non-structural components by placing isolators between the building and the ground, but this is the most expensive method. In addition, since the seismic demands of the building and the secondary systems such as museum artifacts or sensitive equipment are different, the design criteria of the isolation systems may not be able to provide both demands [10]. In the second method, sensitive equipment or museum artifacts are isolated seismically for every individual piece. Last, in the raised-floor approach a secondary floor system is installed on the structural floor to isolate a group of equipment from seismic excitation.

Although not as much as base isolation, studies have been related to the seismic isolation of sensitive equipment or museum artifacts. These studies offered various types of isolators such as sliding bearings, rubber bearings [12, 13], rolling bearings [14-25], wire rope systems [26, 27, 28], spring-viscous damper systems [29, 30, 31], active-control systems [32, 33], and hybrid systems in which active or semi-active and passive systems are combined [34-37].

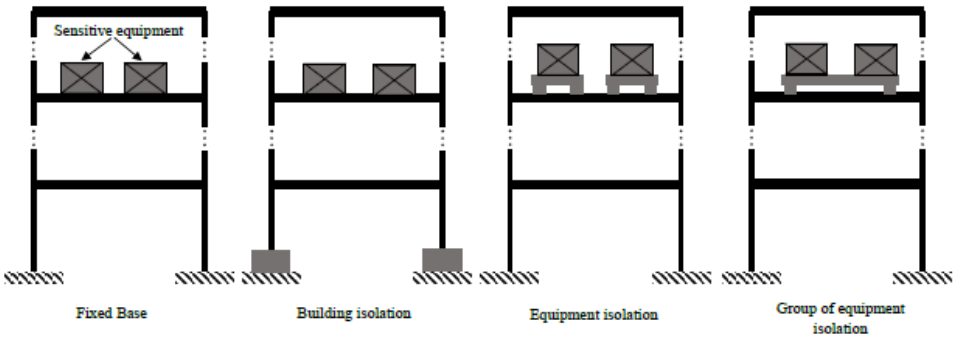


Fig. 3. Schematic view of different isolation approaches [11]

SLIDING-BASED ISOLATION SYSTEMS

Sliding-based systems allow the structure, equipment or artifact to move during severe seismic activities. Initially, only simple systems for structures were proposed, but the isolated structure would be displaced in a pure sliding system since there is no re-centering mechanism. For example, a friction coefficient close to zero will cause a near-infinity displacement. For this reason, different isolation systems have been developed that combine the sliding motion and the restoring force. There are many recent studies on seismic base isolation of buildings with sliding systems [38-42], but fewer on single equipment isolation or isolation of equipment with a raised floor compared to base isolation. This study presents the types of sliding systems used to isolate sensitive equipment or museum artifacts.

A. Friction Pendulum Systems

The friction pendulum system (FPS) is a sliding seismic isolation system with a re-centering mechanism providing restoring force by its geometry. The properties of flexibility and the energy damping of the FPS are not interrelated. Isolation is achieved through sliding motion, and damping is provided with friction. The friction pendulum systems behave like pendulums. Therefore, the period of the friction pendulum system only depends on the system geometry, which is independent of weight. That is essential in using the FPS for equipment and artifact isolation. The period of the FPS:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} \tag{1}$$

Herein, R is the radius of the pendulum, and g is the acceleration of gravity.

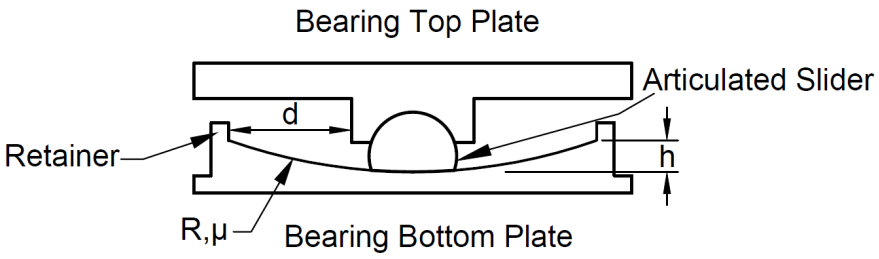


Fig. 4. Cross-section of FPS

A cross-section view of the FPS is shown in Figure 4. An articulated slider is on a spherical sliding surface, and retainers prevent passing beyond the displacement capacity (d). The slider

height (h) is the radial distance between the point around which the slider rotates and the spherical surface. The friction coefficient (μ) depends on velocity. If the static friction limit is not surpassed, the FPS does not move. Therefore, the FPS withstand the movement against minor earthquake or service loads.

Lambrou and Constantinou [43] investigated the performance of FPS for computer floors in three situations: 1- The high friction FPS, 2 and 3 The low friction FPS supported with viscous dampers. They say spherically shaped isolators are the easiest way to extend the period at low loads due to their long isolation period, high displacement capacity, and no stabilization problem.

Ersoy et al. [44] studied the response of a typical transformer isolated by FPS bearings under horizontal and vertical ground motions with different parameters such as various ground motions, maximum ground acceleration, bi-axial motions, and isolator radius. Their examination showed that The FPS is better at decreasing inertia forces at high PGAs. The FPS reduced the inertia by 60% within allowable displacement limits.

Fragiadakis et al. [45] investigated the seismic response of different types and sized real-scale roman statues and replica busts of ancient roman emperors. They compared situations of artifacts between the non-isolated and isolated with a friction pendulum system or a shape memory alloy wires. They used an FPS, which has been designed for low masses. The friction can be large due to low vertical loads for traditional friction pendulum bearings. To increase the weight, friction pendulum systems were used with a group of an artifact standing on a heavy plate. As a result, in most situations, both mitigation methods worked, but especially the FPS was very efficient in all tests.

Fujita et al. [41] developed a friction pendulum system with poly-curvature to avoid the equipment's fall-down during hazardous seismic effects. The fundamental idea of the FPS with poly-curvature is shown in Figure 5. It is an isolator with plural curved surfaces to give the loaded equipment an average natural period derived from longer and shorter curvatures.

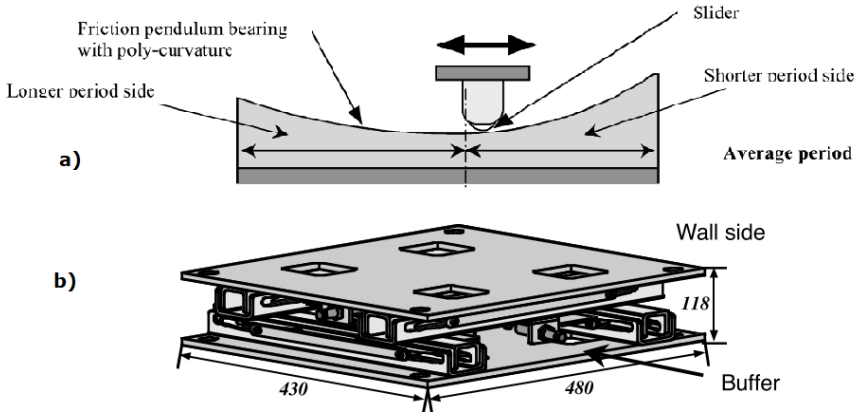


Fig. 5. a) Basic concept of The FPS with poly-curvature b) Schematic view of the system

Tsai et al. [46] offered an isolation device named the trench friction pendulum system (TFPS). The TFPS is comprised of two trenches at the upper and bottom plates and an articulated slider in between these two trenches. These two trenches are transverse and indicate two horizontal directions. The TFPS ensures different periods in the two horizontal directions. This system aims to protect sensitive equipment from seismic hazards with high efficiency and lower cost.

Fig. 6. Image of the TFPS [46]

Hamidi and Naggar [47] proposed the sliding concave foundation system to protect sensitive equipment. A structure or equipment on SCF behaves like a pendulum. The entire isolated structure or equipment rotates around the center of curvature of the sliding surface. The sliding concave foundation (SCF) system isolates the raised floor. SCF can be used to achieve the desired long period for protecting sensitive equipment or museum artifacts. In their research, SCF's capability to decrease the acceleration of the equipment inside a structure is shown, whereas the lateral displacement is within allowable limits.

Panchal et al. [48] investigated the seismic response of liquid storage tanks isolated with variable friction pendulum systems (VFPS) under six near-fault ground motions. The earthquake response of VFPS isolated tanks compared to the same tanks isolated with the traditional friction pendulum system (FPS) was analyzed. The VFPS is similar to FPS, but the friction coefficient is the distinction between FPS and VFPS. The friction coefficient of VFPS is varied in the form of a curve, as shown in Figure 7, whereas The FPS has a constant value.

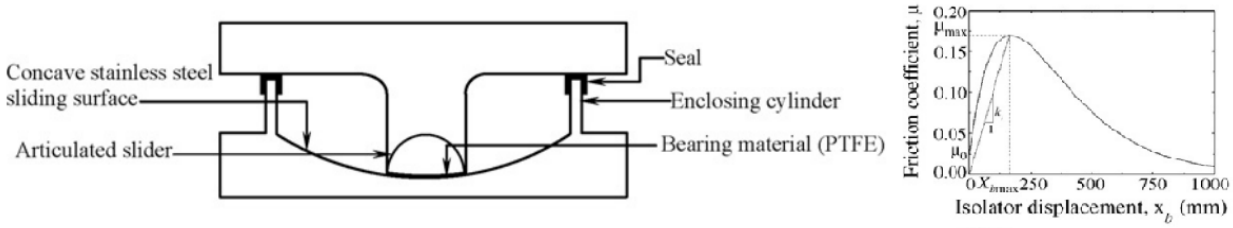


Fig. 7. Cross-section and friction coefficient graph of VFPS

Lu et al. [44] proposed a system of several variable sliding bearings named polynomial friction pendulum isolators. The polynomial friction pendulum isolator is similar to traditional pendulum systems, but an axially symmetric polynomial function defines its sliding surface. Therefore, the isolation period of the polynomial friction pendulum isolator becomes a function of the isolator displacement instead of a constant. This system was tested numerically and verified experimentally. The results of the tests have shown that the polynomial friction pendulum isolator with a floor isolation system is a practicable and efficient floor isolation system.

B. Multi-Spherical Friction Pendulum Systems

In a multi-spherical friction pendulum system, each surface accommodates only a part of the whole demand because sliding is separated among multiple curved surfaces. Therefore, the isolation system can be manufactured as more compact than single friction pendulum bearings. Accordingly, it ensures economic and performance benefits thanks to a large total displacement capacity in a more compact device. For instance, Double friction pendulum system sliding

velocities are around halved in comparison with single friction pendulum system. Consequently, heating and wear are decreased [49]. Cross-section views of the double and triple friction pendulum bearings are shown in Figure 8, respectively.

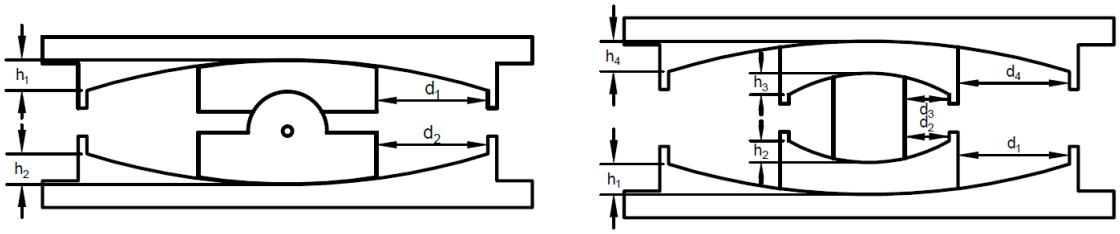


Fig. 8. Double and triple pendulum bearings

Berto et al. [50] investigated the possibility of isolating minor artifacts with a conventional double friction pendulum system. The experimental results showed that the friction coefficients were lower than the conventional ones, commonly varying between 10 and 15%. Their test outcomes and parametric studies suggested an optimization of the classical formula to evaluate the value of initial stiffness accounting for the minimized sizes of the new bearing. The experimental and numerical results demonstrated the overall efficiency of the scaled isolation system.

Tsai et al. [51] experimentally investigated the seismic behavior of high-end server equipment isolated with multiple friction pendulum systems (The MFPS). The MFPS is a multi-spherical sliding bearing that prolongs the period and provides energy absorption due to sliding friction. The shake table tests show that the MFPS mitigates the earthquake answer of the equipment by around 50%. The MFPS was proved both for structure and equipment. Tsai et al. [52] investigated sensitive equipment isolated with the MFPS via shake table tests. Empirical remarks indicate that the offered system can significantly decrease the seismic response of equipment. As a result, the MFPS isolation system is an effective system for isolating both structures and equipment.

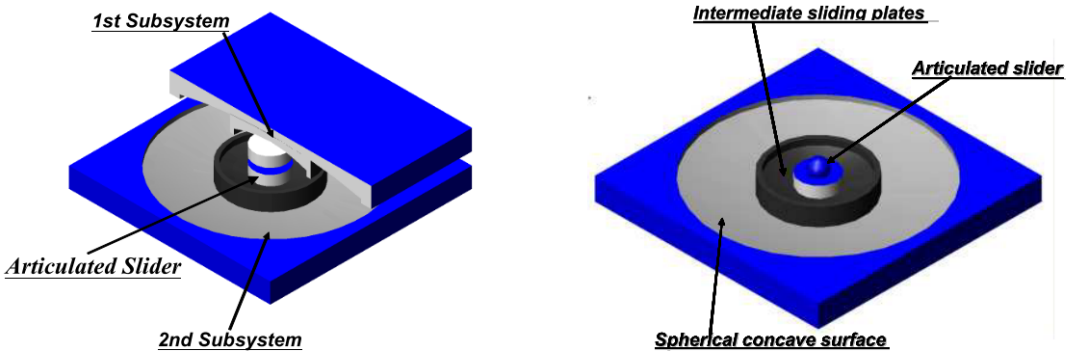


Fig. 9. Exploded and open-up view of The MFPS [52]

Tsai et al. [53, 54] developed an isolator, the multiple direction optimized-friction pendulum system (MDO-FPS), to enhance the seismic durability of buildings and equipment. The MDO-FPS is an innovative device with a variable natural period, damping, and displacement capacity. The system consists of a curved trench path, a spherical surface plate, and an articulated slider. The empirical outcomes exhibit that the MDO-FPS can seriously decrease earthquake responses and that the MDO-FPS is an advantageous device for protecting motion-sensitive equipment from seismic hazards.

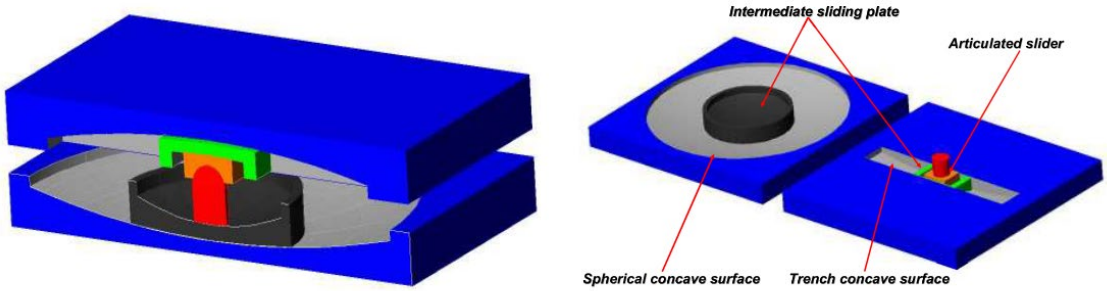


Fig. 10. The MDO-FPS isolation system [54]

II. CONCLUSION

This review study provides information about the seismic risk of sensitive equipment and museum artifacts and seismic isolation, which is one of the most crucial protection methods. Seismic isolation methods are explained, and information about sliding-based isolation devices is given. The main characteristics of these isolation systems have been described. This review summarizes what is available for the development of new sliding isolation devices that can be used to protect equipment and artifacts.

REFERENCES

[1] A. E. Zaghi, E. M. Maragakis, A. Itani, and E. Goodwin, "Experimental and analytical studies of hospital piping assemblies subjected to seismic loading," *Earthq. Spectra*, vol. 28, no. 1, pp. 367–384, 2012.

[2] R. P. Dhakal, "Damage to non-structural components and contents in 2010 darfield earthquake," *Bull. New Zeal. Soc. Earthq. Eng.*, vol. 43, no. 4, pp. 404–411, 2010.

[3] A. Baird and H. Ferner, "Damage to non-structural elements in the 2016 Kaikōura earthquake," *Bull. New Zeal. Soc. Earthq. Eng.*, vol. 50, no. 2, pp. 187–193, 2017.

[4] N. Achour, M. Miyajima, M. Kitaura, and A. Price, "Earthquake-induced structural and nonstructural damage in hospitals," *Earthq. Spectra*, vol. 27, no. 3, pp. 617–634, 2011.

[5] D. Perrone, P. M. Calvi, R. Nascimbene, E. C. Fischer, and G. Magliulo, "Seismic performance of non-structural elements during the 2016 Central Italy earthquake," *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 17, no. 10, pp. 5655–5677, 2019.

[6] F. Parisi and N. Augenti, "Earthquake damages to cultural heritage constructions and simplified assessment of artworks," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 34, pp. 735–760, 2013.

[7] E. Bengisu, "Human History and Göbeklitepe", Ijosper, vol. 7, no. 1, pp. 1-10, Apr. 2020.

[8] A. M. Reinhorn and S. Viti, "Monumental buildings used as museums: Protection or danger for the artifacts?," *Procedia Struct. Integr.*, vol. 29, no. 2019, pp. 40–47, 2020.

[9] F. Naeim and J. M. Kelly, "Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice," *Earthq. Spectra*, vol. 16, no. 3, 1999.

[10] M. Dolce and D. Cardone, "Seismic protection of light secondary systems through different base isolation systems," *J. Earthq. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 223–250, 2003.

[11] M. H. Tehrani, "Design and Assesment of Innovative Dual-Mode Rolling Isolation Systems," *Dr. Philos. Univ. Oklohoma, Sch. Civ. Eng. Environ. Sci.*, 2019.

[12] K. Oikonomou, M. C. Constantinou, Reinhorn A. M., and Yenidogan Cem, "Seismic isolation of electrical equipment '"Seismic Table Simulation,"'" in *Proceedings of the 15th Earthquake Engineering World Conference*, 2012.

[13] A. Reggio and M. De Angelis, "Combined primary-secondary system approach to the design of an equipment isolation system with High-Damping Rubber Bearings," *J. Sound*

Vib., vol. 333, no. 9, pp. 2386–2403, 2014.
[14] O. R. Jaiswal and S. K. Jain, "Optimum design of resilient sliding isolation system to protect equipments," 13 th World Conference on Earthquake Engineering, 2004, vol. 78, no. 11, pp. 74–76.
[15] L. Guerreiro, J. Azevedo, and A. H. Muhr, "Seismic tests and numerical modeling of a rolling-ball isolation system," *J. Earthq. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 49–66, 2007.
[16] M. Ismail, J. Rodellar, and F. Ikhouane, "An innovative isolation bearing for motion-sensitive equipment," *J. Sound Vib.*, vol. 326, no. 3–5, pp. 503–521, 2009.
[17] C. S. Tsai, Y. C. Lin, W. S. Chen, and H. C. Su, "Tri-directional shaking table tests of vibration sensitive equipment with static dynamics interchangeable-ball pendulum system," *Earthq. Eng. Eng. Vib.*, vol. 9, no. 1, pp. 103–112, 2010.
[18] B.-G. Jeon, S.-J. Chang, K.-R. Park, N.-S. Kim, and D.-Y. Jung, "Seismic Performance Evaluation of a Cone-type Friction Pendulum Bearing System," *J. Earthq. Eng. Soc. Korea*, vol. 15, no. 2, pp. 23–33, 2011.
[19] S. Cui, M. Bruneau, and M. C. Constantinou, "Integrated Design Methodology for Isolated Floor Systems in Single-Degree-of-Freedom Structural Fuse Systems," 2012.
[20] S.-J. Wang, C.H. Yu & J.Y. Hsiao, J.S. Hwang, and K.C. Chang & M.S. Tsai, "Development of Sloped Rolling-Type Isolation Devices for Seismic Protection of Important Equipment and Facilities," in *15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE)*, 2012, no. 1.
[21] P. S. Harvey and H. P. Gavin, "The nonholonomic and chaotic nature of a rolling isolation system," *J. Sound Vib.*, vol. 332, no. 14, pp. 3535–3551, 2013.
[22] P. S. Harvey and H. P. Gavin, "Double rolling isolation systems: A mathematical model and experimental validation," *Int. J. Non. Linear. Mech.*, vol. 61, pp. 80–92, 2014.
[23] C. D. Casey, P. S. Harvey, and W. Song, "Multi-unit rolling isolation system arrays: Analytical model and sensitivity analysis," *Eng. Struct.*, vol. 173, no. July, pp. 656–668, 2018.
[24] N. Menga, F. Bottiglione, and G. Carbone, "The nonlinear dynamic behavior of a Rubber-Layer Roller Bearing (RLRB) for vibration isolation," *J. Sound Vib.*, vol. 463, p. 114952, 2019.
[25] V. Koumousis and A. Moysidis, "On the dynamic behavior of nonlinear lightweight isolator for museum artifacts," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, vol. 117, no. October 2017, pp. 251–262, 2019.
[26] G. F. Demetriades, M. C. Constantinou, and A. M. Reinhorn, "Study of wire rope systems for seismic protection of equipment in buildings," 1992.
[27] G. Di, M. Stefano, E. Rocca, and S. Strano, "Sensitive equipments on WRS-BTU isolators," *Meccanica*, pp. 1777–1790, 2013.
[28] N. Vaiana, M. Spizzuoco, and G. Serino, "Wire rope isolators for seismically base-isolated lightweight structures: Experimental characterization and mathematical modeling," *Eng. Struct.*, vol. 140, pp. 498–514, 2017.
[29] Y.-S. Choun, M.-K. Kim, and Y. Ohtori, "The use of a base isolation system for an emergency diesel generator to reduce the core damage frequency caused by a seismic event," *Transactions*, vol. 19, pp. 1–8, 2007.
[30] Y. S. Choun and M. K. Kim, "A performance assessment of a base isolation system for an emergency diesel generator in a nuclear power plant," *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 40, no. 4. pp. 285–298, 2008.
[31] F. Mezghani, A. Fernandez del Rincón, P. Garcia Fernandez, A. de-Juan, J. Sanchez-Espiga, and F. Viadero Rueda, "Effectiveness study of wire mesh vibration damper for sensitive equipment protection from seismic events," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 164, no. June 2021, 2022.

[32] M. S. M.E. Talbott, "Active isolation for seismic protection of operating rooms," 1990.
[33] I. Venanzi, L. Ierimonti, and A. L. Materazzi, "Active Base Isolation of Museum Artifacts under Seismic Excitation," *J. Earthq. Eng.*, vol. 24, no. 3, pp. 506–527, 2020.
[34] L. Y. Lu and G. L. Lin, "Predictive control of smart isolation system for precision equipment subjected to near-fault earthquakes," *Eng. Struct.*, vol. 30, no. 11, pp. 3045–3064, 2008.
[35] J. Y. and P.-Y. L. Yu-Cheng Fan, Chin-Hsiung Loh, "Experimental performance evaluation of an equipment isolation using MR Dampers," *Earthq. Engng Struct. Dyn.*, no. 056, pp. 1–6, 2009.
[36] L. Y. Lu and G. L. Lin, "A theoretical study on piezoelectric smart isolation system for seismic protection of equipment in near-fault areas," *J. Intell. Mater. Syst. Struct.*, vol. 20, no. 2, pp. 217–232, 2009.
[37] H. Salehi, "Application of Robust-Optimum Algorithms in Semi-Active Control Strategy for Seismic Protection of Equipment," in *15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE)*, 2012.
[38] F. Fraternali, N. Singh, A. Amendola, G. Benzoni, and G. W. Milton, "A biomimetic sliding–stretching approach to seismic isolation," *Nonlinear Dyn.*, vol. 106, no. 4, pp. 3147–3159, 2021.
[39] D. Lee and M. C. Constantinou, "Quintuple friction pendulum isolator: Behavior, modeling, and validation," *Earthq. Spectra*, vol. 32, no. 3, pp. 1607–1626, 2016.
[40] H. Keikha and G. Ghodrati Amiri, "Seismic Performance Assessment of Quintuple Friction Pendulum Isolator with a Focus on Frictional Behavior Impressionability from Velocity and Temperature," *J. Earthq. Eng.*, vol. 25, no. 7, pp. 1256–1286, 2021.
[41] P. H. Hoang, H. N. Phan, and V. N. Nguyen, "On the influence of the vertical earthquake component on structural responses of high-rise buildings isolated with double friction pendulum bearings," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 9, 2021.
[42] H. Keikha and G. Ghodrati Amiri, "Numerical Development and Assessment of 3D Quintuple Friction Pendulum Isolator Element Based on Its Analytical and Mathematical Models," *J. Earthq. Eng.*, vol. 25, no. 13, pp. 2718–2757, 2021.
[43] V. Lambrou, M. C. Constantinou, "Study of seismic isolation systems for computer floors," Technical Report NCEER-94-0020, no. May, 1994.
[44] S. Ersoy, M. Ala Saadeghvaziri, G. Y. Liu, and S. T. Mau, "Analytical and experimental seismic studies of transformers isolated with friction pendulum system and design aspects," *Earthq. Spectra*, vol. 17, no. 4, pp. 569–595, 2001.
[45] M. Fragiadakis *et al.*, "Experimental seismic assessment and protection of museum artefacts," *Proc. Int. Conf. Struct. Dyn. , EURODYN*, vol. 2, no. January, pp. 3381–3396, 2020.
[46] C. S. Tsai, W. S. Chen, and Y. C. Lin, "Seismic behavior of high-tech facility isolated with a trench friction pendulum system," *Am. Soc. Mech. Eng. Press. Vessel. Pip. Div. PVP*, vol. 2006, pp. 1–5, 2006.
[47] M. H. and M. H. El Naggar, "On the performance of SCF in seismic isolation of the interior equipment," *Earthq. Engng Struct. Dyn.*, no. 056, pp. 1–6, 2007.
[48] V. R. Panchal and R. S. Jangid, "Variable friction pendulum system for seismic isolation of liquid storage tanks," *Nucl. Eng. Des.*, vol. 238, no. 6, pp. 1304–1315, 2008.
[49] Fenz and M. C. Constantinou, "Development, implementation and verification of dynamic analysis models for multi-spherical sliding bearings : Technical Report MCEER-08-0018," *New York*, 2008.
[50] L. Berto, T. Favaretto, and A. Saetta, "Seismic risk mitigation technique for art objects: Experimental evaluation and numerical modelling of double concave curved surface sliders," *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 11, no. 5, pp. 1817–1840, 2013.

[51] C. S. Tsai, M. J. Chen, C. K. Cheng, and S. H. Yu, "Experimental study of MFPS-isolated sensitive equipment," *Am. Soc. Mech. Eng. Press. Vessel. Pip. Div. PVP*, vol. 8, pp. 11–17, 2005.

[52] C. S. Tsai, Y. M. Wang, and H. C. Su, "Experimental Evaluation of the Multiple Friction Pendulum System with Several Sliding Interfaces in Reducing the Seismic Responses of Buildings and Equipments," no. 2006, 2012.

[53] C. S. Tsai, W. S. Chen, T. C. Chiang, and Y. C. Lin, "Application of direction optimized-friction pendulum system to seismic mitigation of sensitive equipment," *Am. Soc. Mech. Eng. Press. Vessel. Pip. Div. PVP*, vol. 8, pp. 139–145, 2008.

[54] C. S. Tsai, H. C. Su, and Y. M. Wang, "Experimental Investigation on Seismic Mitigation of Motion Sensitive Equipment Using Multiple Direction Optimized-Friction Pendulum System With," pp. 1–9, 2012.

Üzümlerdeki *Fusarium* Türleri ve Mikotoksinleri

Fusarium Species and Mycotoxins in Grapes

Gülçin ÖZCAN ATEŞ

*gulcinozcan@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8467-2378
[1]*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, Çanakkale, Türkiye*

Özet: Üzüm, taze olarak ya da çeşitli şekillerde işlenerek tüm dünyada farklı şekillerde tüketilmektedir. Gıda ürünlerinin güvenliğinin yönetimi mikrobiyal gelişmeyi kontrol etme amacıyla tarladan başlayıp, soframıza kadar olan süreçte devam etmektedir. Üzümler farklı fizyolojik özellikleri sebebiyle bakteri, maya ve küfleri içeren son derece karmaşık bir mikrobiyotaya sahiptir. Küfler ise üzümlerde yaygın olarak bulunan mikroorganizma grubudur. Üzümlerde bulunan mikroorganizmalardan bazıları meyve dokusunu enzimatik olarak doğrudan yok eder; bazıları ise olgunlaşmayı engeller. Bununla birlikte üzümler en fazla küflere duyarlıdır. Üzümlerin küflere olan duyarlılığı genellikle elverişli çevre koşullarının ve uygun olmayan fitokimyasal uygulamaların bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca üzüm tanelerinde meydana gelen kabuk kırılmaları ya da üzümün olgunlaşmasına bağlı olarak yumuşaması, üzüm tanelerinin küf kontaminasyonu riskini arttırmaktadır. Üzümlerde meydana gelen hastalıklar çevresel koşullarla hızla yayılarak şiddetli enfeksiyonlara neden olabilir. Üzüm bağlarında *Plasmopara viticola* küfü tüylü küf, *Erysiphe necator* küfü küllenme ve *Botrytis cinerea* küfü salkım çürüklüğü hastalığına neden olmaktadır. Salkım çürüklüğüne sebep olan *Botrytis cinerea* küfü meyvelere zarar veren ve organoleptik özellikler üzerinde zararlı etkisi olan bir patojendir. Üzümlerde hastalıklara neden olan patojenik küflerin yanı sıra üzümün şekerini ve amino asitlerini kullanan epifitik funguslar üzümleri kolonize edebilir. Üzümlerden en sık izole edilen küf türleri arasında *Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Cladosporium, Fusarium, Moniliella, Penicillium, Phythophthora* ve *Rhizopus* cinsleri bulunur. Üzüm bağlarında bulunan küfler genellikle üzümlerin çürümesine neden olmaktadır ve ayrıca mikotoksin üretebilirler. Üzümlerde bulunan *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsleri mikotoksin üretiminden sorumlu olan iki cinstir. Okratoksin A mikotoksini üretmesi sebebiyle özellikle *Aspergillus* cinsi küfler ana endişe kaynağıdır. Bununla birlikte üzüm ve ürünlerinde görülen diğer mikotoksinler aflatoksin ve patulindir. Bu mikotoksinler için yasal limitler bulunmaktadır. Üzüm ve ürünlerinde bulunan mikotoksijenik türler olan *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri ile ilgili detaylı çalışmalar mevcuttur. Literatürdeki çalışmalarda bu cinslere ait elde edilen izolatlar tür düzeyinde tanımlanmıştır ve mikotoksin üretme potansiyelleri belirlenmiştir. Yine literatürdeki çalışmaların çoğunda üzümlerdeki mikrobiyota belirleme çalışmaları cins düzeyinde kalmış ve belirli bazı mikotoksinleri belirlemeye yönelik yapılmıştır. Üzüm ve ürünlerinde daha az bulunan cinsler ile ilgili çalışmalar ise sınırlı kalmıştır. *Alternaria* ve *Fusarium* gibi mikotoksijenik türlerin üzüm ve ürünlerinde bulunma olasılığı ve ürettikleri mikotoksinler ile ilgili çalışmalar da literatürde sınırlıdır. Mikotoksin üretimi küf türünün karakteristiğidir ve bu nedenle türlerin tanımlanması potansiyel mikotoksin tehlikelerini tahmin edebilmede önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada *Fusarium* cinsinin özellikleri ve ürettikleri mikotoksinler ile üzümlerde bulunması ile ilgili literatürde yer alan sınırlı sayıdaki çalışma ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: *Fusarium, Üzüm, Mikotoksin.*

Abstract Grapes are consumed either fresh or processed in different ways all over the world, in various ways. The management of food products' safety continues from the field to our table to control microbial development. Grapes have an extremely complex microbial ecology that includes bacteria, yeasts, and molds due to their different physiological characteristics. Molds are a group of microorganisms commonly found on grapes. Some of the microorganisms in grapes destroy the fruit tissue enzymatically; others prevent maturation. However, grapes are most susceptible to mold. The susceptibility of grapes to molds is generally the result of favorable environmental conditions and inappropriate phytochemical applications. Diseases occurring in grapes can spread rapidly with environmental conditions and cause severe infections. *Plasmopara viticola* causes downy mildew, *Erysiphe necator* causes powdery mildew, and *Botrytis cinerea* causes bunch rot disease in vineyards. *Botrytis cinerea*, which causes cluster rot, is a pathogen that damages fruits and has a detrimental effect on organoleptic properties. Pathogenic molds that cause disease in grapes and ubiquitous epiphytic fungi that use the grape's sugars and amino acids can colonize grapes. The most commonly isolated mold species from grapes include *Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Cladosporium, Fusarium, Moniliella, Penicillium, Phytophthora*, and *Rhizopus* genera. Molds found in vineyards often cause vines to rot and can also produce mycotoxins. *Aspergillus* and *Penicillium* genera found in grapes are the two genera responsible for mycotoxin production. Moreover the cracking of the skin of the grapes or the softening of the grapes due to ripening increase the risk of mold contamination. Due to the production of ochratoxin A mycotoxins, the main concern is molds of the genus *Aspergillus*. In addition, aflatoxin and patulin mycotoxins can be found in grapes and their products. There are legal regulations for these mycotoxins. There are detailed studies on *Aspergillus* and *Penicillium* species, which are mycotoxigenic species found in grapes and their products. In studies conducted in the literature, isolates of these genera were identified at the species level, and their mycotoxin production potentials were determined. Again, in most of the studies in the literature, microbiota determination studies in grapes remained at the genus level and were carried out to determine certain mycotoxins. Studies on less common grape varieties and products have been limited. Studies on the possibility of mycotoxigenic species such as *Alternaria* and *Fusarium* in grapes and their products and the mycotoxins they produce are also limited in the literature. Mycotoxin production is characteristic of mold species, so species identification is important in estimating potential mycotoxin hazards. Therefore, in this study, a limited number of studies in the literature on the characteristics of the Fusarium genus, the mycotoxins they produce, and their presence in grapes are discussed.

Keywords: *Fusarium, Grape, Mycotoxins.*

I. GİRİŞ

Meyvelerin birçoğu yüksek su aktivitesi ile birlikte yüksek düzeyde şeker ve diğer besinleri de içermesi bakımından mikrobiyal üreme için mükemmel bir ortamdır. Çoğu bakteri nötre yakın pH değerlerinde gelişim gösterdiğinden, meyvelerin sahip oldukları düşük pH değerleri, meyveler üzerinde özellikle fungal mikroorganizmaların gelişmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle de meyvelerde özellikle küfe bağlı bozulmalar daha yaygındır [1-3].

Bazı küf türleri bitki patojenidir ve bozulmaya tarladan başlayarak neden olurlar. Diğer küfler ise tarladaki meyveleri kontamine ederek çoğalır ve ancak bitki savunması azaldığında ya da ortadan kalktığında bozulmaya neden olabilir. Meyvelerin küf ile kontamine olması ve bozulması yetiştirme, hasat, hasat sonrası depolama, nakliye ve pazarlama gibi çeşitli aşamalarında meydana gelebilir. Sonuç olarak hasat öncesi veya hasat sonrası meyvelerin küf

ile kontaminasyonu veya bozulması büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tüm bunlara ek olarak meyveyi kontamine eden küf türü patojenik ya da toksijenik türlerden biri olabilir. Bu durumda ise tüketici için ciddi sağlık riski oluşturmaktadır [1-3].

Üzüm meyvesi ise özellikle hasat sonrasında meydana gelen küf bozulmaları depolama sürecince meyvenin kalitesini etkileyen en önemli problemdir. Üzümler depolama süresince *Aspergillus, Botrytis, Fusarium, Penicillium, Rhizopus* ve *Mucor* gibi hasat sonrası patojenleri tarafından kontamine olabilmektedir. [3-7]. Bu küf cinlerine ait bazı türler toksijenik olup, meyveler üzerinde gelişirken mikotoksin üretebilir. Meyveler üzerinde gelişen bazı küfler ise patojeniktir ve duyarlı bireylerde enfeksiyonlara veya alerjilere neden olabilir [1]. Bu nedenle bu derleme çalışmasında hem mikotosijenik hem de patojenik türleri barındıran *Fusarium* cinsi küflerin üzümlerde bulunma olasılığı ile ürettikleri mikotoksinlerin üzüm meyvesi açısından önemi ele alınmıştır.

II. ÜZÜM

Üzüm, *Vitaceae* ailesine ait *Vitis* spp cinsinin üyesi olan çok yıllık bir asma olup, üzüme dair ilk kanıtlar M.Ö. 8000 yıllarda Güney Avrupa'da bulunmuştur. Bağcılık Tunç Çağının (M.Ö. 3000 yılları) geç evrelerinde olduğuna dair kanıtlar ise Akdeniz Bölgesi'nde tespit edilmiş. Günümüzde birçok *Vitis* spp. *türü* bulunmaktadır. Antik *V. vinifera* L. türü ise özellikle Güney Avrupa, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresine özgün bir türdür. *V. vinifera* çeşidi dünyada üretilen üzümlerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bağcılık dünya üzerinde genellikle 20° ile 51° enlemleri arasındaki bölgelerde yapılmaktadır. Tropik bölgelerde verimin zayıf olmasına rağmen, çeşitli varyeteleri tropikal ve nemli iklimlerde bulunma sınırını genişletmiştir [8].

Üzüm içerdiği doğal şekerler, vitaminler ve lif ile besleyici bir meyvedir. Üzüm ekonomik değeri yüksek olan bir meyve olup, taze, kuru üzüm, meyve suyu, reçel, jöle, pekmez ve şarap gibi birçok kullanım alanına sahiptir [8].

III. FUSARİUM

Fusarium türleri ayak şeklindeki bazal hücre ve çok ya da az gagalı apikal hücre ile makrokonidya olarak isimlendirilen bölmeli, fuziform hilal şekilli konidyaları ile tanımlanan karakteristik bir cinstir. Makrokonidya sporodokya olarak bilinen ayrı kesecikli ya da pionnotlar olarak bilinen yapışık ve sümüksü yapılar üretebilmektedir. *Fusarium* kültürlerinde makrokonidya oluşumunu teşvik etmek için ışık kullanılması çok önemlidir. *Fusarium* türleri kolonileri çoğunlukla hızlı gelişmektedir ve pembe, kırmızı, mor ve kahverengi tonlarında parlak veya soluk olabilen havasal miselyumlar içermektedir. Genellikle sporlar krem, somon, pembe ya da turuncu olan alanlarda bulunurken, nadiren koloniye yayılmıştır ve sıklıkla da bulunmamaktadır [9].

Fusarium cinsi, kozmopolit hiyalin ipliksi küf türlerini içermektedir. Ascomycota filumu içindeki Hypocreales takımının Nectriaceae familyasına aittirler. Havada, suda, bitkilerde, böceklerde, toprakta ve organik substratlarda bulunabilirler. Konak ilişkileri, morfoloji ve moleküler karakterizasyonlara dayanarak *Fusarium* cinsinin 22 tür kompleksinde tanınan en az 200 türden oluştuğu tahmin edilmektedir. En yıkıcı bitki patojeni ve mikotoksijenik küfler arasındadırlar. Tarım endüstrisinde, mahsul veriminin azalması nedeniyle multi milyar dolarlık kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca, insan ve hayvanlardaki enfeksiyonlardan sıklıkla rapor edilirler. Neden olduğu bazı önemli bitki hastalıkları, hububatlarda baş yanıklığı, bezelyede kök çürüklüğü, mısırda kulak çürümesi, soya fasulyesinde ani ölüm sendromu ve çok sayıda tarımsal üründe damar solgunluğudur. Bitkilerde en önemli iki türü *Fusarium*

graminearum ve *Fusarium oxysporum* olup, bitkilerin ilk beş fungal patojeni arasındadır. Hayvanlarda, *F. oxysporum* gibi türler, bağışıklığı baskılanmış farelerde enfeksiyonlara neden olabilmektedir. İnsanlarda, keratit veya onikomikoz gibi yüzeysel olabilen topluca fusariosis olarak adlandırılan enfeksiyonlara neden olmaktadırlar. Bununla birlikte genellikle ciddi şekilde bağışıklığı baskılanmış hastalarda selüloit, sinüzit veya intertrigo gibi lokal invaziv; derin veya yaygın enfeksiyonlara sebep olmaktadır. İnsanlardaki *Fusarium* enfeksiyonlarının yaklaşık %70'ine *F. oxysporum* ve *Fusarium solani* neden olurken, *F. solani* daha patojeniktir ve enfeksiyonların %50'sinden sorumludur. *Fusarium moniliforme* veya *Fusarium fujikuroi* nispeten daha az yaygın türler olup, insan enfeksiyonlarının %10'unu oluşturmaktadır [10].

Fusarium türleri topraklarda özellikle ekim yapılmış alanlarda yaygın olarak bulunmaktadırlar. Selülozik bitkisel maddelerin parçalanmasında aktif rol oynamaktadırlar. Meyve ve sebzelerin köklerinin depolama sürecinde bozulma temel etmenidir ve genellikle hasat öncesi hububat ve bakliyatların kontaminasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte *Fusarium* toksin üreten küf cinslerinden biri olup, 50'den fazla mikotoksin ürettiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir [9].

IV. MİKOTOKSİNLER

Küfler tarafından üretilen toksinlere "mikotoksinler" denir. Mikotoksinler, küfler olgunluğa ulaştıktan sonra normal metabolizması sırasında üretilen sekonder metabolitlerdir. Molekül ağırlığı 50 Da'ya kadar olan basit heterosiklik halkalardan, toplam moleküler ağırlığı > 500 Da olan 6-8 düzensiz düzenlenmiş heterosiklik halkalı gruplara kadar değişen kimyasal yapılara sahip moleküllerdir. Çalışmalar, en az 400 farklı mikotoksin olduğunu göstermektedir [11].

Hem küflerin gelişmesi hem de mikotoksin üretimi için çeşitli fiziksel ve kimyasal şartlara ihtiyaç vardır. Gıdalarda küf kontaminasyonu; gıdanın veya tarım ürünün çeşidi, ürünün kimyasal bileşimi, ürünün yetiştirildiği iklim, ürünün olgunluk düzeyi, tarım ürünlerinin hasadı, kültürel işlemler, depolama gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Gıda ürününde mikotoksin üretiminde ise özellikle optimum sıcaklık ve su aktivitesi önemli bir yere sahiptir. Bunlara ek olarak besinsel faktörler, atmosferik O_2 ve CO_2 düzeyleri, substrat tipi, diğer mikroorganizma türlerinin bulunması, coğrafik konum, genetik faktörler, depolamada havanın bağıl nemi, diğer modifiye atmosfer gazları, ışık, süre, pH gibi birçok faktör sıralanabilir. Tüm bu faktörler dışında mikotoksin üretimi için en önemli faktör gıdanın mikrobiyotasında mikotoksin üreticisi küf olup olmadığıdır. Mikotoksin üreticisi küf türü yok ise tüm şartlar uygun bile olsa mikotoksin üretimi görülmez. [11-16].

Hem toksijenik hem de patojenik küflerin çevremizde geniş yayılım göstermesinden dolayı küfler ve mikotoksinler gıda ve yemlerde bulunan en önemli kontaminantlardır. Küfler ve mikotoksinler hasat öncesi ve sonrası veya işleme, depolama gibi birçok farklı aşamada ortaya çıkabilir. Dolayısıyla gıdanın kalitesi olumsuz yönde etkilenir. Farklı mikotoksin türleri olmasına karşın sadece birkaç tanesi özellikle gıda güvenliği açısından önem arz etmektedir. Gıdalarda ve yemlerde özellikle kommensal olan *Aspergillus, Penicillium* ve *Fusarium* türleri bulunmaktadır ki bu türler aynı zamanda mikotoksijenik türlerdir. *Fusarium* cinsi ek olarak bitki patojenidir [11-16].

Mikotoksinler, insanlar ve hayvanlarda tanımlanmış ya da tanımlanamamış birçok sağlık problemine neden olmaktadır ve gıda ürünlerinden alınan mikotoksin sonucu gelişen klinik tabloya "mikotoksikoz" denir. Gerçekten de, küçük miktarlarda bile emildiğinde, mikotoksikozlar akut veya kronik hastalıklara neden olabilir. Fakat mikotoksikozun tanımlanması oldukça zordur ve çoğunlukla birçok hastalıkla birlikte tanımlanan bir durumdur. Klinik tablo; görülen belirtilerin etkileri, şiddeti, hastalığın tipi, alınan mikotoksin

türü ve miktarı, diğer mikotoksinlerin varlığı ve miktarı, kişinin fiziksel durumu ve beslenmesi gibi birçok faktörden etkilenerek farklılık göstermektedir. Vücuda alınan mikotoksin miktarı açısından baktığımızda; iki farklı etki görülmektedir. Düşük dozda mikotoksin alımında karaciğer, böbrek gibi çeşitli organlarda hastalıklar ve dejenerasyonlar, bağışıklık sisteminde bozukluklar, üremede azalma, kilo kaybı vb. kronik hastalıklar görülürken, yüksek dozda mikotoksin alımında ise akut toksik etki oluşabilir ve çok kısa bir sürede ölüm gerçekleşebilir. Bazen ise deri nekrozları, lökopeni ve immünosüpresif etkiler görülebilir ve hayatı tehdit eden ciddi hastalıklar oluşabilir. Mikotosinler veya küflerin ürettiği sekonder metabolitler insan ve hayvanlar için toksik olduğu gibi, bazı bitkiler (fitotoksinler) veya diğer mikroorganizmalar (bakteriler için antibiyotikler) için de toksiktir [11-19].

Mikotoksinler; karaciğer, böbrek, akciğerler gibi organlar ve sinir, endokrin ve bağışıklık sistemleri üzerinde gözlenen bazı etkilere dayalı olarak kanserojenler, mutajenler (genotoksik), teratojenler veya immüno-toksinler olarak sınıflandırılmıştır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (The International Agency for Research on Cancer, IARC)'na göre mikotoksinler 5 gruba ayrılmıştır:

- Grup 1 (insan kanserojen)
- Grup 2A (olası insan kanserojen)
- Grup 2B (olası insan kanserojen)
- Grup 3 (yetersiz bilgi)
- Grup 4 (Kanıt yok) [19].

TABLO I

BAZI MIKOTOKSINLERIN ÇEŞITLI ETKILERI VE NEDEN OLDUKLARI HASTALIKLAR [11-19].

Mikotoksin	Üreten Küf	Gıda Ürünü	Oluşturduğu Etki
Fumonisin B1, B2, B3 ve B4	*Fusarium anthophilum, F. dlamini, F. moniliforme, F. napiforme, F. nygamai, F. proliferatum, F. subglutinans, F. verticillioides*	Mısır ve Mısırlı Ürünler, Kuşkonmaz, Pirinç, Süt	Hepatotoksik, İmmünotoksik, Kanserojenik (Böbrek, Özafagus, Karaciğer), Nörotoksisite (Beyin Ödemi)
Tip A Trikotesen: T-2 ve HT-2 Toksin, Diacetoxyscirpenol, Neosolaniol	*Fusarium acuminatum, F. culmorum, F. equisetii, F. graminearum, F. moniliforme, F. myrothecium, F. poae, F.sporotrichioides*	Tahıllar, Tahıl Bazlı Ürünler	Dermatoksisite, Gastrointestinal Kanama, Hematopoetik Etki, İmmünosüpresif, Mutajenik, Nörotoksik
Tip B Trikotesen: Nivalenol, Deoxynivalenol, 3-Acetyldon,15-Acetyldon, Fusarenon X	*Fusarium cerealis, F. culmorum, F. graminearum, F. lunulosporum F. sporotrichioides*	Tahıllar, Tahıl Bazlı Ürünler	Dermatoksisite, Gastrointestinal Kanama, Hematopoetik Etki, İmmünosüpresif, Mutajenik, Nörotoksik
Zearalenon (ZEN), ZAN α- ve β-ZOL	*Fusarium crookwellense, F. culmorum, F. equisetii, F. graminearum, F. sporotrichioides*	Arpa, Buğday, Pirinç, Soya Fasulyesi, Susam, Tahıl Bazlı Ürünler, Yulaf	Östrojenik Etki (Erkeklerin Kadınlaşmasına, Kadınlarda Meme Hipertrofisi, Vajinal Prolapsus, Vulva Ödemi), Üreme Bozuklukları (Kısırlık)

Fusarium türleri tarafından üretilen mikotoksinlerin kimyasal yapıları ve neden olabilecekleri mikotoksikozların özellikleri ve neden oldukları hastalıklar Tablo 1.'de verilmiştir [11-19].

A. Fumonisinler

İlk olarak 1988 yılında belirlenen fumonisinler özellikle *Fusarium verticillioides* (daha önceleri *Fusarium moniliforme* olarak tanımlanan), *Fusarium proliferatum* ve *Fusarium nygamai* türleri ile *Alternaria alternata f.sp. lycopersici* tarafından üretilmektedir. Bununla birlikte *Fusarium anthophilum, Fusarium dlamini, Fusarium napiforme, Fusarium*

subglutinans, Fusarium polyphialidicum ve *Fusarium oxysporum* türlerini de fumonisin üreticileridir [11, 19].

Fumonisinler, B1 (FB1, FB2, FB3 and FB4), A1, A2, A3, AK1, C1, C3, C4, P1, P2, P3, PH1a ve PH1b olmak üzere 16 maddeyi içeren bir grup floresans olmayan mikotoksindir. IARC tarafından Grup 2B olarak sınıflandırılan, doğada en bol bulunan ve toksik olanları ise FB1 ve FB2'dir. [11, 19].

Fumonisinlerin oluşabilmesi için 0.9-0.995 su aktivitesi, 15-30°C sıcaklık ve 11-13 hafta gibi bir süre gerekmektedir. Isıya dayanıklı olan fumonisinler 78°C'de pH 4,8–9 aralığında tampon çözeltilerde de kararlı bileşiklerdir. Kolay analitik tespit için aromatik bir yapıya veya benzersiz bir kromofora sahip olmayan fumonisinler organik çözücülerde (kloroform ve heksan) çözünen diğer mikotoksinlerin aksine, su, asetonitril-su veya metanolde çözünürler [11, 19]. Fumonisinleri suda çözünmelerine sebep kimyasal yapısında yer alan 2 trikarbalilik gruplu birincil aminlerdir (3 bağlanma pozisyonunun sadece 1'inde karbon grubu ikamesi) [12].

Fumonisinler için mısır, mısır bazlı gıdalar ve diğer tahıllar (sorgum ve pirinç gibi) en iyi substratlar iken, yer fıstığı ve soya fasulyesi zayıf substratlarıdır. Fumonisinlerin gıda ve yem ile alımına bağlı olarak insan ve hayvan sağlığına zararlı etkileri arasında özofagus ve karaciğer kanserojenleri, nörotoksisite ve genotoksisite de bulunmaktadır. Bu nedenle fumonisinlerin olumsuz etkilerini engellemek için gıda ve yemdeki fumonisinlerin maksimum kabul edilebilir seviyesi Avrupa Komisyonu (EC) tarafından 0,2-4 µg/kg ve Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından 2-4 µg/kg olarak belirlenmiştir [11, 12, 19].

B. Trikotesenler

Trikotesenler, esas olarak *F. graminearum, F. culmorum, F. crookwellense, F. sporotrichioides, F. poae, F. tricinctum* ve *F. acuminatum* gibi *Fusarium* cinsine ait küfler tarafından üretilen bir grup mikotoksindir. *Fusarium* cinsi dışında *Cephalosporium, Myrothecium, Phomopsis, Stachybotrys, Trichoderma, Trichothecium* ve *Verticimonosporium* cinslerinin bazı üyeleri de trikotesen üreticileridir [11, 12, 15, 19].

Trikotesenler, yaklaşık 180 farklı metabolitten oluşan, seskiterpenoidler olarak adlandırılan, yakından ilişkili bir grup bileşikten oluşur. Tüm trikotesenler, bir tetrasiklik 12,13-epoksitrikoten iskeletine ve çeşitli yan zincir ikameleriyle olefinik bir bağa sahip olmaları ile karakterize edilmektedir. Tanımlanan çok sayıda moleküle rağmen, bunlardan birkaçı doğal olarak meydana gelir ve sadece birkaçı insan sağlığı açısından önemlidir. Deoksinivalenol (DON) (Vomitoksin olarak da bilinir), nivalenol (NIV), toksin T2, toksin HT2 ve diasetoksiscirpenol (DAS) en önemli trikotesenlerdir. Trikotesenler, ökaryotik protein sentezini inhibe etme, protein sentezinin başlatma, uzatma ve sonlandırma aşamalarına müdahale etme konusundaki güçlü kapasiteleriyle bilinirler. Trikotesenler, peptidil transferaz aktivitesinin inhibisyonunda rol oynadığı kanıtlanmış ilk bileşiklerdir [11, 12, 15, 19].

Vomitoksin olarak da bilinen Deoksinivalenol (DON) esas olarak *F. graminearum* ve bazı coğrafi bölgelerde *F. culmorum* tarafından üretilen trikotesendir. DON, bu organizmalar tarafından üretilen başka bir mikotoksin olan zearalenon ile birlikte bulunabilir. DON, Tip B makrosiklik olmayan trikotesenler adı verilen mikotoksin sınıfına aittir ve floresan değildir. DON, mısır, buğday, yulaf ve arpa gibi tahıllarda küçük taneleri etkileyen en yaygın olarak bulunan mikotoksindir. Tahıl ürünleri iyi koşullar altında (<%14 nem) depolanırsa böcek zararlılarının kontrolü dahil bu toksijenik küfün üremesi en aza inecektir ve depolamada daha fazla DON oluşmayacaktır [11, 12, 15, 19].

DON eğer yemler ile hayvanlar tarafından fazla alınırsa mide bulantısı, kusma ve ishale neden olur. Domuzlar, bu toksinden en çok etkilenen ve kontamine tahıl alımını azaltan hayvanlardır; onu yerlerse kusabilirler. Domuzlar ve diğer hayvanlar tarafından küçük

dozlarda alındığında kilo kaybına ve yemek yemeyi reddetmeye neden olabilir. Deoksinivalenol tarafından indüklenen bu semptomlar nedeniyle, vomitoksin veya gıda reddetme faktörü olarak bilinir. Diğer trikotesenlerden daha az toksik olmasına rağmen DON, aspir, arpa, çavdar ve buğday tohumlarında ve yem karışımlarında daha yaygındır. DON, immünosupresiftir ve hayvanlarda böbrek problemlerine neden olabilir. 1 µg/g'nin üzerindeki seviyelerin bu hayvanlar için potansiyel olarak zararlı olduğu kabul edilir. DON seviyeleri ile ilgili olarak EC ve FDA tarafından yayınlanan katı düzenlemeler bulunmaktadır [11, 12, 15, 19].

T-2 ve HT-2 toksinleri ise Tip A makrosiklik olmayan trikotesenler adı verilen mikotoksin sınıfına aittir. T-2 toksini ilk olarak 1968 yılında *F. tricinctum* türünde belirlenmiştir. T-2 toksininin üretiminden sorumlu olan tür *F. sporotrichioides* olup, *F. poae, F. equiseti* ve *F. acuminatum* türlerini de bu toksini üretmektedirler. Bu türlerin bazı suşları aynı kimyasal sınıfa ait HT-2 toksin ve diasetoksiscirpenol (DAS) toksinlerini de üretebilirler. T-2 ve HT-2 toksinlerinin üretimi için optimal su aktivitesi ve sıcaklık koşulları sırasıyla 0.98-0.995 ve 20-30ºC arasında olduğu belirtilmiştir. T-2 ve HT-2 toksinleri etil asetat, aseton, kloroform, diklorometan ve dietil eterde yükse ortamda çözünmektedirler. Buğday, mısır, yulaf, arpa, pirinç, fasulye ve soya fasulyesi gibi tahıllarda ve bazı tahıl bazlı ürünlerde bulunur. Düşük nem ve böcek kontrolü ile yeterli depolama, küf üremesi ve T-2 toksin üretimini en aza indirmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde T-2 toksini nadiren bulunur ve bulunursa, muhtemelen ürünlerin yetersiz depolanmasından kaynaklanır [11, 12, 15, 19].

T-2 ve HT-2 toskinleri IARC tarafından Grup 3'te sınıflandırılmaktadır. T-2 toksini ve diğer trikotesenler protein sentezini inhibe eder ve sonrasında DNA ve RNA sentezinin ikincil bozulmalarına neden olurlar. T-2 veya HT-2 toksini ile kontamine olmuş gıda veya yem tüketimi, genotoksik etkilere, hücre apoptozunun yanı sıra immünodepresyona yol açar. Bununla birlikte İkinci Dünya Savaşı sırasında eski Sovyetler Birliği'nin bir bölgesi olan Orenburg'da binlerce insanı etkileyen Alimentary Toksik Aleukia hastalığı ile T2 toksin ve DAS ilişkili olduğu varsayılmıştır. Hastalıktan etkilenen kişiler *F. sporotrichioides* ve *F. poae* ile kontamine tahıllar tükettiklerini ve bunun sonucunda cilt iltihabı, kusma ve karaciğer dokusu hasarı oluştuğunu belirtmişlerdir. Gıdadaki T-2 toksininin düzenleme limiti, Rusya'da buğday, çavdar, tritikale, yulaf, arpa, darı, karabuğday, pirinç, mısır, sorgum, yulaf ezmesi, pul ve buğday dahil olmak üzere gıda tahılları için 100 µg/kg iken, Çin'de bu sınır 80 µg/kg olarak belirlenmiştir [11, 12, 15, 19].

Diğer trikotesenler, *Myrothecium*, *Stachybotrys* ve *Trichothecium* cinsine ait türler tarafından üretilmektedir. Bunlar arasında ökaryotik hücrelerde protein sentezi inhibitörleri olan atranon, roridin, satratoksin, stakilisin, trikoverroidler, trichoverrinler ve verrukarinler yer almaktadır [11, 12, 15, 19].

C. Zearalenon

Daha önce F2 toksini [40] olarak bilinen zearalenon (ZEA) *F. culmorum, F. equisetii* ve *F. crookwellense* gibi diğer türler ve esas olarak *F. graminearum* tarafından üretilen toksindir. Bu toksin aynı zamanda *F. graminearum* veya *F. culmorum* türleri tarafından DON ile birlikte üretilebilmektedir. Yapısal olarak insan dişi yumurtalığında üretilen ana hormon olan 7β-estradiole benzemektedir. Kimyasal olarak, hayvanlar, özellikle domuzlar tarafından tüketildiğinde östrojenik olan bir fenolik resorsiklik asit laktondur. Bu nedenle ZEA, steroid olmayan östrojen veya mikoöstrojen olarak sınıflandırılmaktadır. Çevresel östrojenlerin seks steroid hormon fonksiyonlarını bozma potansiyeline sahip olduğu endişesi nedeniyle son zamanlarda dikkat çekmiştir [11, 12, 15, 19].

ZEA toksini üretimi için 0.95-0.96 su aktivitesi ve 15-25°C sıcaklık gereklidir. 6-(10-

hidroksi-6-okso-trans-1 undesenil) β-resorsilik-asit-lakton yapısı nedeniyle alkali çözeltiler, eter, benzen, asetonitril, etil alkol ve suda çözünmeyen beyaz kristal bir bileşiktir. Ayrıca ısıya dayanıklıdır. ZEA çoğunlukla mısırda tespit edilmiş olup, en iyi substratları ise buğday ve pirinçtir. Bununla birlikte farklı ülkelerde buğday, arpa, sorgum ve çavdar gibi ürünlerde de belirlenmiştir. Örneğin Brezilya'da bu toksin tahıllarda ve meşe pullarında bulunmuştur. Dolayısıyla birçok ülkedeki tahıllarda farklı ürünlerde bulunabilir. Fakat ZEA düşük toksisiteye sahip bir mikotoksindir. Bu nedenle IARC tarafından Grup 3 olarak sınıflandırılmaktadır [11, 12, 15, 19].

Domuzlarda küflü tanelerin tüketimi ve yüksek ZEA seviyeleri gebe kalma, kürtaj ve diğer problemlerle ilgili rahatsızlıklarına, küçükbaş hayvanlarda ve ineklerde ise üreme problemlerine neden olabilmektedir. Çiftlik hayvanlarında ara sıra meydana gelen ZEA mikotoksikozlarının kısırlığa neden olduğu belirlenmiştir. ZEA nedeniyle ölüm endişesi yok iken, ZEA nedeniyle genotoksisite bir endişe yaratmaktadır. Bu bileşik doğurganlığı azaltır ve erken ergenliğe, meme kanserine, endometriyal karsinomaya ve uterus hiperplazisine neden olmaktadır. Ayrıca 17-beta-östradiol ile mimik etkisinden dolayı rahim ağzı kanseri gibi ciddi östrojenik bozukluklara neden olabilmektedir. Bununla birlikte, ZEA sentetik östrojen olan dietilstilbestrole alternatif olarak (tartışması halen süren), büyümeyi teşvik etmek için bazı hayvan yemlerinde (sığırlarda) kullanılmaktadır [11, 12, 15, 19].

Bu mikotoksin ile ilgili olarak DDA düzenlemesi yok iken EC'nin bu mikotoksin için düzenlemesi bulunmaktadır. EC tarafından kabul edilebilir maksimum seviyesi mısır için 200 µg/kg ve işlenmemiş tahıllar için 100 µg/kg olarak belirlenmiştir. Tahıl atıştırmalıklarında, kahvaltılık tahıllarda ve işlenmiş tahıl bazlı gıdalarda ve bebek mamalarında ise bu değer sırasıyla 50 µg/kg, 50 µg/kg ve 20 µg/kg olarak sabitlenmiştir [11, 12, 15, 19].

V. ÜZÜMLERDE *FUSARİUM* VE MİKOTOKSİNLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Mikotoksinler, üzüm ve şarap dahil olmak üzere gıda ürünlerinde tespit edilen filamentli fungi tarafından üretilen toksik ikincil metabolitlerdir. Tarlada ve/veya hasat sonrası mikotoksin üretimi meydana gelebilir. Mikotoksinlerin sentezinin üzümlerde hasattan önce meydana gelebileceği ve dolayısıyla şarapta bulunabileceği saptanmıştır. Bu nedenle, üzümlerin mikoflorasının ve şarapta mikotoksin bulunma potansiyelinin belirlenmesi önemlidir [20].

Üzümlerin mikotoksin üreten *Aspergillus, Alternaria* ve *Penicillium* türleri ile kontaminasyon riski iyi bilinen bir gerçektir. Son zamanlarda, fumonisin B 2'nin tanımlanması rapor edilmiştir ancak özellikle siyah *Aspergillus* ile kontamine ürünler ile bilgiler daha fazladır. Üzüm ve ticari ürünlerinde toksinojenik *Fusarium* türlerinin varlığı hakkında çok sınırlı bilgi mevcuttur [21].

Fusarium cinsi küfler üzümlerde ana sorun olmasa da, 7 günlük konidyal aşılamadan sonra Çin'de yetişen *Vitis amurensis* türünde *F. avenaceum* türünün neden olduğu meyve çürüklüğü hastalığının gelişmesiyle *Fusarium* ile kontaminasyonu belirlenmiştir [22]. Araştırmacılar bir diğer çalışmalarında Çin'de *Vitis vinifera* türünde *F. proliferatum* türünü meyve çürüklüğü hastalığının etkeni olarak tespit etmişlerdir [23]. Yurchenko vd. (2020) ise Rusya'da *F. proliferatum* türünün Krasnodar Bölgesi'ndeki sofralık üzümlerde küme yanıklığı hastalığına neden olduğunu bildirmişlerdir [24]. Bustamante vd. (2022) Kaliforniya'daki genç asmalarda enfeksiyon ile ilişkili olarak *F. annulatum* türünü tespit ettiklerini bildirmişler [25]. Rajput vd. (2020) Afganistan'da *F. equisetii* türünün üzümlerde kök çürümesine neden olduğunu belirtmişlerdir [26]. Ghuffar vd. (2018) Pakistan'da *F. proliferatum* türünün üzümlerde meyve çürümesine neden olduğunu [27], Lorenzini ve Zapparoli, (2015) ise üzümlerin kurutulması

işlemi sırasında ve 24 günlük bir aşılama döneminden sonra *Fusarium* türlerinin enfeksiyon süreci incelenirken, toplam üzüm alanının yarısında nekrotik lezyonlar ortaya çıktığını ve uygun koşullar altında miselyumun üremesinin gözlemlendiğini belirtmişlerdir [28].

Üzümlerden izole edilen *Fusarium* cinsi küflerle ve mikotoksin üretimleri ile ilgili sınırlı sayıda bilgi bulunmaktadır. Literatürde yer alan ve ulaşılabilen çalışmalardan biri Mašková vd. (2014) 2012 yılında çeşitli Slovak bölgelerinden 24 örnek şarap üretimine yönelik kullanılan üzümlerde örnek toplayarak *Fusarium* cinsi izolatlarını ve mikotoksin üretme potansiyellerini değerlendirdikleri çalışmadır. Üzüm örneklerinden F. *acuminatum, F. avenaceum, F. graminearum, F. oxysporum, F. proliferatum, F. semitectum, F. solani, F. sporotrichioides, F. subglutinans, F. tricinctum* ve *F. verticillioides* olmak üzere toplam 11 tür tespit etmişlerdir. İzolasyon sıklığı ve bağıl yoğunluk bazında en önemli türlerin *F. proliferatum* ve *F. sporotrichioides* olduğunu bildirmişlerdir. Bu iki türün seçilmiş izolatlarının mikotoksin üretimlerini ince tabaka kromatografisi (TLC) ile değerlendirmişler ve sonuç olarak *F. proliferatum* izolatlarının diasetoksiscirpenol, HT-2 ve T-2 toksinlerinin yalnızca sporadik olarak üretildiklerini tespit etmişlerdir. *F. sporotrichioides* izolatlarının ise hepsinin diasetoksiscipenol, deoksinivalenol ve T-2 toksinini, %73'ünün HT-2 toksini ve %50'sinin ise zearalenon üretme kabiliyetine sahip olduğunu belirlemişlerdir [20]. Bolton vd. (2016) Güneydoğu Amerika şarabındaki mikotoksin riskini aydınlatmak için, 2013 yılında hasat sırasında üzüm bağlarından üzüm örnekleri toplamışlar ve örneklerden potansiyel olarak mikotoksijenik küfler (*Fusarium* ve *Aspergillus*) açısından değerlendirmişlerdir. Üzümlerden elde ettikleri *Fusarium* izolatlarını translasyon uzama faktörü 1-a (EF1-α) gen bölgesine göre tanımlamışlardır. Sonuç olarak, izolatların 239 tanesini *F. fujikuroi*, 52 tanesini *F. proliferatum*, 14 tanesini *F. incarnatum - equiseti*, 7 tanesini *F. oxysporum*, 1 tanesini *F. concentricum* ve 1 tanesini *F. solani* olarak tanımladıklarını bildirmişlerdir. LC-MS/MS ile izolatların fumonisin üretimini değerlendirmişler ve neredeyse tüm *F. fujikuroi* izolatları ve *F. proliferatum* izolatlarının pozitif kontrol *Fusarium verticillioides* ile karşılaştırılabilir seviyelerde fumonisin B1, B2 ve B3 ürettiğini tespit etmişlerdir [29]. Mikušová vd. (2013) Slovak üzüm bağlarından elde edilen üzüm meyvelerinden izole ettikleri toksinojenik *Fusarium* türleri mikotoksinlerini HPLC-MS/MS ile değerlendirmişler ve izole ettikleri türlerin *F. subglutinans, F. oxysporum, F. proliferatum, F. semitectum, F. solani, F. subglutinans* ve *F. verticillioides* olduğunu bildirmişlerdir. Czapek Yeast Autolysate Agar (CYA) ve Yeast Extract Sucrose Agar (YES) besiyerlerinde geliştirdikleri *F. oxysporum* ve *F. proliferatum* izolatlarının 3,265 ile 13,400 µg/kg arasında değişen miktarlarda beauverisin ve 49,850 ile 259,500 µg/kg arasında değişen miktarlarda fusaproliferin ürettiğini tespit etmişlerdir [21].

VI. SONUÇ

Üzümlerin tarlada küf kontaminasyonuna maruz kalması, mikotoksin oluşumu sebebiyle sağlık riski oluşturabilmektedir. Üzümlerin *Fusarium* türleri ile kontaminasyonu, bu cinse ait türlerin ürettiği çok çeşitli mikotoksinler nedeniyle bir risk oluşturmaktadır. Bitki-patojen etkileşimleri karmaşıktır ve iklim değişikliğiyle birlikte üzümlerde küf gelişimi her bölgede farklılık gösterebilmektedir. Bu, farklı türlerin çoğalmasına ve diğer mikotoksinlerin ortaya çıkmasına izin verebilir ve üzümlerin ve üzümlerden işenen ürünlerin güvenliğini zorlayabilir. Farklı üzüm ürünlerinin elde edildiği koşulların çeşitliliği de küflerin üremesine ve mikotoksin üretimine yol açabilir. Bu nedenle, risklerin genel olarak azaltılmasını sağlamak için hasat öncesi ve sonrası stratejilere ilişkin entegre bir vizyonun benimsenmesi çok önemlidir. Bu yönden, gözden geçirilen mevcut uygulamalara ek olarak, yeni uygulamalara ve araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla üzüm ürünlerinde çok çalışılan

Aspergillus ve *Penicillium* türleri dışındaki diğer cinslere ait türlerin de mikotoksin üretme potansiyellerinin belirlenmesi de önem arz etmektedir.

REFERENCES

[1] Tournas, V. H., and Eugenia Katsoudas. "Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits." International journal of food microbiology 105.1 (2005): 11-17. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.05.002

[2] Moss, M. O. "Fungi, quality and safety issues in fresh fruits and vegetables." Journal of Applied Microbiology 104.5 (2008): 1239-1243. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03705.x

[3] Wang, Y., Zeng, X., Zhou, Z., Xing, K., Tessema, A., Zeng, H., and Tian, J."Inhibitory effect of nerol against Aspergillus niger on grapes through a membrane lesion mechanism." Food Control 55 (2015): 54-61. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.029

[4] Hocking, A. D., Su-lin, L. L., Kazi, B. A., Emmett, R. W., & Scott, E. S. "Fungi and mycotoxins in vineyards and grape products." International journal of food microbiology 119.1-2 (2007): 84-88. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.031

[5] Valero, A., Begum, M., Hocking, A. D., Marín, S., Ramos, A. J., and Sanchis, V. "Mycelial growth and ochratoxin A production by Aspergillus section Nigri on simulated grape medium in modified atmospheres." Journal of applied microbiology 105.2 (2008): 372-379. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03760.x

[6] Aydogdu, Halide, and Yalcin Gucer. "Microfungi and mycotoxins of grapes and grape products." Trakia J Sci 7.Supplement 2 (2009): 211-214.

[7] Tian, J., Wang, Y., Zeng, H., Li, Z., Zhang, P., Tessema, A., and Peng, X. (2015). Efficacy and possible mechanisms of perillaldehyde in control of Aspergillus niger causing grape decay. International journal of food microbiology, 202, 27-34. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.022

[8] Gray, D. J., S. Jayasankar, and Z. Li. "Vitis spp. grape." Biotechnology of fruit and nut crops (2005): 672-706.

[9] Pitt, J. I., Hocking, A. D. "Fungi and food spoilage "(Vol. 519, p. 388). (2009): New York: Springer. ISBN 0-8342-1306-0.

[10] Sharma, Lav, and Guilhermina Marques. "Fusarium, an entomopathogen—a myth or reality?." Pathogens 7.4 (2018): 93. https://doi.org/10.3390/pathogens7040093

[11] da Rocha, M. E. B., Freire, F. D. C. O., Maia, F. E. F., Guedes, M. I. F., and Rondina, D. "Mycotoxins and their effects on human and animal health." Food Control 36.1 (2014): 159-165. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021

[12] Murphy, P. A., Hendrich, S., Landgren, C., and Bryant, C. M. "Food mycotoxins: an update." Journal of food science 71.5 (2006): R51-R65. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00052.x

[13] Bayram, Mustafa, and Ertan Anlı. "Mikotoksinler ve şarap." Türkiye 10 (2008): 21-23. https://www.gidadernegi.org/TR/Genel/24093491413bc.pdf?DIL=1&BELGEANAH=1612&DOSYAISIM=240934914.pdf

[14] Ponsone, M. L., Combina, M., Dalcero, A., and Chulze, S. "Ochratoxin A and ochratoxigenic Aspergillus species in Argentinean wine grapes cultivated under organic and non-organic systems." International Journal of Food Microbiology 114.2 (2007): 131-135. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.07.001

[15] Richard, John L. "Some major mycotoxins and their mycotoxicoses—An overview." International journal of food microbiology 119.1-2 (2007): 3-10. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.019

[16] Girgin, Gözde, Nurşen Başaran, and Gönül Şahin. "Dünyada Ve Türkiye de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler." Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi 58.3 (2001): 97-118.
[17] Köppen, R., Koch, M., Siegel, D., Merkel, S., Maul, R., and Nehls, I. "Determination of mycotoxins in foods: current state of analytical methods and limitations." Applied microbiology and biotechnology 86.6 (2010): 1595-1612. https://doi.org/10.1007/s00253-010-2535-1
[18] Giacometti, Jasminka, Alena Buretić Tomljanović, and Djuro Josić. "Application of proteomics and metabolomics for investigation of food toxins." Food research international 54.1 (2013): 1042-1051. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.019
[19] Nguegwouo, E., Tchuenchieu, A., Mouafo, H. T., Fokou, E., Medoua, N. G., & Etoa, F. X. "An overview of some major mycotoxins in food and their detection methods." Nutrition and Food Toxicology 3 (2018): 564-576.
[20] Mašková, Z., Tančinová, D., Rybárik, Ľ., Felšöciová, S. "Colonization of grape berries by the genus Fusarium and toxigenity of the most common representatives." Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences 3 (2014): 256-258.
[21] Mikušová, P., Šrobárová, A., Sulyok, M., Santini, A. "Fusarium fungi and associated metabolites presence on grapes from Slovakia." Mycotoxin research 29.2 (2013): 97-102. https://doi.org/10.1007/s12550-013-0157-z
[22] Wang, C. W., Ai, J., Liu, Y. X., Lv, H. Y., Fan, S. T., and Yang, Y. M. (2015). "Fusarium avenaceum: A new pathogen causing amur grape (Vitis amurensis) fruit rot in Jilin province, China." Plant Disease 99.6 (2015): 889-889. https://doi.org/10.1094/PDIS-11-14-1216-PDN
[23] Wang, Y., C. W. Wang, and J. Gao. "First report of Fusarium proliferatum causing fruit rot on grape (Vitis vinifera) in China." Plant Disease 99.8 (2015): 1180-1180. https://doi.org/10.1094/PDIS-12-14-1351-PDN
[24] Yurchenko, E. G., Savchuk, N. V., Porotikova, E. V., and Vinogradova, S. V. (2020). "First report of grapevine (Vitis sp.) cluster blight caused by Fusarium proliferatum in Russia." Plant Disease 104.3 (2020): 991-991. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0938-PDN
[25] Bustamante, M. I., Elfar, K., Smith, R., Bettiga, L., Tian, T., Torres-Londoño, G. A., and Eskalen, A. "First report of Fusarium annulatum associated with young vine decline in California." Plant Disease ja (2022). https://doi.org/10.1094/PDIS-12-21-2790-PDN
[26] Rajput, N. A., Zaman, B., Huo, C., Cao, J., Atiq, M., Lodhi, A. M., ... and Zhao, Z. "First report of Fusarium equiseti causing stem rot disease of grape (Vitis vinifera L.) in Afghanistan." Journal of Plant Pathology 102.4 (2020): 1277-1277. https://doi.org/10.1007/s42161-020-00557-8
[27] Ghuffar, S., Irshad, G., Zhai, F., Aziz, A., Asadullah, H. M. A. M., Mehmood, N., ... and Ahmed, R. "First report of Fusarium proliferatum causing fruit rot of grapes (Vitis vinifera) in Pakistan." International Journal of Phytopathology 7.2 (2018): 85-88. https://doi.org/10.1094/PDIS-10-17-1616-PDN
[28] Lorenzini, Marilinda, and Giacomo Zapparoli. "Occurrence and infection of Cladosporium, Fusarium, Epicoccum and Aureobasidium in withered rotten grapes during post-harvest dehydration." Antonie Van Leeuwenhoek 108.5 (2015): 1171-1180. https://doi.org/10.1007/s10482-015-0570-8
[29] Bolton, Stephanie L., Phillip M. Brannen, and Anthony E. Glenn. "A novel population of Fusarium fujikuroi isolated from southeastern US winegrapes reveals the need to re-evaluate the species' fumonisin production." Toxins 8.9 (2016): 254. https://doi.org/10.3390/toxins8090254

A New Method Proposal based on Shannon and Cumulative Entropy for Unsupervised Feature Selection

Samet Demirel[*,1], Fatih Aydın[2]

[*]: sametdemirel@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7531-1124
[1]: *Distance Education Application and Research Center, Balikesir University, Balikesir, Turkiye*
[2]: *Department of Computer Engineering, Balikesir University, Balikesir, Turkiye*

ABSTRACT

Feature selection task is crucial for Machine Learning algorithms not to be affected by the curse of dimensionality. In this respect, feature selection algorithms attempt to tackle this trouble. However, feature selection algorithms have some insufficiencies: (1) the performance of each machine learning algorithm can be notably different on the selected features, (2) considerable fluctuations can be also observed in the performance of the classifiers by depending on variation in the subset of the selected feature, (3) they spend a long time on large data sets. In this study, to deal with the above-mentioned troubles, we propose a fast unsupervised feature selection algorithm that is relied on a univariate and filter approach. The proposed algorithm jointly considers both the cumulative entropy of the distribution and the Shannon entropy calculated by the symmetry of the distribution for each dimension. The time complexity of the proposed algorithm ranges from linear time to quadratic time, depending on the input data. Besides, we have derived lower and upper bounds for deciding the proper number of the selected features while evaluating the algorithms. Accordingly, one can select the number of features in certain ranges. The prominent contributions of this study are as follows: (1) the proposed algorithm rapidly runs compared to the other methods, (2) regardless of the classification algorithms and data set domains, the proposed method mostly maintains to deliver the highest accuracy rate on average while the number of selected features increases, (3) the algorithm does not need any parameters to run, (4) it is easy to implement and deploy. We have performed all the experiments under 10-fold cross-validation and carried out each experiment ten times to form different training sets with different fold combinations. The experiments have been performed in the MATLAB R2021a on an i5-8265U CPU at 1.6 GHz with 8 GB of RAM on Windows 11 Pro (64-bit). Additionally, we have used twelve data sets from the different domains. Besides, we have used a baseline, two conventional (e.g., LS and SPEC), and eight state-of-the-art unsupervised feature selection algorithms (e.g., DISR, DUFS, IUFS, MCFS, RNE, RSR, SRCFS, and USFS) in the experiments and obtained the results in terms of classification by using Random Forest, Classification and Regression Trees, Support Vector Machine, k-Nearest Neighbors, and Naive Bayes. As a consequence of comparisons with state-of-the-art algorithms, the experimental results show that the proposed algorithm can better deal with these troubles compared to the other methods.

Keywords—*Machine Learning; Unsupervised Feature Selection; Univariate-filter Approach; Cumulative Entropy; Shannon Entropy*

Early Forest Fire Detection from Crackling Sounds by Conventional Machine Learning Methods

Abdurrahim Hüseyin Ezirmik[*,1], Fatih Aydın[1]

[*]: huseyin.ezirmik@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1154-1537
[1]: *Department of Computer Engineering, Balikesir University, Balikesir, Turkiye*

ABSTRACT

Forest fires cause many global disasters, causing economic and ecological losses and changing the climate. Early firefighting is vital to rescuing living things and conserving natural resources. Conventional fire detection systems including heat, smoke, carbon monoxide detectors, etc. are not successful in detecting early forest fires. Therefore, machine learning methods are often preferred to solve this difficult problem nowadays. It is very common to utilize visual indicators such as smoke, fire, etc. in the early detection of forest fires. However, smoke formation is unclear in the first moment of forest fires. Besides, fire or blaze is unapparent in the first moment of forest fires. Therefore, it is required to benefit from an indicator such as sound. In this study, we propose an early forest fire detection system by distinguishing between crackles and fire crackling sounds by using conventional machine learning methods such as k-Nearest Neighbors (KNN), Naïve Bayes (NB), Bagging (BAG), Classification and Regression Trees (CART), and Discriminant Analysis (DA). In the training process, we have used 210 data labeled with 'Crackle' and 'Crackling Fire' classes in the ARCA23K and ESC-50 (a dataset for environmental sound classification) data sets. The numbers of the data for the classes 'Crackle' and 'Crackling Fire' are 170 and 40, respectively. First, we have extracted the centroid of the Bark spectrum, the kurtosis of the Bark spectrum, the pitch, and the mel frequency cepstrum coefficients (MFCC) of the audio signals in the data set. Thus, we have obtained a matrix with 137349 feature vectors (i.e., the number of hops) and 16 features extracted per analysis window. By extracting the Bark spectrums of an audio signal, we have obtained an acoustic time-frequency representation of a sound. Additionally, we have extracted the pitch of a signal to detect a sound characterized by a decisive elemental frequency and dominated by a relatively low-frequency oscillation. Finally, MFCC are widespread features extracted for recognition tasks. For this reason, we have benefited from these features to differentiate between two classes. We have performed all the experiments under 10-fold cross-validation in the MATLAB R2021a. We have obtained the validation accuracies of KNN, NB, BAG, CART, and DA as 97.03%, 89.83%, 96.76%, 95.97%, and 90.26%, respectively. While KNN model has correctly classified 119050 instances with 'Crackle' class and 14169 instances with 'Crackling Fire' class, it has incorrectly classified 1560 instances with 'Crackle' class and 2570 instances with 'Crackling Fire' class. From another point of view, the validation accuracies (i.e., precision values) of KNN are 0.987 for 'Crackle' class and 0.846 for 'Crackling Fire' class. the recall values of KNN are 0.979 for 'Crackle' and 0.901 for 'Crackling Fire'. Accordingly, F-measure values are 0.983 and 0.873 for 'Crackle' and 'Crackling Fire', respectively. The average F-measure value is 0.928. In consequence, the experimental results show that the proposed model is well for detecting an early forest fire from crackling fire sounds. Moreover, the cost of implementing such a system is relatively low compared to many schemes.

Keywords—*Machine Learning; Forest Fire Detection; Mel Frequency Cepstrum Coefficients; Bark Spectrum; Audio Signal Pitch*

Fabrication Of Iron-Based Cellular Structures Using Pressureless Foam Replication Method

Ali Can Kaya[*,1], Furkan Ertuğrul Türk[2], Zilan Öz[2], Burak Evren[2]

[*]: alican.kaya@tau.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2856-5508

[1]: *Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering, Turkish-German University, Istanbul, Turkey*

[2]: *Department of Materials Science and Technology, Faculty of Science, Turkish-German University, Istanbul, Turkey*

ABSTRACT

Metal foams are gaining importance due to growing of electric car industry where lightweight and multifunctional properties are sought. Here we fabricated open cell iron and 316 steel foams using foam replication method. Initially a slurry was prepared from water, binder, steel/iron powders and with or without dispersant agents (hydroxyethyl cellulose (HEC) and a polymeric dispersant). Polyurethane (PU) foam templates were dipped into the slurry and surface of foam was covered by slurry. In a drying oven prepared samples were dried at 80 ºC for 24 hours. Every heat treatment process was carried out in a tube furnace. In the tube furnace, pressure in the tube was decreased to about 93 kPa by vacuum pump and from another end pure argon gas was injected with a flow rate of 6.7 ml/sec. Heating rate in the tube furnace was determined to be 6.7 ºC/min. At 350 ºC degrees the chemical ingredients and PU foam template were burned off to create green bodies. Afterwards the green bodies were sintered at 1000 ºC to consolidate the foam structures in pure argon atmosphere.

Here we observed the effects of the dispersants in the slurry. Without dispersant agents, green bodies were too weak to be sintered and structure collapsed at elevated temperatures. With introducing of dispersants, the green bodies became more robust and did not collapse during sintering. This can be attributed to the rheology of the slurry, and it is vital to control before template coating by rheology additives. Since compaction was not carried out in current study, sintered samples were not robust and were broken into pieces. Therefore, sintering temperature and sintering time are important factors to investigate. In this study, we did not, however, modify the sintering time and temperature, and further investigations are needed to increase the stability of the foams.

Keywords—*Metal foams; Sintering; Replication method; iron ; 316 Steel*

The role of Hybrid Artificial Intelligence Model in Predicting the Treatment Outcome of High-Intensity Focused Ultrasound Ablation of Uterine Fibroids with an Immediate Nonperfused Volume Ratio of at least 90%

Emine Akpınar[*,1], Bilgin Keserci[2]

[*]: emineakpinar28@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9155-8530
[1]: *Department of Physics, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey*
[2]: *Department of Radiology, Hospital Universiti Sains Malaysia, Kubang Kerian, Kelantan, Malaysia*

ABSTRACT

Uterine fibroids, arising from the myometrium and composed of smooth muscle cells, are the most common benign tumors of the uterus. Magnetic resonance imaging (MRI)-guided high-intensity focused ultrasound (HIFU) plays an important clinical role in the treatment of uterine fibroids. One of the biggest challenges in this treatment is the selection of patients suitable for HIFU treatment. Therefore, in the first part of the study, we aimed to comparatively evaluate the role of machine learning (ML) classifiers to determine the most informative anatomical features and tissue characteristics of uterine fibroid, outlining its cellularity, diffusivity, and vascularity in predicting the treatment outcome of HIFU ablation to achieve an immediate nonperfused volume (NPV) ratio of at least 90%. In the second part of the study, obtained most informative features was used as an input for the proposed long short-term memory (LSTM) model and its classifier performance was measured. The screening MR examinations of 73 women (mean age, 38.8 years; range, 22–49 years) were included in the analysis. For finding the best informative features, feature ranking property of five ML classifiers—Logistic regression (LR) classifier, Support vector classifier (SVC), Random Forest (RF) classifier, Adaptive boosting (Adaboost) classifier, and Gradient boosting (GBM) classifier were used. We proposed four-layer LSTM model to predict the treatment outcome of HIFU therapy. Each LSTM layer consisting of 64 neurons and followed by 0.2 Dropout. In addition, model was compiled with Adam optimizer and Binary Cross-Entropy loss function as parameters and was trained in a batch size of 8 and for 100 epochs. The obtained most relevant features from highest to lowest ranking were (1) The Ktrans ratio of the fibroid to the myometrium, (2) The ratio of the area under the curve (AUC) of the fibroid to the myometrium, (3) Subcutaneous fat thickness, which was measured at the most compressed position, where the distance between the skin and the abdominal wall muscle was the shortest, (4) The ratio of the Maximum Enhancement of the fibroid to the myometrium, (5) Ktrans value of fibroid, (6) The ratio of Maximum Relative Enhancement of the fibroid to the myometrium, (7) Maximum Enhancement of the fibroid, (8) Anteverted position of the uterus, (9) Time to Peak of the fibroid, (10) The ratio of the ADC value of the fibroid to the myometrium, (11) The ratio of Relative Enhancement of the fibroid to the myometrium, and (12) T2-SI of fibroid. The area under the receiver operating characteristic curve (AUROC), accuracy are the performance metrics used for analyzing the model. Proposed LSTM model had AUROC value of 0.96 and accuracy value of 0.93. This preliminary study indicates that ML algorithms and LSTM model should be considered in assisting physicians to fully evaluate the outcome of the HIFU therapy.

Keywords— *Uterine Fibroids; Magnetic Resonance Imaging; Machine Learning; Long Short-Term Memory Network*

The Role of Multi-Layer Neural Network Model with Semiquantitative Perfusion MR Features for Differentiating Pediatric Posterior Fossa Tumors: Medulloblastoma, Ependymoma and Pilocytic Astrocytoma

Emine Akpınar[*,1], Bilgin Keserci[2]

[*]: emineakpinar28@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9155-8530
[1]: *Department of Physics, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey*
[2]: *Department of Radiology, Hospital Universiti Sains Malaysia, Kubang Kerian, Kelantan, Malaysia*

ABSTRACT

Among the childhood malignancies, brain tumours, which is the second most common cause of death after acute lymphoblastic leukemia, are accounting for a more than a quarter (26%) of all childhood cancers. The majority of pediatric brain tumors, , about 60-70%, originate in the posterior fossa and the most common posterior fossa tumors are given as follow: Medulloblastoma (MB), Ependymoma (EP) and Pilocytic Astrocytoma (PA). Although the treatment and prognosis of MB, EP, and PA are different, visual characteristics of these tumors are often overlapping, sometimes making the diagnostic process difficult. Thus, the differentiation between these three tumors is essential in the field of pediatric radiology. Therefore, the aim of this study is to propose a Multi-Layer Artificial Neural Network (ANN) model for distinguishing these tumors from each other's using semi-quantitative perfusion MRI features. The screening MR examinations of 78 pediatric patient were included in the analysis. Multi-layer neural network model (Number of neurons in input layer, hidden layers and output layer is: 21,64, 128, 128, 128, 3 respectively) was used to differentiate these tumors. Each layer followed by 0.1 Dropout unit. In addition, proposed model was compiled with Adam optimizer and Binary Cross-Entropy loss function as parameters and was trained in a batch size of 16 and for 200 epochs. The area under the receiver operating characteristic curve (AUROC), accuracy, sensitivity, specificity and F1-score are the performance metrics used for analyzing the algorithm. In Multi-Layer ANN model, for three tumors, precision, recall and F1-score values ranged from 0.60 to 1.0, 0.52 to 1.0, 0.68 to 0.90, respectively. Multi-Layer ANN model had AUROC value of 0.90 and accuracy value of 0.83. This preliminary study indicates that neural network-based models play significant role in the differentiation between posterior fossa tumors.

Keywords— *Medulloblastoma, Ependymoma, Pilocytic Astrocytoma, Magnetic Resonance Imaging, Multi-Layer Artificial Neural Network*

E-ticaret Sektöründe Müşteri Kaybının Yapay Öğrenme Teknikleri ile Tahminlenmesi

Churn Customer Prediction in the E-commerce Industry with Machine Learning Techniques

Kübra Yazır[*,1], Şerafettin Alpay[2]

[*]: kubra.yzr95@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7453-8020
[1]: *Endüstri Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*
[2]: *Endüstri Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*

ÖZET

Teknolojik gelişmeler hayatın birçok yönünü değiştirdiği gibi kişilerin alışveriş algısını da değiştirmeye ve dönüştürmeye başlamıştır. Böylelikle kişiler internet aracılığıyla yapılan alışverişlere yönelmişlerdir. İnternet aracılığıyla yapılan alışverişe eğilimin artması sonucu doğal olarak e-ticaret kavramı ortaya çıkmıştır. Özellikle son zamanlarda tüm dünyayı etkisi altına alan salgın sebebiyle kişiler internet kullanımını önce ki zamanlara göre daha da artırmıştır. Bunun sonucu olarak da çevrimiçi alışverişe talep artmıştır ve teknoloji artık pazarlara yön vermeye başlamıştır. E-ticaret şirketlerinin sayısı çoğalmış ve böylelikle e-ticaret sektöründe rekabet meydana gelmiştir. Rekabetin artmasıyla birlikte e-ticaret şirketlerinde müşteri kaybetme korkusu oluşmuştur. Bu durumu engellemek amacıyla şirketler çeşitli stratejiler geliştirmeye başlamışlardır. Nedeni mevcut müşteriyi elde tutmak yeni müşteri kazanmaktan çok daha az maliyetli ve avantajlıdır. E-ticaret sektöründe ki müşteri kaybını ele almak amacıyla birçok çalışma yapılmış ve yöntem geliştirilmiştir.

Bu çalışmada e-ticaret sektöründe ki müşteri kaybı tahmini yapmak ve model geliştirmek amacıyla makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır. Makine öğrenmesinin tercih edilme sebebi modelin hangi değişkenleri veya özellikleri analiz edeceğini ve tahminleri geliştirmek için kullanacağını belirler ve hızlı, güvenilir sonuçlar verir. Önemli bir e-ticaret şirketinin verileri kullanılarak sınıflandırma algoritmaları uygulanmış ve tahmin modelleri oluşturulmuştur. Model oluşturmak için kodlama programı olarak Python kullanılmıştır. Veri setinde dengesizlik durumu olduğu için SMOTE metodu uygulanmıştır ve ardından veri setine algoritmalar uygulanarak tahminleme yapılmıştır. Tahmin modelleri birbirleri arasında performans ölçütüne göre kıyaslanmış ve en iyi değeri veren model en güvenilir model olarak seçilmiştir. Makine öğrenmede sınıflandırma algoritmaları olarak Lojistik Regresyon (LR), K-En Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makine (SVM), Karar Ağacı (DT), Rastgele Orman (RF), Aşırı Gradyan Artırma (XGBoost) ve Hafif Gradyan Artırma (LightGBM) kullanılmıştır. Algoritmalar arasında değerlendirme ve ölçme sonucunda en iyi sonucu veren LightGBM algoritmasıdır.

Keywords—*Yapay Öğrenme; Sınıflandırma; E-ticaret; Müşteri kaybı*

Bilgilendirme: *Bu bildiri yüksek lisans tezinden türetilmiştir.*

ABSTRACT

Technological developments have started to change and transform people's shopping perception as well as changing many aspects of life. Thus, people tend to shop online. The concept of e-commerce has naturally emerged as a result of the increasing tendency to shopping via the Internet. Especially due to the epidemic that has affected the whole world recently, people have increased the use of the internet even more than in previous times. As a result, the demand for online shopping has increased and technology has begun to dominate the markets. The number of e-commerce companies has increased and thus competition has occurred in the e-commerce sector. With the increase in competition, there is a fear of losing customers in e-commerce companies. In order to prevent this situation, companies have started to develop various strategies. The reason is that retaining existing customers is much less costly and advantageous than acquiring new customers. Many studies have been carried out and methods have been developed in order to deal with the churn customers in the e-commerce sector.

In this study, artificial learning techniques were used to predict churn customer in the e-commerce sector and to develop a model. Machine learning is preferred because it determines which variables or features the model will analyze and use to improve predictions, and it provides fast, reliable results. By using the data of an important e-commerce company, classification algorithms were applied and prediction models were created. Since there was an imbalance in the data set, the SMOTE method was applied and then algorithms were applied to the data set and estimation was made. Python was used as the coding program to create the model. The prediction models were compared among each other according to the performance criterion, and the model with the best value was chosen as the most reliable model. Logistic Regression, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machine, Decision Tree, Random Forest, XGBoost and LightGBM were used as classification algorithms in artificial learning. Among the algorithms, it is the LightGBM algorithm that gives the best result as a result of evaluation and measurement.

Keywords—*Machine Learning; Classification; E-commerce; Churn Customer*

Acknowledgment: *This paper is derived from the master's thesis.*

Improving LSTM And Bi-LSTM Daily Particulate Matter Forecasting Performance with Attention

Kamil Demirberk ÜNLÜ

demirberk.unlu@atilim.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2393-6691
Department of Industrial Engineering, Atilim University, Ankara, Turkey

ABSTRACT

In this study, it is aimed to model and forecast daily $PM_{2.5}$ and PM_{10} of Ankara by using deep learning algorithms based on Long Short Term Memory (LSTM). Although, there are several air pollution indices used to assess pollution levels, such as NO (nitrogen oxide), NO2 (nitrogen dioxide), CO (carbon monoxide), O3 (ozone), SO2 (sulphur dioxide), PM2.5, and PM10 (particulate matter), according to the World Health Organization (WHO), more individuals are affected by $PM_{2.5}$ and PM_{10} pollution than by other pollutants. The data used in this study is time series data. It is prevalent to use LSTM-type algorithms to catch both nonlinearity and long-term dependency in the underlying data. In order to increase the forecasting performance of LSTM and bidirectional LSTM (Bi-LSTM), we hybridized the model with an attention layer. The performance of the proposed model is compared with vanilla LSTM and bi-LSTM. Four different performance metrics of mean absolute percentage error (MAPE), coefficient of determination (R^2), mean absolute error (MAE), and mean squared error (MSE) are used to validate the performance on the test set. The empirical evidence shows that LSTM with an attention layer overperforms the other compared algorithms.

Keywords—*Time series analysis; Neural network modeling; Ankara; PM_{10}; $PM_{2.5}$*

What Is The Best Mother Wavelet In The Prediction Of Monthly Stream Flows?

Okan Mert KATİPOĞLU

okatipoglu@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6421-6087
Civil Engineeering, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

ABSTRACT

Modeling of stream flow has great importance in terms of water resources management and planning. Hybrid models built with signal processing and machine learning techniques are becoming popular recently with realistic prediction results. The wavelet transform technique is a pre-signal processing method that allows the data to be analyzed in more detail by separating the data into various components. In this study, mother wavelets commonly used in hydrometeorological studies such as Haar, Daubechies 2, Daubechies 4, Discrete Meyer, Coiflets 3, Coiflets 5, Symlet 3, Symlet 5 were used with feed-forward backpropagation neural network (FFBPNN) to determine which mother wavelet is most effective in streamflow prediction in Amasya. The correlation matrix was used to assess model input combinations. Inputs that are thought to have an important relationship with the output component are presented to the model. Precipitation, temperature and past streamflow values were used to establish the estimation model. During the modeling phase, 70% of the data was divided into training, 15% validation and 15% testing. Model performances were evaluated according to mean square error, correlation coefficient and rank analysis. As a result, the best prediction results were obtained with the Coiflet 5 discrete wavelet. The symlet 3 wavelet showed the worst results. In addition, all the established Wavelet FFBPNN models except the symlet 3 wavelet were superior to the stand-alone FFBPNN model. The study results are important in terms of water resources method, sediment control, water structure construction and flood drought management plan development.

Keywords— *Feed-forward backpropagation neural network, Streamflow, Discrete wavelet transform, Signal processing, Amasya*

Küçük Ölçekli İnsansız Helikopter Dinamiğinde Kaosun Araştırılması ve Kontrolü

Investigation of Chaos in Small-Scale Unmanned Helicopter Dynamics and Control

Ahmet Çakır[*,1], Haydar Livatyalı[2]

[*]: ckrahmet93@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7768-4058
[1]: *Fen Bilimleri Enstitüsü, Aviyonik Mühendisliği A.B.D Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*
[2]: *Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

ÖZET

Küçük ölçekli helikopterin karmaşık mekanik yapısı ve yüksek düzeyde nonlineerliği açık döngü kontrolü altında istenmeyen salınımlar yaparak kolayca kararsız dinamik davranışlar sergilemesine neden olmaktadır. Özellikle yüksek ana rotor hızına ve hafif ağırlığa sahip olması rüzgâr gibi dış bozulmalara karşı helikopteri oldukça hassas hale getirerek gövdenin şiddetli bir şekilde sallanmasına ve bazen de açısal hız dinamiğinde kaos üretmesine neden olmaktadır. Sistemde kaos meydana gelmesi durumunda dinamikler oldukça kararsız olur ve değişim o kadar hızlanır ki normal çalışma modu için tasarlanan kontrolörlerin kontrol girişi bu hızı çoğu zaman kontrol edemez. Dolayısıyla sistemde oluşabilecek tüm kaotik çekicilerin tespit edilerek bu kaotik çekicilerle de baş edebilecek kontrol algoritmaları geliştirilmesi gerekir. Bu bağlamda bu çalışmada küçük ölçekli helikopterlere ait havada asılı kalma modu açısal hız dinamik modeli, MIT X-Cell 60 küçük ölçekli insansız helikopterine ait parametre değerlerinde kaos tespit etme yöntemlerinden denge noktası kararlılık analizi, zaman serisi analizi, faz portresi analizi, kelebek etkisi analizi, Poincaré haritalaması analizi ve Lyapunov üstelleri analizi ile incelenmiştir. Bu analizler sonucu kaos tespit edilmiştir. Sistemin farklı başlangıç koşullarında dinamik davranışının nasıl değişeceği incelenmiştir. Kaotik çekiciler ile kararlı sabit nokta çekicisinin sistemde bir arada bulunduğu (*multistability*) tespit edilmiştir. Çeşitli başlangıç değerlerinde çekim havzaları oluşturularak sistemin gizli kaotik çekim setleri bulunmuştur. Helikopter sisteminin farklı parametre değerlerinde dinamik davranışının nasıl değişeceği çatallanma diyagramları ve Lyapunov yüzeyi grafikleri çizdirilerek incelenmiştir. Sistemin açık döngü dinamik davranışının diğer parametrelere bağlı olduğu kadar helikopterin tasarım parametrelerine de bağlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca helikopter havada asılı kalma modu açısal hız dinamik modelinin zaman gecikmeli modeli oluşturularak helikopterin çalışma esnasında meydana gelmesi muhtemel zaman gecikmelerinde kaos araştırılmıştır. Düşük zaman gecikmelerinde meydana gelen kaotik çekici ile zaman gecikmesiz modelin kaotik çekicilerinin benzer dinamik özellik gösterdiği tespit edilirken, büyük zaman gecikmelerinde sistemin kaotik çekicisinin tamamen değişerek yeni bir kaotik çekici meydana geldiği tespit edilmiştir. Son olarak helikopterin açısal hızı için modelden bağımsız Pyragas yöntemini temel alan kontrolörler ile Tereshko kontrolör ve aktif bozulma reddetme kontrolörü (*active disturbance rejection controller* (ADRC)) tasarlanmıştır. Helikopter kaotik salınımlar üretirken kontrolcüler aktive edilerek kontrolcülerin kaotik salınımı stabilize edebildiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler—*Küçük Ölçekli İnsansız Helikopter; Kaos Tespit Yöntemleri; Helikopter Açısal Hız Kaosu; Gizli Kaotik Çekiciler; Kaos Kontrolü*

ABSTRACT

The complex mechanical structure and high nonlinearity of the small-scale helicopter cause undesirable oscillations under open-loop control and exhibit unstable dynamic behavior. Especially having high main rotor speed and light body weight makes the helicopter very sensitive to external disturbances such as wind effect, causing the body to swing violently and sometimes to produce chaos in angular velocity dynamics. If chaos occurs in the system, the dynamics become significantly unstable, and the change becomes so rapid that the input of controllers designed for normal operating modes cannot control the speed in most cases. Therefore, all chaotic attractors that may occur in the system must be determined and control algorithms should be developed to cope with these chaotic attractors. In this context, the hover mode angular velocity dynamic model of small-scale helicopters was investigated using chaos detection methods (equilibrium point stability analysis, time series analysis, phase portrait analysis, butterfly effect analysis, Poincaré mapping analysis and Lyapunov exponents analysis) in parameter values of MIT's X-Cell 60 small-scale unmanned helicopter. Chaos is detected as a result of these analyzes. It is investigated how the dynamic behavior of the helicopter system will change under various initial conditions. It has been determined that chaotic attractors and stable fixed-point attractor coexist (multistability) in the system. The hidden chaotic attraction sets of the system were found by creating basin of attractions at various values. How the dynamic behavior of the helicopter system will change at different parameter values has been investigated by drawing bifurcation diagrams and Lyapunov surface graphs. It has been determined that the open-loop dynamic behavior of the system depends on the design parameters of the helicopter as well as other parameters. In addition, the time delay model of the helicopter hover mode angular velocity dynamic model is developed and the chaos in the possible time delays that may occur during the operation of the helicopter is investigated. It has been found that the chaotic attractor that occurs at small time delays and the chaotic attractors of the model without time delay have similar dynamic properties. However, it has been determined that at large time delays, the chaotic attractor of the system changes completely and a new one is generated. Finally, controllers based on the model-independent Pyragas method, Tereshko controller and active disturbance rejection controller (ADRC) are designed to control the angular velocity of the helicopter. It is shown that the controllers can stabilize the chaotic oscillations by activating them whenever the helicopter produces them.

Keywords—*Small-Scale Unmanned Helicopter; Chaos Detection Methods; Helicopter Angular Velocity Chaos; Hidden Chaotic Attractors; Chaos Control*

Büyük Verinin Gözetim Kapitalizmindeki Rolü

The Role of Big Data in Surveillance Capitalism

Halime SUVAY EKER

*halimesuvayeker@beykoz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5310-7627
[1]: *Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü ,Beykoz Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

ÖZET

İnternet teknolojisinin bulunmasıyla dijital dünyanın kapılarından içeriye giriş hızlanmış, ardından gerçek dünyada yapılan hemen hemen her faaliyet dijital ortama taşınmıştır. İnsanlar özellikle akıllı telefonları vasıtasıyla bilgiye erişim, iletişim, alışveriş, tatil planı, bankacılık ve bunun gibi birçok işlemi dijital olarak gerçekleştirebilmektedir. Dijital ortamda kişilerin yaptığı her bir işlemin kayıt altına alınması bu kayıtları devasa boyutlara ulaştırmış ve büyük veriyi oluşturmuştur. Büyük verinin analiziyle kendi rakiplerine karşı rekabet gücü elde edebileceklerini anlayan birçok şirket dijital ortamda kullanıcıların arkada bıraktıkları veri kalıntılarının izlerini sürmüş ve onlar hakkında kişiselleştirilmiş gizli anlamlar çıkarmayı başarmışlardır. Sonuç olarak, birçok şirket geleneksel pazarlama şekillerini bırakarak müşterilerine kişiselleştirilmiş ürün tavsiye eden pazarlama şekillerini kullanmaya başlamıştır. Verileri bu şekilde kullanılarak kişiler hakkında öngörü elde eden ve kişiye özel sunulan ürün ve hizmetler yoluyla gerçekleştirilen faaliyetler gözetim kapitalizmi olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada, gözetim kapitalizmi kavramı, büyük verinin gözetim kapitalizmindeki rolü ve gözetim kapitalizminin etkileri araştırılmıştır. Literatür taraması yöntemi kullanılarak yapılan araştırmadan alınan sonuçlar, kişilerin başka amaçlar için isteyerek veya mecbur kalarak paylaştıkları verilerin onların bilgisi ve rızası dahi olmadan şirketler tarafından kullanıldığını, kişiye özgü öngörülerin kullanılarak ürünlerin tavsiye edildiğini, daha çok veri ile daha doğru öngörülerin yapıldığını göstermiştir. Şirketlerin kazançlarını artırmada önemli bir yol olan gözetim kapitalizminin mahremiyetin zedelenmesine neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Keywords—*Büyük Veri; Gözetim Kapitalizmi; Mahremiyet*

ABSTRACT

With the invention of internet technology, the entrance into the digital world has accelerated, and then almost every activity in the real world has been transferred to the digital environment. People can perform many transactions such as accessing information, communication, shopping, holiday planning, banking and so on digitally, especially through their smart phones. Recording every transaction made by people in the digital environment has reached enormous dimensions and created big data. Understanding that they can gain competitiveness against their competitors with the analysis of big data, many companies have followed the traces of the data remnants left behind by the users in the digital environment and have succeed to make personalized hidden meanings about them. As a result, many companies have abandoned traditional marketing methods and started to use marketing methods that recommend personalized products to their customers. The activities carried out by using data in this way to obtain insights and through personalized products and services are termed surveillance capitalism. In this study, the concept of surveillance capitalism, the role

of big data in surveillance capitalism and the effects of surveillance capitalism are investigated. The results of the research, in which the literature review method was used, showed that the data that people voluntarily or compulsorily shared for other purposes are used by companies without their knowledge and consent, products are recommended by using personal insights, and more accurate predictions are made with more data. It is concluded that surveillance capitalism, which is an important way to increase the earnings of companies, causes damage to privacy.

Keywords—*Big Data; Surveillance Capitalism; Privacy*

Atmosferik Basınçlı Plazma Uygulamasının PP ve POM Malzemelerin Islanabilirlikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Effect of Atmospheric Pressure Plasma Application on Wettability of PP and POM Materials

İrem Sönmez[*,1], Kadir Ayas[1], Kadir Çavdar[2]

[*]: 502010060@ogr.uludag.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6027-4826
[1]: *Makine Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye*
[2]: *Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye*

ÖZET

Yapıştırma bağlantıları, kolay uygulama, ekonomiklik ve hafiflik gibi sahip olduğu özellikler nedeniyle otomotiv ve havacılık gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapıştırma bağının yüksek dayanıma sahip olabilmesi için temelde kendi iç kohezyon bağlarının yanı sıra yapıştırılan malzemeler ile yapıştırıcının adezyon bağlarının da güçlü olması gerekir. Bunun için de yapıştırılan malzemelerin yüzeylerinin temiz olması ve yüzey enerjilerinin yüksek olması istenir. Malzemenin yüzey enerjisinin yapıştırıcının yüzey enerjisinden yüksek olması halinde yapıştırıcı yüzeyi ıslatır. Böylece yüzey ile yapıştırıcı arasındaki temas alanı artar ve yapışma bağlantısında düzgün gerilme dağılımı elde edilir. Metaller ve oksitler yüksek yüzey enerjisine sahipken, polimerler düşük yüzey enerjisine sahip malzemelerdir. Düşük yüzey enerjisine sahip malzemelerin yüzey enerjileri malzemelere uygulanan çeşitli yüzey işlemleri sonucunda artırılabilmektedir. Atmosferik basınçlı plazma işlemi malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirmek ve yapışmayı iyileştirmek için kullanılan yüzey işlemlerinden biridir.

Bu çalışmada, atmosferik basınçlı plazma işleminin, PP ve POM polimer malzeme yüzeylerindeki ıslanabilirlik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Polimer malzeme yüzeylerine farklı parametrelerde (uygulama mesafesi ve tarama sayısı) atmosferik basınçlı plazma işlemi uygulanmıştır. Islanabilirlik özelliklerindeki değişim, su temas açısı ölçümleriyle değerlendirilmiştir. Temas açısı ölçümleri için her bir numune yüzeyinde su damlası oluşturulmuş, fotoğraflanmış ve ardından ImageJ yazılımı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Atmosferik basınçlı plazma işlemi uygulaması sonrasında su temas açısı değerlerinin uygulama öncesine göre azaldığı dolayısıyla polimer yüzeylerin ıslanabilirlik özelliklerinin iyileştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler— *Atmosferik basınç plazma; Islanabilirlik; Su temas açısı; PP; POM*

ABSTRACT

Adhesive bonding is widely used in industries such as automotive and aerospace due to their features such as easy application, low cost, and lightness. For the adhesive bond to have high strength, in addition to its internal cohesion bonds, the adhesion bonds of the bonded materials and the adhesive must also be strong. For this, it is desirable that the surfaces of the adhered

materials are clean and that their surface energies are high. If the surface energy of the material is higher than the surface energy of the adhesive, the adhesive wets the surface good. This increases the contact area between the surface and the adhesive and ensures a uniform stress distribution of the bonding joint. Metals and oxides have high surface energy, while polymers are materials with low surface energy. The surface energies of materials with low surface energy can be increased because of various surface treatments applied to the materials. Atmospheric pressure plasma treatment is one of the surface treatments used to change the surface properties of materials and improve adhesion.

In this study, the effect of atmospheric pressure plasma treatment on the wettability properties of PP and POM polymer material surfaces was investigated. The polymer material surfaces have been treated with atmospheric pressure plasma at different parameters (application distance and number of scanning). The change in wettability properties was evaluated by water contact angle measurements. Water droplets were formed, photographed on each sample surface for contact angle measurements, and then measured that use ImageJ software. After the application of atmospheric pressure plasma, it was observed that the water contact angle values decreased compared to the pre-application, thus the wettability properties of the polymer surfaces improved.

Keywords— *Atmospheric Pressure Plasma; Wettability; Water contact angle; PP; POM*

Borlama Yöntemiyle Yüzeyi Sertleştirilmiş R260 Ray Çeliğinin Karakterizasyonu ve R350HT ile Karşılaştırılması

Characterization of Surface Hardened R260 Rail Steel by Boronizing Method and Comparison with R350HT

Ümit Yardım[*,1], Ege Gülçiçek[2], Emre Yiğit [1], Onur Ertuğrul[2]

[*]: umityardim@tcdd.gov.tr, ORCID: 0000-0002-2063-8306
[1]: *TCDD 3. Bölge Müdürlüğü, İzmir/Türkiye*
[2]: *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir/Türkiye*

ÖZET

Demiryolları ulaştırma sektörü için önemli bir alandır. Demiryollarında farklı kalitede raylar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan ray tipi R260 kalite ray çeliğidir. Ray-teker ilişkisinden dolayı ray aşınması kaçınılmazdır fakat özellikle ani hızlanmalarda ve kurplarda ray aşınmaları daha fazla meydana gelmekte, bu durum da ekartman hatası, ondülasyon, gergi kıskaçlarının kırılması, rayların kırılması gibi çeşitli üstyapı hatalarına neden olmaktadır.

Bu çalışmada; ray-teker aşınmalarının önüne geçebilmek adına R260 kalite ray çeliği kutu borlama tekniğiyle 900 ºC sıcaklıkta 2 – 4 – 6 saat bekleme süreleri ve 75 µm'nun altında elenen bor tozlarıyla borlama işlemine tabi tutuldu. Borlanmış numuneler ve referans malzemesi olarak kullanılan R350HT ve R260 kalite ray çelik numuneleri (5 kompozisyon) optik mikroskopla incelendi, yüzey pürüzlülüğü ve XRD analizleri yapıldı. İncelemeler sonucunda; borür kalınlıklarının sıcaklığa göre değiştiği; 900 ºC'de 2, 4 ve 6 saat borlanmış numunede sırasıyla 51,64 µm (± 8,9), 89,43 µm (± 12,4), 106,96 µm (± 8,0) olduğu, borür tabakasında Fe_2B tek fazı ile FeB ve Fe_2B ikili fazların yer aldığı ve ana metalin perlitik Fe fazına sahip olduğu, yüzey pürüzlülüğü Ra değeri ise 900 ºC'de 2 saat, 4 saat ve 6 saat borlanan numunelerin sırasıyla 0,293 µm, 0,534 µm, 0,475 µm, Rz değerleri ise sırasıyla 2,451 µm, 4,172 µm, 3,678 µm olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kaplama kalınlığının sıcaklığı artmasıyla birlikte arttığı, borlama işleminde bekleme süreleri arttıkça daha sert olan FeB fazının ortaya çıktığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler — *borlama, R260 ray çeliği, borür tabakası, demiryolları*

ABSTRACT

Railways are an important area for the transportation sector. Rails of different quality are used in railways. The most commonly used rail type is R260 quality rail steel. Rail wear is inevitable due to the rail-wheel relationship, but rail wear occurs more especially in sudden accelerations and curves, which causes various superstructure errors such as gauge failure, corrugation, breakage of tension clamps, and breakage of rails.

In this study; in order to prevent rail-wheel wear, R260 quality rail steel is boronized with box boronizing technique at a temperature of 900 ºC with waiting times of 2 – 4 – 6 hours and boron powders sieved below 75 µm. Boronized samples, R350HT and R260 quality rail steel samples used as reference materials (5 compositions) were examined with an optical microscope, surface roughness and XRD analyzes are made. As a result of the analyses; boron

layer thicknesses vary with temperature; boron layer thickness in the sample boronized at 900 ºC for 2, 4 and 6 hours, respectively, are 51.64 µm (± 8.9), 89.43 µm (± 12.4), 106.96 µm (± 8.0), in the boron layer, single phase Fe_2B and FeB - Fe_2B binary phases are present and the base metal has pearlitic Fe phase, The surface roughness Ra value of the samples boronized for 2 hours, 4 hours and 6 hours at 900 ºC, respectively, are 0.293 µm, 0.534 µm, 0.475 µm, Rz values are found respectively to be 2,451 µm, 4,172 µm and 3,678 µm. As a result, it is reached that the coating thickness increases with the increase in temperature, and the harder FeB phase emerges as the waiting time in boronizing process increase.

Keywords — *boronizing, R260 rail steel, boronizing thickness, railways, R350HT*

Effect of Surface Preparation Process for Coating on the Properties of Light Alloy Automotive Wheel

Tuğçe Büşra Atagür [*,1], Ege Anıl Diler [2], Meriç Işık [3]

[*]: tubuyu95@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0112-3390
[1]: *Interdisciplinary Division of Materials Science and Engineering, Ege University, Izmir, Turkey*
[2]: *Department of Mechanical Engineering, Ege University, Izmir, Turkey*
[3]: *Research & Development Center, CMS Jant ve Makina San. A.Ş., Izmir, Turkey*

ABSTRACT

Lightweight materials are crucial for improving the fuel economy of the vehicles while maintaining other features such as performance and safety in the automobile industry. It is therefore critical to reduce the weight of each component in a vehicle. Wheels are one of these essential components. Wheels made of light alloys like aluminum and magnesium are extensively used in vehicles such as passenger automobiles for this reason. However, due to high temperatures and corrosive conditions, these materials may lose their characteristics. To minimize these drawbacks, wheels are coated by employing surface preparation processes. Two alternative surface preparation processes were applied to A356 aluminum alloy wheels in this study, and their impacts on corrosion resistance and adhesion ability of the coating to the base material were investigated. For each step of the surface preparation process, optimized parameters were used. The main difference between surface preparation process 1 (SPP-1) and surface preparation process 2 (SPP-2) was that in SPP-2, self-assembled monolayer coating was used as an additional film. Filiform corrosion, salt spray, and chemical resistance tests were conducted to determine the corrosion resistance of SPP-applied A356 aluminum alloy wheels. Moreover, adhesion, stone impact, hot water immersion, and thermal cycle tests were carried out to evaluate the adhesion ability of the coating to the base material. The results revealed that both the SPP-1 and SPP-2 improved the corrosion resistance and the adhesion capabilities of the coatings on A356 aluminum alloy wheels. SPP-2 was around 1.5 times more efficient than SPP-1 in enhancing the corrosion resistance and adhesion capabilities of the coatings on A356 aluminum alloy wheels, owing to the self-assembled monolayer coating utilized as an additional film in SPP-2.

Keywords—*Surface Preparation Process; Self-Assembled Monolayer Coating; A356 Wheel; Corrosion Resistance; Adhesion*

Experimental Investigation of Drying and Modelling of Peach Slices

Ece Bicakli*[1], İbrahim Doymaz[1]

*: bicakliece@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000
[1]: *Department of Chemical Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul, Türkiye*

ABSTRACT

A study was carried out on the effect of various pretreatments on drying time, rehydration capacity and colour parameters of peach slices. Peach slices were pretreated with different pretreatment solutions (potassium carbonate and citric acid), and were dried at different temperatures (40, 50, 60 and 70°C) in the cabinet dryer. Results indicated that the pretreated samples dried faster than the untreated ones. The samples dipped in potassium carbonate solution had the lowest drying time compared with the dried other samples. Six mathematical models namely, Lewis, Henderson & Pabis, Page, Midilli & Kucuk, Jena & Das and Vega-Galvez-I models were evaluated in the kinetics research. The fit quality of the proposed models was evaluated by using the determination of coefficient, reduced chi-square, and root means square error. The Midilli & Kucuk model provided the best representation of data. Effective moisture diffusivity (D_{eff}) computed on the basis of Fick's second law. Fick's diffusion model was applied to characterize moisture transfer from peach slices, and effective moisture diffusivity was worked out. The values of D_{eff} varied from 2.620×10^{-10} to 6.464×10^{-10} m^2/s for peach slices, throughout the drying process. With the increase of temperature, effective moisture diffusivity increased. Effective moisture diffusivity values of pretreated samples with potassium carbonate solution were higher than the other samples. Activation energy was estimated by an Arrhenius type equation for peach slices and the values ranged from 16.70 to 21.97 kJ/mol.

Keywords: *Drying; Effective moisture diffusivity; Mathematical modeling, Peach slices, Pretreatment solutions*

An Investigation of Maritime Piracy and Armed Robbery Attacks in the East Africa

Doğu Afrika'daki Deniz Haydutluğu ve Silahlı Hırsızlık Saldırıları Üzerine Bir Araştırma

Erkan ÇAKIR

erkan.cakir@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8486-3310
Department of Marine Transportation Engineering, Maritime Faculty, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, Turkey

ABSTRACT

Maritime piracy can cause loss of life, short- and long-term health problems for seafarers and passengers, as well as disruption of the logistics chain with financial repercussions. In addition, political and economic instability poses a significant problem in coastal states with piracy activities. The illegal groups strengthened as a result of these piracy activities pave the way for the instability to escalate and last for many years in these countries. Although piracy activities on the East African coasts have decreased in recent years, there is still a great risk for merchant ships navigating in these regions. Therefore, maritime piracy and armed robbery cases between 2010-2022 were collected from the Global Integrated Shipping Information System (GISIS) to examine piracy activities in the East Africa region. During these years, it has been seen that 25% of 481 piracy and armed robbery attacks resulted in success for pirates. In this study, the relationship between the success of the pirate attack and the variables such as ship type, ship speed, season of pirate attack, time of pirate attack and ship freeboard were analyzed by using chi-square statistical test. The results showed that merchant ships with low freeboard have the higher risk of successful pirate and armed robbery attack. On the other hand, merchant ships with higher speed were found less vulnerable to successful pirate and armed robbery attacks. The results of this study may be useful for shipping companies to take appropriate and effective precautions to minimize the risk of pirate attacks.

Keywords—*Maritime piracy; armed robbery; East Africa; GISIS*

ÖZET

Deniz haydutluğu, denizciler ve yolcular için can kayıplarına, kısa ve uzun vadeli sağlık sorunlarına ve ayrıca finansal yansımalarla lojistik zincirin bozulmasına neden olabilir. Ayrıca, deniz haydutluğu faaliyetleri yürüten kıyı devletlerinde siyasi ve ekonomik istikrarsızlık önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu faaliyetler sonucunda güçlenen yasadışı gruplar, bu ülkelerde istikrarsızlığın daha da tırmanmasına ve uzun yıllar sürmesine zemin hazırlamaktadır. Doğu Afrika kıyılarındaki deniz haydutluğu faaliyetleri son yıllarda azalmış olsa da, bu bölgelerde seyir yapan ticaret gemileri için hala büyük bir risk mevcuttur. Bu nedenle, Doğu Afrika bölgesindeki deniz haydutluğu ve silahlı hırsızlık saldırılarını incelemek için 2010-2022 yılları arasındaki vakalar Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi'nden (GISIS) toplanmıştır. Bu yıllarda 481 deniz haydutluğu ve silahlı soygun saldırılarısının %25'inin deniz haydutları için başarı ile sonuçlandığı görülmüştür. Bu çalışmada, deniz haydutluğu saldırısının başarısı ile

gemi tipi, gemi hızı, korsan saldırı mevsimi, korsan saldırı zamanı ve gemi fribordu gibi değişkenler arasındaki ilişki ki-kare istatistiksel testi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, düşük fribordlu ticari gemilerin uğrayacağı başarılı saldırısı riskinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Öte yandan, daha yüksek hıza sahip ticaret gemilerine yapılan saldıraların başarıya ulaşma ihtmali daha düşük bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, denizcilik şirketlerinin korsan saldırı riskini en aza indirmek için uygun ve etkili önlemler almaları için faydalı olabilir.

Keywords—*Maritime piracy; armed robbery; East Africa; GISIS*

SiO_2-TiO_2-SiO_2 Anti-Reflective Coatings by Sol-Gel for SLS Glass

Şirin SAY[*,1,2]

[*]: say21@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5907-4301
[1]: *Istanbul Technical University, Faculty of Chemical Metallurgical Engineering, Department of Materials Science and Engineering, Istanbul, Turkey*
[2]: *TUBITAK Marmara Research Center, Materials Institute, Kocaeli, Turkey*

ABSTRACT

Glass is an extraordinary material due to its properties such as hardness, chemical resistance and light transmittance, and it becomes a versatile material that can be encountered in many applications by being developed with coatings and films. Anti-reflective (AR) coatings are optical coatings that increase light transmission and therefore reduce the theoretical reflection of ordinary soda-lime-silicate (SLS) float glass by 8%. With this coating, anti-reflective glasses can be obtained by adding functional properties to the glasses. For an anti-reflective glass, the surface of the glass must be coated with a film with a smaller refractive index than the glass. There is no inorganic material that will meet the low refraction requirements of a single-layer anti-reflective coating for commercial SLS glasses. Most SLS glass used in windows and various containers has a refractive index of about 1.52. This means that about 4.3% of the incident light is reflected from the surface of the glass. Anti-reflective coatings are prepared as single-layer, multi-layer and graded-index anti-reflective coatings. Single-layer anti-reflective coatings are effective at only one wavelength, but with coatings consisting of several layers, the bandwidth with high transmittance is increased, resulting in low reflection loss. In this study, multi-layer anti-reflective film structures were produced by applying them at different withdrawal rates to improve anti-reflective properties. The multilayer film structure is designed by combining the high and low refractive index film layers appropriately and exhibits the desired performance. Thin films were formed on the glasses using the sol-gel dip coating method with high refractive index TiO_2 and low refractive index SiO_2 materials. The formed layered anti-reflective coatings were analyzed by UV-VIS-NIR spectrophotometer, Thin-film X-ray diffraction (XRD) and contact angle measurement. According to the Thin Film XRD results, all coatings were amorphous and no crystalline phase appeared. It was observed that the contact angle of the three-layer coating, which was coated with withdrawal speed of 40 mm/min was higher. In a wide wavelength range from 305 to 1000 nm, the maximum average transmittance of the three-layer $SiO_2/TiO_2/SiO_2$ coated glass reached 97.4%, an increase of more than 5% compared to uncoated SLS glass. In the study, in addition to obtaining anti-reflective coatings in the broadband with the three-layer $SiO_2/TiO_2/SiO_2$ coating systems in which the tensile speed of titania (TiO_2) is changed and the tensile speed of silica (SiO_2) remains the same, the hydrophobic properties of the three-layer film were investigated.

Keywords— *Anti-reflective Coatings; Sol–Gel; $SiO_2/TiO_2/SiO_2$; Multilayer; SLS Glass*

Evaluation of Machine Learning Performance in Wildfire Susceptibility Mapping Under Limited Training Data Condition

Mahyat Shafapourtehrany*

* mahyat.shafapour@boun.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4272-7796
Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Geodesy, Bogazici University, 34680 Cengelkoy, Istanbul, Turkey

ABSTRACT

Wildfire susceptibility mapping assists to detect wildfire-prone areas and avoid future disasters by making proper management decisions. In general, the precision of the natural hazard mapping can be affected by several factors. One of the most influential factors is inventory data, its extent, format, and reliability. Although some agreements are available in the literature regarding the most popular ways to use natural hazards inventory data, they might not be applicable in all studies. Deeper evaluation and exploring various scenarios might extend our knowledge about this topic. This study aims to evaluate if the Support Vector Machine (SVM) has the capability to detect and map the forest fire susceptible areas under limited training data conditions. To test this hypothesis wildfires in Mugla province located in the Eastern Mediterranean Region of Turkey have been selected as a pilot study area. The wildfire started in Mugla, on 29 July 2021, that considerably affected the residential areas, animals, and vast areas of forests. Fourteen wildfire influential variables including altitude, slope, aspect, curvature, Topographic Wetness Index (TWI), Topographic Roughness Index (TRI), Topographic Position Index (TPI), precipitation, Normalized difference vegetation index (NDVI), wind, distance to rivers, distance to reads, temperature, land-use/cover (LULC) have been used in the analysis as independent variables. Accuracy assessment has been implemented using the Area Under the Curve (AUC) technique. Success rate and prediction rates were (91.42%) and (87.69%) respectively. According to the prediction rate, SVM successfully recognized other burnt areas as the most susceptible regions. It represents that in the case of having a limited number of inventory data, this technique could be considerably helpful.

Keywords: *Wildfire, Inventory, Susceptibility, Turkey, Geospatial*

Optimization of Operating Parameters of An Automated Quality Control Equipment Designed for Primary Wood Products Industry

Cagatay Tasdemir

cagatay.tasdemir@btu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7161-630X
Forest Industry Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Türkiye

ABSTRACT

Quality control and grade classification of lumber are critical for operational efficiency and profitability of both primary and secondary wood products industries. Since the first traces of lumber production and trade, the quality control and classification of the lumber have been carried out by specially trained experts. In order to accurately determine the quality class of lumber, non-destructive quality control methods involving visual inspection of the lumber, vibration, and stress wave methods, as well as ultrasonic methods, were preferred by companies worldwide. Towards the end of the 1900s, technological improvements led to the integration of automation with lumber grading activities. Within this study, two operating parameters, namely light color and feeding speed of an automated lumber quality control machine, designed for the primary wood products industry and equipped with high-technology cameras, sensors, and scanners, were optimized for different lumber types. A total of 1350 boards (450 hardwood lumber, 450 softwood lumber, and 450 tropical lumber), whose defects and quality classes were pre-determined by the experts, were run through the quality control equipment repeatedly under three different ambient colors (3000K, 4500K, and 6000K) and machine feeding speeds (300 meters/m, 450 meters/m, and 600 meters/m). Defect detection and quality class determination accuracy of the automated grading machine were observed, and corresponding data were collected. Statistical analyses were conducted to determine whether lumber species, ambient color, and feeding speed variables were significant factors at the 95% confidence level. Response optimization analyses were also carried out to specify the optimal operating parameters of the equipment in terms of feeding speed and ambient color. The results of the study indicated that lumber species was not a significant factor in the defect detection performance of the equipment, while the feeding speed and light color variables were significant factors. As a result of response optimization analyses, 300 meters/minute of feeding speed and 6000K ambient color were identified as the best operating parameters for the machine, achieving a defect detection and quality class assignment accuracy of approximately 97%. It was expected that the finding of this study would contribute to the state-of-the-art in the field of automated quality control and primary wood products-focused fields. The results could serve as a guide and a valuable resource for professionals and academics exploring these areas.

Keywords—*Automation; Quality Control; Primary Wood Products Industry; Parameter Optimization*

Embryonic Architecture with Built-in Self-test and GA Evolved Configuration Data

Gayatri Malhotra[*,1,2], Punithavathi Duraiswamy[2], J.K. Kishore[1]

[*]gayatri_t76@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-6827-1737
[1]*U R Rao Satellite Centre, ISRO, Bangalore, India*
[2]*M S Ramaiah University of Applied Sciences, Bangalore, India*

Abstract: The embryonic architecture, inspired by the biological process of ontogeny provides in-built self-repair features. The embryonic cells contain complete genome data so that in case of any one cell failure in the embryonic fabric, the data can be copied to non-faulty cells. The configuration data for the embryonic cells are evolved through a novel customized Genetic Algorithm (GA). The proposed Built-in Self-test (BIST) module of the embryonic fabric must intimate the failure of any embryonic cell. The efficient design of centralized BIST for the novel embryonic fabric is proposed in this research. The proposed BIST scans every embryonic cell in case self-test mode is triggered. The centralized BIST design utilizes fewer hardware resources than if it is part of every embryonic cell. The genome or configuration data of each embryonic cell is decoded in the Cartesian Genetic Programming (CGP) format, to optimize the data size. The GA is tested for 1-bit adder and 2-bit comparator circuits that are implemented in the embryonic cell. The designed BIST module enables fault detection at every cell. Further, the CGP format can provide fault detection at the gate level. The BIST design is based on a response analyzer using reference golden signatures. The novel embryonic architecture is integrated with customized GA and BIST. The self-repair in the embryonic cell is achieved through data scrubbing for transient faults.

Keywords: *Embryonic, BIST, Self-test, Genetic Algorithm, Cartesian Genetic Programming*

Performance Assessment of Android Smartphones for Real-time Positioning

Berkay BAHADUR

berkaybahadur@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3169-8862
Department of Geomatics Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey

ABSTRACT

The raw Global Navigation Satellite System (GNSS) observations collected from Android smartphones were publicly available in 2016. From this date, there has been growing attention to positioning, navigation, and timing applications with Android smartphones. This increasing interest is mainly because low-cost chipsets on smart devices still dominate the GNSS mass market. However, in terms of GNSS-based positioning, smartphones have specific limitations, such as the high noise level of observations, low protection against the multipath effect, and discontinuities in carrier phase observations. These limitations make it troublesome to achieve high positioning accuracy with Android smartphones. As a result, in recent years, many studies have been made to analyze and improve the positioning performance of smartphones. In addition to the Real-time Kinematic (RTK), these studies have mainly depended on Precise Point Positioning (PPP) since it eliminates base-station requirements. In this context, this study concentrates on the performance assessment of four different smartphones, namely Google Pixel 5, Pixel 6 Pro, Samsung Galaxy S20 Ultra, and Xiaomi Mi8, for real-time standalone positioning. For this purpose, several experimental tests have been conducted based on the observation dataset collected from these smartphones in the kinematic environment. In the first stage, the observation dataset has been analyzed in terms of satellite availability and observation quality. Double-differenced code observations with respect to time and C/N0 (carrier to noise ratio) values have been utilized to evaluate the observation quality. The results show that the observation qualities acquired from the Google Pixel 6 Pro and Samsung Galaxy S20 Ultra smartphones are considerably higher than the other smartphones. As for the positioning performance, the 3D positioning accuracies of the Google Pixel 5, Pixel 6 Pro, Samsung Galaxy S20 Ultra, and Xiaomi Mi8 smartphones for the solution that includes GPS satellites only are 11.19, 7.20, 6.32, and 7.18 m, respectively. In addition, for the multi-GNSS solution that contains GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou satellites, 3D positioning accuracies are computed as 8.20, 4.36, 5,02, and 3.24 m for the Google Pixel 5, Pixel 6 Pro, Samsung Galaxy S20 Ultra, and Xiaomi Mi8 smartphones. So, the results reveal that it is possible to reach more accurate positioning performance when integrating multi-GNSS constellations for smartphones. Also, the use of multi-GNSS satellites improves the positioning accuracy of the GPS-only solution by 26.7, 39.5, 20.6, and 54.8%, respectively. Finally, for the multi-GNSS solution, the Samsung Galaxy S20 Ultra smartphone provides the best positioning performance with the horizontal and vertical positioning accuracies of 1.96 and 2.23 m.

Keywords—*GNSS; Android smartphones; Real-time; Standalone Positioning; Kinematic*

Effect Of Particle Size Distribution of Cement on Epoxy Modified Micro Concrete

Rajendra G. Hegde*, [1], K. G. Guptha[2]

*rghhegde@gmail.com

[1:] Department of Civil Engineering, Government Polytechnic Panaji, India.

[2:] Department of Civil Engineering, Goa College of Engineering Ponda, India.

ABSTRACT

The innovation and developments in concrete technology requires the concrete technologist to tailor the mix design of concrete to suit the strength, durability and the field of specific critical applications. Modification of concrete is the age old practice as the normal concrete exhibits few drawbacks in terms of durability and very weak in addressing environmental aggressions. Modifications have been carried out by changing the particle size (PSDs) and its proportion in concrete, by replacing partially or fully supplementary cementatious materials (SEMs) like fly ash, silica fumes, and GGBS to cement in concrete. But the particle size, surface roughness interferes with the flow ability of concrete specially the micro concrete during the repair of damaged concrete structure. Subsequent technological investigation preferred the use of polymer to improve the flow ability and strength. However this modification had the limitations of Volatile Organic Compound (V.O.C) and less resistance to high temperature. Epoxy modified concretes have found their position in the concrete construction industry by virtue of their high compressive and tensile strengths as well as excellent adhesive properties as a repair material. The research is in progress to explore the use of epoxy in concrete and micro concrete. Micro-concrete (MC) is a mixture of suitably graded sand, cement and water to simulate concrete in small scale models. Epoxies are available commercially even with low V.O.C and even no V.O.C. The present scope of study is focused on the behavior of epoxy in micro concrete with normal cement and micro cement and the effect of particle size of micro cement on epoxy modified micro concrete.

Keywords: *Environmental Aggression, Particle Size Distribution, Micro-cement, Micro concrete,*

Development Of Analytical Test Method for Residue Determination of Sodium Hypochlorite on Denim Surface

İzzetcan KINACI[*,1], İrem PALABIYIK[1], Özer TUNEL[1]

[*]: izzetcan.kinaci@wiserwash.com.tr, ORCID: 0000-0002-4188-0249
[1]: *R&D Center 1, FG Tekstil Konfeksiyon San. Tic. A.Ş.1, Izmir, Turkey*

ABSTRACT

Denim fabric is a kind of woven fabric, which is mainly made of cotton fiber, and it is also produced from fibers such as polyester, elastane, linen, viscose. Denim, which has a wide variety of patterns that can be woven with various construction in recent years, is a type of fabric whose warp is usually dyed indigo dyestuff. Formerly denim products were only desizing and sold with no washing process. Denim products had a stiff hand feeling. The effects and coloration on garment occurred by the wear of indigo dyestuffs, in which the warp yarn was dyed, over time during the use of the denim product. That is why denim products have acquired a special appearance after a long period of using and washing. Over time the demand for used appearance denim products has increased. Garment denim products began to undergo bleaching processes at washing plants. Denim washing processes are aimed at giving the products effects and color. Processes are made on washing plants for making the garment denim products more comfortable. The bleaching process is applied to achieve lighter color on garment denim product. This process is applied to achieve lighter color that cannot be achieved using pumice stones or enzymes. At this step, by various methods and chemicals, the indigo fabric acquires the requested color. In addition to the traditional methods, ozone bleaching, which is a sustainable method, is very important for denim garment products. Recently, new bleaching methods are developed as an eco-friendly alternative for the traditional bleaching processes. Traditional bleaching chemicals such as sodium hypochlorite and potassium permanganate is harmful to human health and the environment. In this study, an analytical test method was developed for the determination of sodium hypochlorite residue on the surface of denim products washed with environmentally friendly ozone denim washing called Wiser Wash and washed by traditional denim washing method. In this context, 3 repetitions of the test material will be with a total of 24 test materials. After the recoverability and method improvement studies of sodium hypochlorite, hypochlorite residue detection was performed using the traditional method and the Wiser Wash method. As a result of the study, the hypochlorite concentration on the products washed by the Wiser Wash method was below the LOD value and was not detected. Sodium hypochlorite was detected on warp yarns on denim products washed with traditional washing. The production method called Wiser Wash has proven that sodium hypochlorite, one of the harmful bleaching chemicals, is not used in denim washing processes.

Keywords—*Denim; Washing; Bleaching; Sodium Hypochlorite; Residue ;Determination*

Quality Characteristics of Particleboard Produced with Maltodextrin-Based Adhesives

Uğur ARAS[*,1], Hüsnü YEL[2], Hülya KALAYCIOĞLU[3], Sefa DURMAZ

[*]: uaras@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1572-0727

[1]: *Karadeniz Technical University, Arsin Vocational School, Materials and Materials Machining Technologies, Trabzon, Turkey*

[2]: *Artvin Coruh University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, 08000, Artvin, Turkey*

[3]: *Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, 61080, Trabzon, Turkey*

[4]: *Department of Forest and Forest Products, Kavaklıdere Vocational School, Mugla Sıtkı Koçman University, Mugla, Turkey*

ABSTRACT

This study investigated the effect of the using of maltodextrin-based glue on the particleboard's physical and mechanical properties. The maltodextrin-based adhesive was prepared with 25% distilled water. Five groups of boards, including the control board, were produced by adding specific proportions of maltodextrin (5%, 10%, 15% and 20%) to melamine formaldehyde glue. In the study, black pine (*Pinus nigra* Arn.) planer shavings were used as a wood material. After the chipping process, the sieving process was carried out on the planer shavings, which the particles were classified into the surface layer (0.5 mm to 1.5 mm) and the core layer particles (1.5 mm to 3 mm). Afterward, the particles were dried at 105 °C to 1% moisture content. The dimensions of the boards produced as three layers are 550 x 550 x 10 mm^3. The press temperature and pressure were 150 °C and 23-25 MPa, respectively. Each board group was produced in 2 repetitions. The physical (moisture, density, thickness swelling and water absorption) and mechanical (modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond strength and screw holding resistance) properties of the boards were determined.

The moisture content values of the boards were between 5.3% and 6.1%. Density values were found between 645.4 kg/m^3 and 662.3 kg/m^3. Statistically, there was no significant difference between both moisture content and density values of the boards. In general, there was no substantial change in the thickness swelling and water absorption values of the boards, except for the use of 15% maltodextrin-based glue. In using 15% maltodextrin-based adhesive, an increase of 14% and 9.7% occurred in thickness swelling and water absorption values, respectively. The modulus of rupture values of the boards was found between 12 MPa – 14.9 MPa. The modulus of elasticity values was also found between 2346 MPa -2861 MPa. In the 10% maltodextrin-based adhesive board group, there were an increase of 8.8% in modulus of rupture and 3.7% in modulus of elasticity values. There was a slight decrease in the bending resistance properties of the board groups in which 15% and 20% maltodextrin-based adhesive was used. It was determined that the internal bond strength values decreased by using more than 10% maltodextrin-based adhesive. Also, the addition of maltodextrin-based adhesive decreased screw holding resistance values by 20%.

The results demonstrated that the formaldehyde-free maltodextrin-based adhesive, which was used at low rates as a substitute for the high-cost melamine formaldehyde adhesive, did not adversely affect the strength properties of the particleboards.

Keywords—*Particleboard, Maltodextrin, Physico-Mechanical properties, Adhesives*

Predicting PM2.5 Concentrations Using a Deep Learning Approach

Medine Eda ÖZ[1], Nurettin ŞENYER[2], Sema ARIMAN[*,3]

[*]: sema.ariman@samsun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7201-9243

[1:] *Watershed Management, Monitoring and Allocations Department, State Hydraulic Works 3rd Regional Directorate, Eskişehir, Turkey*

[2:] *Department of Software Engineering, University of Samsun, Samsun, Turkey*

[*3:] *Department of Meteorological Engineering, University of Samsun, Samsun, Turkey*

ABSTRACT

Over the past few decades, it has been observed that urbanization and industrialization are expanding in developed nations which are confronting overwhelming air contamination issues. Citizens and governments have experienced and expressed increasing concern regarding the impact of air pollution affecting human health and proposed sustainable development for overriding air pollution issues worldwide. The heavy concentration of particulate matter of size PM2.5 has caused seriously adverse health effects, meaning making accurate predictions of this pollutant parameter is crucial. Therefore, it is necessary to accurately predict the magnitude of PM2.5 concentrations in order to develop emission reduction strategies for air quality management. In regard to this study, a machine learning method has been applied to predict daily PM2.5 concentrations in Samsun. A Deep Learning Model was built on the inputs of various meteorological and pollutant parameters corresponding to a 4-year period from 2016-2020. The data used as model input were determined as meteorological variables (average temperature, dew temperature, humidity, wind speed, wind direction, and sea level pressure) and comparable pollutant parameters (PM10, NO_X, NO_2, CO) measured in 2016-2020. 50% of the data was used for training the model, 25% for testing, and 25% for validation. Performance evaluation of the model for PM2.5 predictions has been executed and the results have been discussed. All meteorological variables and air pollutants were used as inputs, it was seen that the model performance was moderate with the values of R^2 (0.5442), MSE (0.0174), RMSE (0.1268), and MAE (0.0875). As a result, it has been seen that could be evaluated the Deep learning method for PM 2.5 prediction.

Keywords: *Air pollutants; Meteorological variables; Particulate matter 2.5; Deep learning*

A Novel Architecture to Represent and Train Weights of a Multi-Layer Perceptron Using Distribution Hyper-Parameters

Neha Vinayak[1], Shandar Ahmad[*,1]

[*]: shandar@jnu.ac.in, ORCID: 0000-0002-7287-305X

[1]: *School of Computational and Integrative Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India*

ABSTRACT

The weights of a Multi-Layer Perceptron (MLP) are represented by a set of values, one for each connection between the nodes of adjacent layers in an MLP architecture. When the architecture is very deep and/or wide, the number of weights that need to be trained is huge and training requires a huge amount of memory and also time. To overcome this problem, we propose to represent the weights of an MLP by a statistical distribution for which the hyperparameters are trained. We call this architecture the Distribution Based Neural Network (DBNN). As only the distribution parameters have to be trained, DBNN consumes much less memory.

Weights of an MLP have been successfully trained by backpropagation and gradient descent for most existing architectures. Being generated from statistical distribution, the error surface in case of DBNN is presumably highly rugged, poorly differentiable and prone to be trapped in steep local minima. An attempt was made to train DBNN weights using gradient descent optimization with backpropagation of error. The performance observed for this combination of DBNN and GD was not very good compared to other models. As the weight space of the original network is being created through a distribution function and pre-defined breakpoints, in order to find a good solution, the hyperspace of these distribution functions need a wider coverage. To achieve this, Genetic Algorithm was found to be most suitable to train DBNN.

Four binary classification problems have been selected on the public domain – Breast Cancer Gene Expression, Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic), Parkinsons and EEG Eye Detection. Contemporary state-of-the-art algorithms are used to compare the performance of DBNN. They are Backpropagation, HyperNetwork, Bayesian Neural Network and Genetic Algorithm.

First of all the feasibility of DBNN has been demonstrated as it could be trained to achieve comparable performance to the other models. Comparison of DBNN has been done with other algorithms, and to evaluate the overall performance, the average rank of each algorithm has been calculated with respect to all datasets. It has been seen that the average performance of DBNN is second to backpropagation and better than the other models. DBNN uses a smaller set of trainable parameters. The memory consumed by DBNN is at best improved by a fraction of 20 in comparison with other models. The time complexity of DBNN cannot be compared directly with other models due the lack of equivalence between the training iterations. So, we have compared the time complexity in terms of training time taken for achieving the final performance. Models trained on a large number of features and instances showed better speedup with DBNN as they converge more than 100 times faster compared to backpropagation.

As DBNN is not trained using backpropagation, it is not limited to differentiable activation functions such as sigmoid or arctan. Although we have not experimented extensively on this aspect in the current work, we believe the possibility of using novel activation functions opens

up new possibilities for designing neural networks based on DBNN. Furthermore, since the actual training parameters are fewer, the model is expected to have better generalization and less likely to get over-fitted. All the four data sets considered, could be trained very well at high levels of accuracy, which gives confidence in its huge potential. Also, it is obvious that DBNN complexity gain is most visible when very long hidden layers are to be used.

We believe that DBNN based models will provide a powerful alternative architecture, initialization and training frameworks for neural networks and hold the promise of outperforming currently known MLP models.

Keywords— *Multi Layer Perceptron; Deep Neural Network; Weight Initialization; Distribution; Genetic Algorithm, Backpropagation*

Otomotiv Radarı İçin Dielektrik Lens Anten Dizisi Tasarımı

Dielectric Lens Antenna Array Design for Automotive Radars

Sultan Murat Taranci[*,1], Fikret Tokan[2]

[*]: murat.taranci@std.yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5278-647X
[1,2]: *Department of Electronics and Communication Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey*

ÖZET

Günümüz gelişen teknolojisiyle beraber otomotiv sektöründe artan güvenlik ihtiyaçları ve konforlu sürüş deneyimi için kullanılan otonom sistemlerin en önemli parçalarından biri otomotiv radarlarıdır. Bu otomotiv radarlarının ana bileşeni olan anten yapılarının daha efektif olması ve uzak mesafelerde yüksek çözünürlüklü olması beklenmektedir. Yakın zamana kadar kısa mesafelerde 24 GHz ve uzak mesafelerde 77/79 GHz bantlarında çalışan otomotiv radarları, bugün bütün mesafe aralıkları için tek bir anten ile 76-81 GHz bant aralığında çalışacak şekilde tasarlanmaya başlamıştır. Ancak ne var ki bu durumda milimetre dalga seviyesinde çalışıldığı için bazı tasarım ve üretim zorluklarıyla karşılaşılmaktadır. Bunlardan biri, anten için kullanılan dielektrik malzemenin elektriksel yalıtkanlığının yüksek ve hava ortamının ise düşük olmasından dolayı anten ışın demetinin iç yansıma olmadan maksimum verimle ortam değiştirmesini sağlamaktır. Bir diğeri ise yanal tarama açısının olabildiğince büyük olmasını sağlayacak şekilde uygun bir anten yapısının seçilmesi ve anten besleme dizisinin konumlandırılmasıdır.

Bu çalışmada; bağıl dilektrik sabiti 10 olan yüksek yoğunluklu dielektrik malzeme ile üretilmiş düzlemsel lens antenlerden oluşan bir anten dizisi kullanılarak talep edilen ışıma özelliklerinin elde edilebilmesi sağlanmıştır. Diziyi oluşturan düzlemsel lenslerin birbirine yapışık olacak şekilde beslenmeleri sonucu, antenler arasında oluşan ortak kuplaj sayesinde her bir antenin aktif S-parametresinin 76-81 GHz bandında -10 dB seviyesinin altında kalması sağlanmıştır. Ayrıca ışın demetinin iç yansıma kayıplarını minimize etmek ve yüksek yönlülük elde edebilmek için düzlemsel lenslerde çeyrek dalga kalındığında uydurma katmanları kullanılmıştır. Kullanılan uydurma katmanları sayesinde yüksek hüzme yönlendirme açısı elde edilmiştir. CST benzetim ortamı kullanılarak elde edilen ışıma özellikleri, geometrik optik yaklaşım ile de doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler—*Otomotiv radarı; Düzlemsel dielektrik lens anten; Milimetre dalga; CST*

ABSTRACT

With today's developing technology, one of the most important parts of the autonomous systems are automotive radars used for the increasing safety needs and comfortable driving experience in the automotive industry. Antenna structures, which are major components of these automotive radars, are expected to be more effective and have high resolution at long distances. Automotive radars, which until recently worked in the 24 GHz band at short distances and 77/79 GHz at long distances, are now being designed to operate in the 76-81 GHz band with a single antenna structure for all distance ranges. However, in this case, some design and production difficulties are encountered since it is worked at the millimeter wave

level. One of them is to ensure that the antenna beam changes the environment with maximum efficiency without internal reflection, since the dielectric material used for the antenna has high electrical permittivity against the air medium is low. The other one is to select a suitable antenna structure and position the antenna feed array so that the lateral scan angle is as large as possible.

In this study, it is ensured that the desired radiation properties can be obtained by using an antenna array consisting of planar lens antennas manufactured with dense dielectric material with relative permittivity of 10. Thanks to the mutual coupling formed between the antennas as a result of feeding the planar lenses that form the array, adhered to each other, it is ensured that the active S-parameter of each antenna remains below -10 dB in the 76-81 GHz band. Besides, in order to minimize the internal reflection losses of the beam and to obtain high directivity, quarter-wavelength matching layers were placed on planar lenses. Thanks to the utilized matching layers, a high beam steering angle was obtained. The radiation properties obtained using the CST microwave studio were also verified by the geometric optics approach.

Keywords—*Automotive radar; Planar dielectric lens antenna ; Millimeter wave; CST*

Mechanical and Tribological Properties of Electroless Nickel Phosphorous Coating on Ti6Al4V Titanium Alloy

Abdullah Sert[*,1], Sinem Başkut[2]

[*]: asert@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2406-0409
[1]: *Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering & Architecture, Department of Mechanical Engineering, Eskisehir, Turkey*
[2]: *Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Materials Science and Engineering, Eskisehir, Turkey*

ABSTRACT

The aim of this paper is to fabricate Nickel phosphorous (Ni-P) coating were prepared using electroless deposition process on Ti6Al4V titanium alloy. A comparative investigation of tribological and hardness properties of NiP coatings is employed. With subsequent thermal treatment, the hardness of such Ni-P coatings can approach that of hard Cr coatings. For this reason, one group of samples were heat treated at 400 °C for 1 h. After heat treatment process at 400°C electroless Ni-P coatings showed the higher hardness value than un-heat treated samples. Improvement in hardness is due to crystallization of amorphous nickel and the formation of nickel phosphide (Ni_3P) during heat treatment. The tribological behavior of un-coated, Ni-P coated and Ni-P coated with heat treated samples were investigated in dry sliding conditions with a rotary wear tester. The friction coefficient values were also obtained during the wear tests. An increase in wear resistance and a decrease in friction coefficient were determined after electroless Ni-P coating of titanium alloy, which is known to have poor tribological properties. In addition, it was determined that the hardness increased with the heat treatment applied after the Ni-P coating and the related tribological properties were better than the untreated Ni-P coated sample. Formation of Ni–P layer on Ti6Al4V titanium alloy accompanied not only by remarkable increase in the surface hardness, but also caused significant improvement in tribological properties.

Keywords—*Ni-P Coating; Ti6Al4V; Tribology*

Raylı Sistemlerde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Use of Renewable Energy Sources in Rail Systems

Mine SERTSÖZ*

*: msertsoz@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1641-9191
[1]: *Transportation Vocational School, Eskisehir Technical University, Eskisehir, Turkey*

ÖZET

Ulaştırma sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı son yıllarda artan enerji krizi ve ulaştırmadan kaynaklanan emisyon gibi problemleri çözmekte alternatif bir yöntem olarak olarak görülmektedir. Türkiye'nin Paris Anlaşması ile vaad etmiş olduğu emisyon değerindeki düşüş ne yazık ki gerçekleşmemiş olup; tüm şehirlerarası ve şehir içi ulaştırma sistemlerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile donatılması bu konudaki çözümlerden biri olabilir. Bu kapsamda toplu ulaşımın bir örneği olan raylı sistemlerde -büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duyması sebebiyle- yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da emisyon düşüşüne ve enerji verimliliğine büyük katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Hatta bu konu sadece teorik bir çalışma olarak kalmamış olup dünyada çeşitli uygulamalar da bulunmaktadır. Bunlar raylı sistemlerde hidrojen enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi kullanımı gibi projeler olup bu projelerin sonuçları paylaşılmıştır. Tüketilen enerji miktarları çok yüksek olduğundan yüzdesel olarak küçük bir katkı bile ciddi bir enerji miktarına tekabül etmektedir. Bu tarz sistemler genelde tek başına sistemi beslemek yerine hibrit (yenilenebilir enerji kaynağı ile şebekenin birlikte kullanılması) olarak gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmektedirler. Bunun dışında tek başına dünyada yenilenebilir enerji ile beslenen raylı sistem tasarımları, projeleri de yeni yeni yapılmaktadır.

Bu çalışmadaki amaç da dünyada raylı sistemlerde yenilenebilir enerji kaynağı kullanan belli başlı uygulamalara yer vererek; sisteme olan katkıları, emisyon miktarındaki düşüşe faydaları ve enerji verimliliğine olan etkilerini paylaşmaktır. Bu konuda şuan için güneş enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre uygulama kolaylığı ve maliyet açısından önde gözükmektedir. Bu çalışmada bunların sebepleri araştırılarak daha fazla yenilenebilir enerji katkılı raylı sistem araçları için çözüm önerileri üretilmeye çalışılacaktır. Böylelikle Türkiye'de şuan hiç yapılmamış ama yapılabilecek olan raylı sistemlerde yenilenebilir enerji kullanımı projelerine bir farkındalık kazandırmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler—*Raylı Sistemler; Yeşil Ulaşım; Yenilenebilir Enerji; Styling; Enerji Verimliliği*

ABSTRACT

The use of renewable energy sources in transportation systems is considered as an alternative method to solve problems such as the increasing energy crisis and emissions are caused by transportation in recent years. Unfortunately, all inter-city and intra-city rail transport systems are introduced to reduce the emissions to meet the terms of the Paris Agreement, which have, so far, have not been met in Turkey. Equipping all intercity and urban transportation systems

with renewable energy sources can be one of the solutions in this regard. In this context, it is predicted that the use of renewable energy sources in rail systems, which is an example of public transportation, will contribute greatly to the reduction of emissions and energy efficiency, due to the need for large amounts of energy. In fact, this subject has not only remained as a theoretical study, but there are also various applications in the world. These are projects such as the use of hydrogen energy, solar energy and wind energy in rail systems, and the results of these projects are shared. Since the amount of energy consumed is very high, even a small percentage contribution corresponds to a significant amount of energy. Such systems can generally meet the required energy needs as a hybrid (use of a renewable energy source and the grid together) instead of feeding the system with only renewable energy. Apart from this, rail system designs and projects that are fed with renewable energy alone in the world are newly made.

The aim of this study is to include certain applications that use renewable energy sources in rail systems in the world; its contribution to the system, the benefits of reduction in the amount of emissions and its effects on energy efficiency. In this regard, solar energy seems to be ahead of other renewable energy sources in terms of ease of application and cost. In this study, the reasons for these will be investigated and solution proposals will be tried to be produced for more renewable energy-added rail system vehicles. Thus, it is aimed to raise awareness about renewable energy use projects in rail systems, which have never been done in Turkey, but can be done.

Keywords— *Rail systems; Green Transport; Renewable energy; styling; Energy efficiency*

Comparative Study on The Encoding Strategies for Job Shop Scheduling Problem Using a Combinatorial Artificial Bee Colony (CABC) Algorithm

Amaria OUIS KHEDIM[*,1], Mehdi SOUIER [2]

[*]: khedim3@gmail.com
[1]: *Department of Electrical & Electronic Engineering, University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria.*
[2]: *High School of Management of Tlemcen, Tlemcen, Algeria.*

ABSTRACT

The Job Shop Scheduling Problem (JSSP) is an important practical problem in the fields of production management and combinatorial optimization. It can be described in terms of a set of *n* jobs, each with one or more operations. The operations of a job have to be processed in a specified sequence on a specific set of *m* machines. The time required for all operations to complete their processes is called the makespan. The objective of JSSP aims to minimize the makespan value. The JSSP is known as one of the most difficult scheduling problems. It is classified as NP-hard problem.

In this paper, for solving the JSSP, we use the Combinatorial Artificial Bee Colony (CABC) Algorithm which is a recent metaheuristic inspired from the intelligent behavior of honey bees for seeking a quality food source in nature. The solution of this JSSP is an operation scheduling list, which is represented in our CABC algorithm as food source 'X'. This food source 'X' is a vector with ($n \times m$) dimensions where each dimension stands for one operation of a job. Before applying the CABC algorithm to our scheduling problem, an appropriate encoding (or representation) of the solution must be chosen, especially that the Job-Shop can be considered with an operation-based representation with different variants. In this context we made a comparative study on the using of the CABC algorithm for the JSSP with two encoding strategies: the first one is the operation-based representation with « The one-dimensional operation sequence » where the solution code is given by a set of operation's numbers that are randomly permuted from 1 to ($n \times m$). However, this solution encoding may lead to violations of one or several technological constraints, which requires a repairing procedure for transforming the current solution into a feasible one. The second encoding strategy is the operation-based representation with « job repetitions », where each job appears exactly *m* times in the solution. Therefore, the precedence constraints in jobs processing are always respected. To test the strengths and weaknesses of these two strategies the numerical simulations were done on benchmarks problems taken from the Operations Research Library, and the results obtained are compared to the best known solutions for the instances reported in the literature.For different instances of JSSP, the computational results show that CABC Algorithm with the second encoding strategy is half time consuming than with the first one. Furthermore, as the solution encoded is already a feasible one, it is not necessary to add à repair step. Hence, it is concluded that the operation-based representation with « job repetitions » is the more suitable encoding strategy for solving the JSSP with the CABC Algorithm.

Keywords— *Job-shop scheduling problem, Artificial bee colony algorithm, Encoding strategies.*

Aydın İli Hava Kirleticilerinin Analizi

Analysis Of Air Pollution in Aydın

Cansu Sertoğlu[1], Bahtiyar Efe[1,*]

[*]: .bahtiyar.efe@samsun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5604-7068
[1]: *Samsun Üniversitesi, Havacılık Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs, Samsun, Türkiye*

ÖZET

Bu çalışmada, Aydın ilindeki hava kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından işletilenHava Kalitesi İzleme İstasyonları'nda ölçülen PM_{10} ve SO_2 verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada Aydın istasyonuna ait verilere ilişkin değerlendirmeler yer almaktadır. PM_{10} ve SO_2 kirleticilerinin yıllık, aylık, saatlik, hafta-gün ortalamaları ve kritik değerin aşıldığı gün sayılarını gösteren grafikler yorumlanarak analizler yapılmıştır. Aydın istasyonunda 2006-2020 yılları arasında ölçüm yapılmıştır. Yıllık PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonlarının en düşük olduğu yıl 2019, en yüksek olduğu yıl ise 2007 olmuştur. Aydın istasyonuna ait aylık konsantrasyon miktarlarının ise; mevsimsel olarak farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Kış aylarında kirletici konsantrasyonlarının, yaz aylarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılığın sebebinin; kentte ısınma amacıyla doğalgazın yanı sıra fosil yakıtların kullanımının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Saatlik ortalamalar incelendiğinde ise; akşam saatlerinde kirletici konsantrasyon miktarlarında artış görülmektedir. Sabah saatlerine doğru azalan konsantrasyon miktarı, gün içinde ışınımın en fazla olduğu 15.00-16.00 saatleri aralığında minimum seviyeye ulaşmaktadır. Hafta-gün konsantrasyonları incelendiğinde haftanın günleri arasında pek farklılık olmadığı görülmektedir. Hafta sonu ölçülen değerler, hafta içine göre biraz daha düşüktür. Bunun sebebinin de motorlu taşıtların hafta içi daha yoğun kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmanın bir diğer safhasında, HYSPLIT atmosferik taşınım modeli (Hibrit Tek Parçacık Lagrange Entegre Yörünge Modeli) kullanılarak geri yörünge analizi yapılmış ve kaynak bölgesi belirlenmiştir. Bu amaçla; Aydın ilinde yer alan üç istasyon (Aydın, Nazilli ve Söke istasyonları) için epizot değerlerin ölçüldüğü 28.01.2018 tarihi baz alınarak 72 saatlik geri yörünge analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda; deniz seviyesine göre 10 metre yükseklikteki hava kütlesinin Samsun ili üzerinden taşınarak Karadeniz Bölgesi üzerinden ilerleyip Marmara Denizi'ni geçerek Aydın'a ulaştığı tespit edilmiştir. Deniz seviyesine göre 500 metre yükseklikteki hava kütlesi ise Sinop üzerinden, deniz seviyesine göre 10 metre yükseklikteki hava kütlesinin izlediği yolu takip ederek Aydın üzerine ulaşmıştır. Deniz seviyesine göre 5000 metre yükseklikteki hava kütlesi ise; Cezayir üzerinden taşınarak, Çanakkale Boğazı'ndan ülkemize giriş yapmıştır. Geri yörünge analizinin yapıldığı gün ve öncesinde Aydın'da epizodik PM_{10} konsantrasyonları kaydedilmiştir. Geri yörünge analiziyle bu duruma sebep olan kaynak bölgeler tespit edilmiştir.

Keywords— *PM_{10}, SO_2, hava kirliliği, HYSPLIT, epizot, Aydın*

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the air pollution in Aydın province. In this context, T.C. PM10 and SO2 data measured at Air Quality Monitoring Stations operated by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change were used. In the study, there are evaluations about the data of Aydın station. Analyzes were made by interpreting the annual, monthly, hourly, week-day averages of PM10 and SO2 pollutants and the graphs showing the number of days when the critical value was exceeded. Measurements were made at Aydın station between 2006-2020. Annual PM10 and SO2 concentrations were lowest in 2019, and highest in 2007. The monthly concentration amounts of Aydın station are; seasonal variation was observed. Pollutant concentrations are higher in winter than in summer. The reason for this difference; It is thought that the use of fossil fuels as well as natural gas for heating in the city is due to the high use of fossil fuels. When the hourly averages are examined; There is an increase in the concentration of pollutants in the evening hours. The amount of concentration, which decreases towards the morning hours, reaches the minimum level in the hours of 15.00-16.00, when the radiation is the highest during the day. When the week-day concentrations are examined, it is seen that there is not much difference between the days of the week. Values measured at the weekend are slightly lower than during the week. The reason for this is thought to be due to the intense use of motor vehicles on weekdays. In another phase of the study, back trajectory analysis was performed using the HYSPLIT atmospheric transport model (Hybrid Single Particle Lagrange Integrated Orbital Model) and the source region was determined. For this purpose; For three stations (Aydın, Nazilli and Söke stations) located in Aydın province, a 72-hour retrograde trajectory analysis was conducted based on the date of 28.01.2018, when the episode values were measured. As a result of the analysis; It has been determined that the air mass, which is 10 meters above sea level, is carried over the province of Samsun, proceeds over the Black Sea Region and reaches Aydın by passing the Sea of Marmara. The air mass 500 meters above sea level, on the other hand, reached Aydın by following the path followed by the air mass 10 meters above sea level over Sinop. The air mass at an altitude of 5000 meters relative to sea level is; It was carried over Algeria and entered our country through the Dardanelles Strait. Episodic PM10 concentrations were recorded in Aydın on and before the retrograde trajectory analysis. The source regions that cause this situation have been determined by back trajectory analysis.

Keywords: *PM_{10}, SO_2, air pollution, HYSPLIT, episode, Aydın*

Lyapunov Eşitsizliklerinin Çözümü için Bir İç Nokta Yöntemi[#]

An Interior Point Method for Solving Lyapunov Inequalities[#]

Birgül AKSOY[*], Taner BÜYÜKKÖROĞLU

[*]: b_aksoy@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9502-3648
Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik, Eskişehir 26470, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada Lyapunov eşitsizliklerinin ortak kuadratik çözümlerinin varlığı ve bulunması problemi ele alınmıştır. $\boldsymbol{n \times n}$ boyutlu gerçel $\boldsymbol{A}$ matrisinin tüm özdeğerleri sol açık yarı düzlemde ise bu matris Hurwitz kararlı matris olarak adlandırılır. Bir $\boldsymbol{A}$ matrisinin Hurwitz kararlı olması için gerek ve yeter koşul $\boldsymbol{A^T P + PA < 0}$ Lyapunov eşitsizliğinin pozitif belirli simetrik bir $\boldsymbol{P}$ (yani $\boldsymbol{P > 0}$) matrisi çözümünün olmasıdır. Hurwitz kararlı $\boldsymbol{A_1, A_2, \ldots, A_N}$ matrisleri verildiğinde her bir matris için ilgili Lyapunov eşitsizliğinin ortak pozitif belirli bir $\boldsymbol{P > 0}$ çözümünün (eğer varsa) belirlenmesi problemi önemlidir. Bu problemin çözümü, $\boldsymbol{m = n(n+1)/2}$ olmak üzere $\boldsymbol{K = [-1, 1]^m}$ kutusu üzerinde araştırılabilir. Bu $\boldsymbol{K}$ kutusu üzerinde $\boldsymbol{\varphi(x) = \lambda_{max}\,(A^T P(x) + P(x)A)}$ fonksiyonunun minimizasyonu problemini ele aldık. Bu amaçla sonlu sayıdaki simetrik matrisin lineer toplamı şeklinde olan bir $\boldsymbol{L(x)}$ matrisinin en büyük özdeğerini minimize eden ve literatürde mevcut olan bir iç nokta algoritmasını modifiye ettik. Ele aldığımız bu algoritmada, düzgün olmayan kısıtlı minimizasyon problemi bariyer yöntemi kullanılarak bu probleme denk bir düzgün kısıtlı minimizasyon problemine dönüştürülmüştür. Aynı minimizasyon problemi ayrıca gradyent yöntemi kullanılarak da incelenmiştir. Bir dizi örnek ele alınmıştır ve her iki yöntem kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler—*Hurwitz kararlılık; Lyapunov eşitsizliği; Minimizasyon; Bariyer yöntemi; İç nokta yöntemi*

[#]: Bu çalışma 20ADP096 numaralı sözleşme kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmektedir.

ABSTRACT

In this study, we consider the problem of existence and evaluation of common quadratic solutions to the Lyapunov inequalities. If all eigenvalues of an $\boldsymbol{n \times n}$ real matrix $\boldsymbol{A}$ lie in the open left half plane, then the matrix $\boldsymbol{A}$ is called Hurwitz stable. A necessary and sufficient condition for a matrix $\boldsymbol{A}$ to be Hurwitz stable is that the Lyapunov inequality $\boldsymbol{A^T P + PA < 0}$ has a symmetric positive definite matrix $\boldsymbol{P}$ (i.e., $\boldsymbol{P > 0}$) solution. Given the Hurwitz stable matrices $\boldsymbol{A_1, A_2, \ldots, A_N}$, the problem of determining the common $\boldsymbol{P > 0}$ matrix (if there exists) that satisfies the corresponding Lyapunov inequality for each matrix is important. The solution to this problem can be searched on the box $\boldsymbol{K = [-1, 1]^m}$, where $\boldsymbol{m = n(n+1)/2}$. We have addressed the problem of the minimum of the $\boldsymbol{\varphi(x) = \lambda_{max}\,(A^T P(x) + P(x)A)}$ function over $\boldsymbol{K}$. For this purpose, we modified an existing interior point algorithm that

minimizes the largest eigenvalue of the matrix $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$, which is in the form of linear combination of a finite number of symmetric matrices. In this algorithm we discussed, the nonsmooth constrained minimization problem is transformed into an equivalent smooth constrained minimization problem using by barrier method. The same minimization problem is also investigated using the gradient method. A number of examples are considered and the results obtained by both methods are compared.

Keywords—*Hurwitz stability; Lyapunov inequality; Minimization; Barrier method; Interior point method*

[#]: This work is supported by the Eskişehir Technical University Research Fund under Contract 20ADP096.

Sustainable Concrete Modification - Ultra High-Performance Concrete (UHPC)

Ahmad Hassan[*,1], Hocine Siad[1], Mohamed Lachemi[1]

[*]: ahmad2.hassan@ryerson.ca, ORCID: 0000-0003-2664-0543

[1]: *Civil Engineering Department, Toronto Metropolitan University (Formerly Ryerson), Toronto, Canada*

ABSTRACT

Ultra High-Performance Concrete (UHPC) is a new generation of cementitious composites tailored with very high mechanical and durability properties based on optimized mixtures of fine and ultrafine aggregates and very low water to cement ratio. However, the large amount of cement required in the typical compositions is shown to result in a higher carbon foot-print effect than normal concrete. In addition, the use of three to four times volume of binder, and high contents of quartz sand, superplasticizer, and steel fibers in UHPC can cause its price to be approximately six times higher than normal concrete. Considering these economic and environmental limitations, researchers are showing growing interest in developing new sustainable UHPC compositions by seeking alternatives to energy-rich components such as cement, quartz sand and steel fibers. The goal of this study is to develop a new sustainable and resilient composition of UHPC while considering the up-to-date building and infrastructure uses issues. Indeed, the available literature reported common failure patterns including shear tension, shear compression, diagonal tension, and arch-rib failures; as such, showing the beginning of the past decade UHPC issues. Here the topic of not only structural issues and production cost, but rather a turnaround to sustainability, cost value, and resiliency has been tackled. The term "sustainable concrete" is a composite produced with the benefits of reduced construction costs, faster production, reduction in curing time, early project completion, reduced maintenance costs and increased durability. Given the nature of today's modern society civil projects from bridges to high rise buildings, UHPC provides the optimal type of sustainable concrete by optimizing selected concrete properties depending on usage and exposure conditions of the concrete in real life applications. UHPC modification will be by using different superplasticizers, conventional natural sand, waste glass, fly ash, nano carbon, and/or short natural/carbon fibers with varying advantages ranging from cost efficiency and environmentally friendly to resilient structures, workability, higher peak load capacity, …etc. The methodology for modification of UHPC focuses on two primary aspects: 1) Target the packing, and 2) Focus on hydrates to fill the void space. Aiming to support the efforts in reduction of the carbon footprint; thus, considering sustainability, the requirements for UHPC modifications are lowering clinker/cement use with replacement by mineral components, optimize product manufacturing and delivery, and reduce structure size by increasing product strength. Thus, the continuous improvement of UHPC according to these requirements would in turn further advance sustainable concrete.

Keywords— *Sustainable; Sustainability; Concrete; UHPC; Modified; Modification; Ultra High-Performance Concrete.*

Analysis of the Behavior of an Eccentric Loaded Car Seat Headrest During Linear Loading and Design Optimization

Bilal BAYIR

*: bilal.bayir@magna.com, ORCID: 0000-0001-6636-9204
[1]: *Engineering, of Magna Otomotiv, Kocaeli, Turkey*

ABSTRACT

Due to year-by-year changing homologation requirements for adaptation of increasing occupant safety expectations by actual mobility standards, ordinary designs cannot be compatible with further requirements and have car makers to make major changes in design of seats and headrests, as well. In collision accident, whiplash is one of the major damages for occupant. For the emergence of the car seat headrest, the economic and casualties caused by traffic accident has greatly reduced. The principle of reduce damage could describe as by impose restrictions on occupant head, the relative displacement between the head and body is limited, it ensures the reduction of the whiplash. Therefore, as a key part of automobile seat, the technical requirements for seat headrest is the most severe in required and a lot of experiments is necessary, before headrest leaving the factory [1]. Because of the dynamic performance of the seat headrest during impact, is affect on seat safety directly, energy absorbed properties became one of the most important bases for evaluating the quality of seat headrest [2]. This study was performed for needs by automakers because of the regulatory change on EU / ECE 135 -Applicable for M1 on July 7th, 2024. The regulatory change may drive the outboard occupant seating position (H-Point) to move it more inner side as far from vehicle body to avoid any injury risk under new vehicle test conditions. For avoidance of that risk, it may require the occupant position (H-Point) change- is resulting an eccentric loading on the headrest rods. Occupant position (H-Point) change is an automaker solution in terms of vehicle design, but the result of that change requires a design solution on headrest unless otherwise a new seat design is not approved by automakers. In this paper, a design solution is established to analysis the dynamic performance of an eccentric-loaded headrest under UN-R17-09 linear loading regulation conditions, lay the foundation for follow-up study by confirm the test results with CAE analysis and propose a headrest rod design solution by changing material and thickness.

Keywords— *Seat headrest; UN-R17-09; Linear Loading; Eccentric Headrest Loads*

Method of Estimating Error Signal using Microphone Arrays in Virtual Sensing ANC System

Sameer Ahamed P.S [*,1], Punithavathi Duraiswamy[1]

[*] sameerahmed_007@yahoo.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000
[1]: *Department of Electronics and Communication Engineering, M.S. Ramaiah University of Applied Sciences, Bengaluru, India*

ABSTRACT

Conventional active noise control (ANC) systems require multiple error microphones to create zone of silence (ZOS) with high attenuation. As a result, ZOS is occupied with number of error microphones causing discomfort to the user. Virtual sensing algorithms are widely used to shift ZOS to a desired location that is remote from the physical error microphones. In such virtual sensing ANC systems, estimating the error (virtual) at ZOS is challenging as it is away from physical microphones. ANC system has two sound sources; primary sound source (noise sound) and secondary sound source (antinoise). Antinoise is generated by the loudspeaker of the ANC system. Directions of arrival of both sources are known. In this paper, we propose a method of estimating virtual error at ZOS by calculating the physical error using microphone arrays. Microphone arrays with shaped beam pattern is therefore required to effectively estimate the error at physical error microphone and scale it to estimate the virtual error. In this paper, we propose a method to shape the beam pattern of three different microphone arrays. Then using virtual sensing, the error at ZOS is estimated. The adaptive filter adapts its coefficients to minimize the error. A complete ANC system is simulated with automotive noise (truck engine noise). The results of virtual ANC system with linear, circular and conical array are compared at different virtual distances. The system with conical array performs better than the linear and circular array in terms of noise attenuation.

Keywords—*Mircophone arrays; Zone of Silence;· ANC;· Virtual sensing algorithm; Beam shaping.*

Industry 4.0 Implementation—Does it Always Pay Off? Evidence from the Logistics and Supply Chain literature

Anwar K. Alsheyadi*

*: anwar.alsheyadi.rus@cas.edu.om, ORCID: 0000-0002-8407-858X
[1]: *Department General Requirements, University of Technology and Applied Sciences, Rustaq, Oman*

ABSTRACT

The appearance of Industry 4.0 technologies and applications has transformed the way companies operate and encouraged researchers from different disciplines to assess their performance implications. Although the positive influence of these technologies has generally been recognized by the literature, empirical evidences on implementation and performance relations of Industry 4.0 technologies are mixed. Some recent studies, however, argue that the lack of considering the contingency effects of other internal and external factors on these relations may have partially caused these inconclusive findings, emphasizing the need for more theoretical and empirical investigation on the contingency and indirect effects of Industry 4.0 on organizational performance.

The contingency theory argues that there is no specific business practice that can be called the best, rather a unique, context specific practice should be considered when developing organization practices and tools. For the context of developing, implementing and evaluating Industry 4.0 technologies and applications this means that there is no optimal Industry 4.0 technology exist for all types of organizations. However, this contextual perspective has not been fully recognized by the current empirical research, especially in the areas related to operations, logistics and supply chain management. This, in turn, influences our understanding on how Industry 4.0 implementation and performance are related.

This paper aims to provide different theoretical and practical insights on whether it always payoff to be an adopter of Industry 4.0 technologies, and how Industry 4.0 is related to performance. The above contextual theoretical believe of the is discussed, theoretically, in this paper using findings of previous studies on the relationship between Industry 4.0 implementation and performance.

Keywords— *Industry 4.0; Fourth industrial revolution; Performance; Logsitics and supply chain management; Litertaure review*